جمهوری اسلامی ایران

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

راهنمای بهسازی رویه‌های آسفالتی و شنی

نشریه شماره ۲۹۶

معاونت امور فنی

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و

کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

وزارت راه و ترابری

معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری

پژوهشکده حمل و نقل

۱۳۸۳

انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۸۳/۰۰/۱۰۷

omoorepeyman.ir

فهرست‌برگه

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

راهنمای بهسازی رویه‌های آسفالتی و شنی/ معاونت امور فنی، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله؛ وزارت راه و ترابری، معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری، پژوهشکده حمل و نقل.- تهران: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی، مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات، ۱۳۸۳.

۳۰۲ ص.: جدول، نمودار.- (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله؛ نشریه شماره ۲۹۶))انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور؛ ۸۳/۰۰/۱۰۷)

ISBN 964-425-594-1

مربوط به بخشنامه شماره ۱۰۱/۱۹۶۵۰۹ مورخ ۱۳۸۳/۱۰/۳۲

کتابنامه: ص. ۳۰۱-۳۰۲

۱. روسازی – روکشها. ۲. روسازی با آسفالت. ۳. راهسازی – مصالح. الف. ایران. وزارت راه و ترابری. پژوهشکده حمل و نقل. ب. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات. ج. عنوان. د. فروست.

۱۳۸۳ ش. ۲۹۶ ۲۴ س / ۳۶۸ TA

شابک ۱-۵۹۴-۴۲۵-۹۶۴

ISBN 964-425-594-1

راهنمای بهسازی رویه‌های آسفالتی و شنی

ناشر: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی، مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات

چاپ اول، ۳۰۰۰ نسخه

قیمت: ۳۰۰۰۰ ریال

تاریخ انتشار: سال ۱۳۸۳

لیتوگرافی: قاسملو

چاپ و صحافی: چاپخانه تک گل

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.

omoorepeyman.ir

بسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
رئیس سازمان

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی ، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره : ۱۰۱/۱۹۶۵۰۹
	تاریخ : ۱۳۸۳/۱۰/۲۲

موضوع : راهنمای بهسازی رویه‌های آسفالتی و شنی

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 ۱۴۸۹۸هـ ، مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیئت محترم وزیران) به پیوست نشریه شماره **۲۹۶** دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله این سازمان، با عنوان «**راهنمای بهسازی رویه‌های آسفالتی و شنی**» از نوع **گروه سوم** ، ابلاغ می‌گردد .

دستگاه‌های اجرایی ، مهندسان مشاور ، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده نمایند و در صورتی که روش‌ها ، دستورالعمل‌ها و راهنماهای بهتر در اختیار داشته باشند، رعایت مفاد این نشریه الزامی نیست.

عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها ، روش‌ها و یا راهنماهای جایگزین را برای دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله این سازمان، ارسال دارند .

حمید شرکاء
معاون رییس جمهور و رییس سازمان

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی :

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است . با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

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

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

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

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

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

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

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه : تهران، خیابان شیخ‌بهائی، بالاتر از ملاصدرا، کوچه لادن، شماره ۲۴، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، صندوق پستی ۱۹۹۱۷-۴۵۴۸۱ **http://tec.mporg.ir**

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

بسمه تعالی

پیشگفتار

بهره‌گیری از ضوابط، معیارها و استانداردهای ملی در تمامی مراحل طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرحهای عمرانی با رویکرد کاهش هزینه، زمان و ارتقای کیفیت، از اهمیتی ویژه برخوردار بوده و در نظام جدید فنی و اجرایی طرحهای عمرانی کشور، مورد تأکید جدی قرار گرفته است.

براساس 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 شده است تا در تهیه و تدوین اینگونه مدارک علمی، از مراکز تحقیقاتی دستگاههای اجرایی ذیربط استفاده شود. در این راستا مقرر شده است، معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت راه و ترابری در تدوین ضوابط و معیارهای فنی بخش راه و ترابری عهده‌دار این مهم باشد.

در سال ۱۳۸۲ تفاهم‌نامه‌ای با هدف همکاری و هماهنگی بیشتر معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت راه و ترابری و معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله) در زمینه تهیه ضوابط و معیارهای فنی بخش راه و ترابری، مبادله و به منظور هدایت، راهبری و برنامه‌ریزی منسجم و اصولی امور مرتبط، کمیته راهبری متشکل از نمایندگان دو مجموعه تشکیل گردید. این کمیته با تشکیل جلسات منظم نسبت به هدایت و راهبری پروژه‌های جدید و جاری، در مراحل مختلف تعریف و تصویب، انجام، نظارت و آماده‌سازی نهایی و ابلاغ آنها، اقدامات لازم را انجام می‌دهد. یکی از پروژه‌های حاصل از این فرایند، نشریه حاضر است.

بهسازی رویه‌های آسفالتی و شنی یعنی رفع نواقص و خرابیهای سطحی و بنیادی. اینگونه روسازیها به منظور تامین یک سطح عبور صاف ، هموار و ایمن برای تردد وسائل نقلیه است. بدیهی است برای تامین یک چنین سطح عبوری باید وضعیت روسازی به طور مداوم و با یک برنامه از پیش تعیین شده مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرد و خرابیهای آن به موقع برطرف شوند. انجام تعمیرات سریع و به موقع خرابیهای روسازی باعث جلوگیری از تبدیل خرابیهای سطحی به خرابیهای بنیادی، افزایش دوام و کاهش هزینه‌های مربوط به نگهداری و بهره‌برداری از روسازی می‌شود.

هدف از تدوین این نشریه که با همکاری جمعی از متخصصان و صاحبنظران با سابقه کشور تهیه شده است فراهم‌کردن یک مبنای مشترک برای بهسازی رویه های آسفالتی و شنی است. در این نشریه راهکارهای فنی و اجرایی به منظور ارزیابی وضعیت روسازیهای آسفالتی و شنی، انجام تعمیرات سطحی و بنیادی و همچنین بازسازی اینگونه روسازیها ارائه شده است.

omoorepeyman.ir

در پایان از معاونت محترم آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت راه و ترابری، همچنین جناب آقای دکتر محمود عامری، تدوین کننده اصلی این نشریه و کارشناسان مشروح زیر که در بررسی و اظهار نظر این نشریه همکاری داشته‌اند، تشکر و قدردانی می‌نماید.

جناب آقای مهندس حمیدرضا بهرامیان
سرکار خانم مهندس بهناز پورسید
جناب آقای مهندس علی تبار
جناب آقای مهندس محمد توسلی
جناب آقای مهندس آرمین حسن‌زاده نادری
جناب آقای دکتر غلامعلی شفابخش
جناب آقای دکتر محمود صفارزاده
جناب آقای مهندس میرمحمود ظفری
جناب آقای دکتر فریدون مقدس‌نژاد
جناب آقای مهندس احمد منصوریان
جناب آقای مهندس سیدمسعود نصر آزادانی

امید است در آینده شاهد توفیق روزافزون این کارشناسان، در خدمت به جامعه فنی مهندسی کشور باشیم.

معاون امور فنی
زمستان ۱۳۸۳

omoorepeyman.ir

فصل اول : طبقه‌بندی راه

۱-۱- مقدمه ۳

۱-۲- دسته‌بندی راه‌ها ۳

۱-۳- درجه‌بندی راه ۵

فصل دوم : طبقه‌بندی روسازی

مقدمه ۱۷

۲-۱- تقسیم‌بندی برحسب عامل رطوبت ۱۷

۲-۲- تقسیم‌بندی برحسب عامل درجه حرارت ۱۷

فصل سوم : خرابی‌های روسازی

مقدمه ۲۹

۳-۱- کیفیت سواری‌دهی ۳۰

۳-۲- تعریف خرابی‌ها ۳۱

۳-۳- انواع خرابی‌های روسازی‌های آسفالتی ۳۴

۳-۴- سایر خرابی‌ها ۵۳

فصل چهارم : روش ارزیابی و سنجش وضعیت روسازی‌ها

مقدمه ۵۷

۴-۱- مدل‌های پیش‌بینی وضعیت روسازی ۵۷

۴-۲-روش ارزیابی پیشنهادی ۶۴

۴-۳- واحد نمونه ۶۷

۴-۴- نحوه محاسبه PCI یک واحد نمونه ۷۰

۴-۵- آزمایش‌های تعیین کیفیت مصالح روسازی (مقاومتی و سازه‌ای) ۷۲

فصل پنجم : رویه‌های شنی

مقدمه ۷۹

۵-۱- خرابیهای رویه‌های شنی ۸۱

۵-۲- طرح ضخامت رویه‌های شنی ۹۱

omoorepeyman.ir

فصل ششم : وسایل و تجهیزات ارزیابی روسازی ها

مقدمه ۱۰۵
۶-۱- تجهیزات مورد نیاز برای تعیین افت و خیز روسازی‌ها ۱۰۵
۶-۲- تجهیزات مورد نیاز برای اندازه‌گیری و تحلیل ناهمواری‌ها ۱۱۲

فصل هفتم : بهسازی و احیای رویه‌های آسفالتی و شنی

مقدمه ۱۲۱
۷-۱- انواع بهسازی ۱۲۱
۷-۲- بهسازی سطحی ۱۲۱
۷-۳- اندودهای آب‌بند ۱۴۰
۷-۴- آسفالت متخلخل ۱۴۲
۷-۵- غبارنشانی ۱۴۴
۷-۶- اجرای آسفالت حفاظتی ۱۴۶
۷-۷- تهیه و اجرای آسفالت متخلخل ۱۴۹
۷-۸- اجرای غبارنشانی و روغن‌پاشی ۱۴۹
۷-۹- محدودیت‌های فصلی ۱۴۹
۷-۱۰- کنترل ترافیک ۱۵۰
۷-۱۱-آسفالت‌های سرد ۱۵۱
۷-۱۲- طرح اختلاط آسفالت سرد ۱۶۷
۷-۱۳- آزمایش‌ها ۱۷۱
۷-۱۴- وسایل تهیه آسفالت سرد ۱۷۵
۷-۱۵- ماشین‌آلات پخش و تراکم آسفالت سرد ۱۷۸
۷-۱۶- اجرای آسفالت سرد ۱۷۹
۷-۱۷- کنترل سطح آسفالت ۱۸۴

فصل هشتم : بهسازی و روکش آسفالتی

مقدمه ۱۸۷
۸-۱- بهسازی سازه‌ای ۱۸۷
۸-۲- روکش تقویتی با روش مستقیم ۱۸۹
۸-۳- روکش تقویتی با روش غیرمستقیم ۲۰۱

omoorepeyman.ir

۸-۴- اجرای روکش تقویتی ۲۰۵
۸-۵- اجرای لایه‌های اصلی روکش تقویتی ۲۰۸
۸-۶- محدودیت روکش تقویتی ۲۰۸

فصل نهم : ملاحظات اقتصادی

مقدمه ۲۱۱
۹-۱- روش ارزیابی اقتصادی روسازی‌ها ۲۱۱
۹-۲- هدف اقتصادی از ترمیم و نگهداری روسازی‌ها ۲۱۲
۹-۳- اولویت‌بندی اقتصادی ۲۱۵
۹-۴- هدف از اولویت‌بندی در سطح شبکه ۲۱۵
۹-۵- هدف از اولویت‌بندی در سطح پروژه ۲۱۵
۹-۶- برنامه‌ریزی برای سرمایه‌گذاری در شبکه راه‌ها ۲۱۶
۹-۷- پروژه‌های منتخب ۲۱۶
۹-۸- فرضیات اولویت‌بندی و تحلیل اقتصادی ۲۱۷
۹-۹- روشهای اولویت‌بندی ۲۱۸
۹-۱۰- سودها و هزینه‌ها ۲۱۹
۹-۱۱- روش‌های ارزیابی اقتصادی ۲۲۱
۹-۱۲- اولویت‌بندی اقتصادی در ایران ۲۲۳
۹-۱۳- اولویت‌بندی در سطح شبکه ۲۲۶
۹-۱۴- مثال نمونه برای اولویت‌بندی در سطح شبکه ۲۳۴
۹-۱۵- نحوه اولویت‌بندی اقتصادی پروژه‌ها ۲۴۰
۹-۱۶- نتیجه‌گیری و بحث ۲۵۷

پیوست‌ها

پیوست ۱ : منحنی‌های ضریب کاهندگی راه‌های رویه‌دار ۲۵۹
پیوست ۲ : منحنی‌های ضریب کاهندگی راه‌های بدون رویه ۲۷۱
پیوست ۳ : نحوه محاسبه PCI یک واحد نمونه ۲۷۹
پیوست ۴ : طرح ضخامت روکش آسفالتی به روش ضریب برجهندگی (مدول) معادل ۲۹۱

مراجع ۳۰۱

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فهرست اشکال

شکل (۴-۱) : منحنی کاهندگی روسازی بتن آسفالتی برای خرابی از نوع ترک خوردگی ۷۱

پوست سوسماری

شکل (۵-۱) : خرابی از نوع موج زدگی در راههای شنی ۸۲

شکل (۵-۲) : مراحل اجرایی لکه‌گیری ۸۳

شکل (۵-۳) : خرابی از نوع چاله در راههای شنی ۸۳

شکل (۵-۴) : خرابی از نوع شیارشدگی در راههای شنی ۸۵

شکل (۵-۵) : خرابی از نوع گرد و غبار در راههای شنی ۸۷

شکل (۵-۶) : نحوه استفاده از گریدر برای انجام عملیات تسطیح ۸۹

شکل (۵-۷) : خرابی از نوع مقطع عرضی نامناسب در راههای شنی ۹۰

شکل (۵-۸) : خرابی از نوع زهکشی جانبی ناکافی در راههای شنی ۹۱

شکل (۵-۹) : نمودار طراحی رویه های شنی برحسب کاهش نشانه خدمت مجاز ۹۷

شکل (۵-۱۰) : نمودار طراحی رویه های شنی براساس مقدار گودافتادگی مجاز ۹۸

شکل (۵-۱۱) : مثالی از رابطه مجموع ضرایب خرابی فصلی برحسب ضخامت لایه اساس ۹۹

برحسب نشانه خدمت و گودافتادگی مجاز

شکل (۵-۱۲) : نمودار تبدیل بخشی از ضخامت لایه اساس به ضخامت لایه زیراساس معادل ۱۰۰

شکل (۵-۱۳) : نمودار تبدیل CBR به ضریب ارتجاعی و همچنین تعیین ضریب لایه زیراساس ۱۰۱

برحسب CBR یا ضریب ارتجاعی

شکل (۵-۱۴) : نمودار تبدیل CBR به ضریب ارتجاعی و همچنین تعیین ضریب لایه اساس ۱۰۱

برحسب CBR یا ضریب ارتجاعی

شکل (۷-۱) : موقعیت سنگدانه ها در بستر قیری راه قبل و بعد از غلتک زنی و عبور ترافیک ۱۳۱

شکل (۷-۲) : تعیین میانگین کمترین بعد سنگدانه ها ۱۳۳

شکل (۷-۳) : تعیین ضریب اصلاح حجم قیر ۱۳۶

شکل (۷-۴) : تغییرات وزن مخصوص یک نمونه قیر در ۲۵ درجه سانتیگراد برحسب ۱۷۲

میزان مواد حلال موجود در آن

شکل (۷-۵) : نمودار تغییرات کندروانی نمونه هایی از قیرهای محلول و ۱۷۳

خالص در مقابل حرارت

omoorepeyman.ir

فهرست اشکال

شکل (۷-۶) : نمودار کندروانی نمونه ای از یک قیر محلول حاوی ۱۷۴
درصدهای مختلف مواد حلال

شکل (۷-۷) : ابعاد ریسه ۱۸۱

شکل (۸-۱) : نمودار کاهش کیفیت و کاهش قدرت باربری روسازی بر اثر ترافیک ۱۸۸
در طول عمر روسازی

شکل (۸-۲) : تصویر کلی تیر بنکلمن ۱۹۰

شکل (۸-۳) : تعیین درجه حرارت متوسط لایه آسفالت روسازی در آزمایش افت و خیز ۱۹۲

شکل (۸-۴) : ضریب تصحیح درجه حرارت برحسب درجه حرارت متوسط روسازی آسفالتی ۱۹۲

شکل (۸-۵) : نمودار تعیین مقاومت روسازی موجود (E_p) ۱۹۴

شکل (۸-۶) : نمودار محاسبه عدد ضخامت روسازی ۱۹۵

شکل (۸-۷) : تعیین ضخامت روکش آسفالت برحسب آزمایش افت و خیز ۱۹۸

شکل (۸-۸) : رابطه تعداد کل محور ساده ۸/۲ تنی هم ارز با افت و خیز روسازی ۲۰۰

شکل (۹-۱) : هزینه های نسبی وسایل نقلیه در یک راه با وضعیت معمولی ۲۱۲

شکل (۹-۲) : هزینه نگهداری وسایل نقلیه برای انواع رویه راهها ۲۱۳

شکل (۹-۳) : تغییرات هزینه استفاده کنندگان از راه برای انواع نگهداری راهها ۲۱۴

شکل (۹-۴) : هزینه کارکرد وسایل نقلیه به تفکیک برای ۲۳۷
سرعت ۶۰ کیلومتر در ساعت

شکل (۹-۵) : هزینه کارکرد وسایل نقلیه به تفکیک برای ۲۳۸
سرعت ۹۰ کیلومتر در ساعت

شکل (۹-۶) : هزینه کارکرد وسایل نقلیه به تفکیک برای ۲۳۸
سرعت ۱۲۰ کیلومتر در ساعت

شکل (۹-۷) : هزینه کارکرد وسایل نقلیه برای سرعت ۶۰ کیلومتر در ساعت ۲۳۹

شکل (۹-۸) : هزینه کارکرد وسایل نقلیه برای سرعت ۹۰ کیلومتر در ساعت ۲۳۹

شکل (۹-۹) : هزینه کارکرد وسایل نقلیه برای سرعت ۱۲۰ کیلومتر در ساعت ۲۴۰

شکل (۱-۱-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع ترک خوردگی بلوکی ۲۶۱

شکل (۱-۲-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع برآمدگی و فرورفتگی ۲۶۱

شک (۱-۳-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع موج زدگی ۲۶۲

omoorepeyman.ir

فهرست اشکال

شکل (۱-۴-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع تورفتگی ۲۶۲

شکل (۱-۵-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع ترک خوردگی لبه ۲۶۳

شکل (۱-۶-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع ترک خوردگی انعکاسی درز ۲۶۳

شکل (۱-۷-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع پایین افتادگی شانه ۲۶۴

شکل (۱-۸-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع ترک خوردگی طولی و عرضی ۲۶۴

شکل (۱-۹-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع وصله و کنده‌کاری ۲۶۵

شکل (۱-۱۰-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع صیقلی شدن دانه‌ها ۲۶۵

شکل (۱-۱۱-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع ترک خوردگی پوست سوسماری ۲۶۶

شکل (۱-۱۲-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع قیرزدگی ۲۶۶

شکل (۱-۱۳-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع شیارشدگی ۲۶۷

شکل (۱-۱۴-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع کناررفتگی ۲۶۷

شکل (۱-۱۵-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع ترک خوردگی لغزشی ۲۶۸

شکل (۱-۱۶-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع تورم ۲۶۸

شکل (۱-۱۷-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع چاله ۲۶۹

شکل (۱-۱۸-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع گذرگاه راه‌آهن ۲۶۹

شکل (۱-۱۹-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع هوازدگی و دانه دانه شدن ۲۷۰

شکل (۱-۲۰-پ) : منحنی ضریب کاهندگی کل برای راههای رویه‌دار ۲۷۰

شکل (۲-۱-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع مقطع عرضی نامناسب ۲۷۳

شکل (۲-۲-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع زهکشی جانبی ناکافی ۲۷۳

شکل (۲-۳-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع موج زدگی ۲۷۴

شکل (۲-۴-پ) : ضرایب کاهندگی برای خرابی از نوع گرد و غبار ۲۷۴

شکل (۲-۵-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع چاله ۲۷۵

شکل (۲-۶-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع شیارشدگی ۲۷۶

شکل (۲-۷-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع دانه های جدا شده ۲۷۶

omoorepeyman.ir

فهرست اشکال

شکل (۲-۸-پ) : منحنی ضریب کاهندگی کل برای راههای بدون رویه ۲۷۷

شکل (۳-۱-پ) : گامهای محاسباتی مثال کاربردی..... ۲۸۹

شکل (۴-۱-پ) : ضخامت معادل خاک بستر ۲۹۴

شکل (۴-۲-پ) : نمودار تعیین مدول معادل روسازی با μ_s=۰/۴ و μ_p=۰ ..... ۲۹۶

شکل (۴-۳-پ) : نمودار تعیین مدول معادل روسازی با μ_s=۰/۴ و μ_p=۰/۲۵ ..... ۲۹۷

شکل (۴-۴-پ) : نمودار تعیین مدول معادل روسازی با μ_s=۰/۴ و μ_p=۰/۳۵ ..... ۲۹۷

شکل (۴-۵-پ) : نمودار تعیین مدول معادل روسازی با μ_s=۰/۴ و μ_p=۰/۵ ..... ۲۹۸

شکل (۴-۶-پ) : نمودار تعیین مدول معادل روسازی با μ_s=۰/۴۵ و μ_p=۰ ..... ۲۹۸

شکل (۴-۷-پ) : نمودار تعیین مدول معادل روسازی با μ_s=۰/۴۵ و μ_p=۰/۲۵ ..... ۲۹۹

شکل (۴-۸-پ) : نمودار تعیین مدول معادل روسازی با μ_s=۰/۴۵ و μ_p=۰/۳۵ ..... ۲۹۹

شکل (۴-۹-پ) : نمودار تعیین مدول معادل روسازی با μ_s=۰/۴۵ و μ_p=۰/۵ ..... ۳۰۰

omoorepeyman.ir

فهرست جداول

جدول (۱-۱) : گنجایش هر خط عبور آزادراه‌ها برحسب کیفیت ترافیک در سرعت طرح ۶
جدول (۱-۲) : مشخصات حداقل لازم برای رعایت در پلان آزادراه‌ها ۷
جدول (۱-۳) : مشخصات خط پروژه در نیمرخ طولی آزادراه ۸
جدول (۱-۴) : عرض باند عبور و اندازه شانه‌های طرفین راه ۸
جدول (۱-۵) : گنجایش هر خط عبور راه‌های اصلی (چند خطه) برحسب کیفیت ترافیک سرعت طرح ۱۰
جدول (۱-۶) : مشخصات اصلی طرح در پلان راه‌های اصلی و فرعی ۱۱
جدول (۱-۷) : مشخصات اصلی طرح در نیمرخ طولی راه‌های اصلی و فرعی ۱۲
جدول (۲-۱) : راهنمای تعیین شرایط منطقه‌ای ۱۸
جدول (۲-۲) : ضریب برجهندگی خاک بستر برحسب شرایط فصلی و درصد رطوبت نسبی خاک ۱۸
جدول (۲-۳) : کیفیت خاک بستر روسازی ۲۰
جدول (۲-۴) : تقسیم‌بندی ترافیکی (در دوره طرح) ۲۰
جدول (۲-۵) : تعیین SN برای ترافیک بیشتر از ۱۰۰۰۰۰۰۰ محور ساده ۸/۲ تنی ۲۱
جدول (۲-۶) : تعیین SN برای ترافیک بین ۷۰۰۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰۰۰ محور ساده ۸/۲ تنی ۲۱
جدول (۲-۷) : تعیین SN برای ترافیک بین ۵۰۰۰۰۰۰ تا ۷۰۰۰۰۰۰ محور ساده ۸/۲ تنی ۲۲
جدول (۲-۸) : تعیین SN برای ترافیک بین ۳۰۰۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰۰۰ محور ساده ۸/۲ تنی ۲۲
جدول (۲-۹) : تعیین SN برای ترافیک بین ۱۰۰۰۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰۰۰ محور ساده ۸/۲ تنی ۲۳
جدول (۲-۱۰) : تعیین SN برای ترافیک بین ۵۰۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰۰ محور ساده ۸/۲ تنی ۲۳
جدول (۲-۱۱) : تعیین SN برای ترافیک بین ۱۰۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰۰ محور ساده ۸/۲ تنی ۲۴
جدول (۲-۱۲) : تعیین SN برای ترافیک بین ۵۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ محور ساده ۸/۲ تنی ۲۴
جدول (۲-۱۳) : تعیین SN برای ترافیک کمتر از ۵۰۰۰۰ محور ساده ۸/۲ تنی ۲۵
جدول (۳-۱) : انواع متداول خرابی در روسازی‌های آسفالتی ۲۹
جدول (۳-۲) : سطوح شدت برای چاله‌ها ۴۵
جدول (۳-۳) : حداقل عدد زبری روسازی برحسب سرعت‌های مختلف ۴۷
جدول (۴-۱) : مقدار RCI برحسب کیفیت سواری‌دهی ۶۱
جدول (۴-۲) : ضرایب تعیین شدت خرابی ۶۲
جدول (۴-۳) : ضرایب تعیین وسعت خرابی ۶۲
جدول (۴-۴) : انواع خرابی روسازی و ضرایب وزنی هر خرابی ۶۳
جدول (۴-۵) : حدود مقادیر کمی و وضعیت کیفی برای ارزیابی روسازی‌ها براساس شاخص سنجش وضعیت روسازیها (PCI) ۷۲
جدول (۴-۶) : روش‌های استاندارد انجام آزمایشات مصالح روسازی ۷۳
جدول (۵-۱) : سطوح شدت خرابی در چاله‌ها ۸۳

omoorepeyman.ir

جدول (۵-۲) : جدول محاسباتی مقدار خرابی تجمعی روسازی براساس ضخامت اساس ۹۵
جدول (۵-۳) : تبدیل CBR خاک بستر روسازی به ضریب برجهندگی ۹۶
جدول (۵-۴) : مثال کاربردی از جدول محاسباتی مقدار خرابی تجمعی روسازی براساس ضخامت اساس محتمل ۱۰۲
جدول (۷-۱) : حدود PCI پیشنهادی برای انجام روکش تقویتی ۱۲۲
جدول (۷-۲) : قیرهای معمولی مورد استفاده در آسفالت‌های سطحی یک یا چند لایه‌ای ۱۲۶
جدول (۷-۳) : حداقل مشخصات سنگدانه های آسفالت سطحی ۱۲۷
جدول (۷-۴) : دانه‌بندی‌های یک اندازه مصالح آسفالت سطحی ۱۲۸
جدول (۷-۵) : دانه‌بندی‌های باز مصالح آسفالت سطحی ۱۲۸
جدول (۷-۶) : ترتیب انتخاب دانه‌بندی‌ها برای آسفالت سطحی یک تا سه لایه‌ای ۱۲۹
جدول (۷-۷) : راهنمای انتخاب نوع قیر برای سنگدانه‌ها با دانه‌بندی‌های متفاوت ۱۳۰
جدول (۷-۸) : ضریب هدر رفتن سنگدانه‌ها ۱۳۳
جدول (۷-۹) : ضریب ترافیک برای محاسبه مقادیر ۱۳۴
جدول (۷-۱۰) : درصد قیر باقیمانده بعد از تبخیر مواد فرار قیرهای محلول و قیرابه‌ها ۱۳۵
جدول (۷-۱۱) : دانه‌بندی ماسه برای اندود ماسه‌ای ۱۴۱
جدول (۷-۱۲) : قیرهای مصرفی برای اندود قیری ۱۴۲
جدول (۷-۱۳) : دانه‌بندی پیشنهادی مصالح آسفالت متخلخل ۱۴۳
جدول (۷-۱۴) : راهنمای انتخاب قیرهای معمولی برای آسفالت متخلخل ۱۴۴
جدول (۷-۱۵) : راهنمای انتخاب قیر برای غبارنشانی و روغن پاشی راه ۱۴۵
جدول (۷-۱۶) : درجه حرارت راهنما برای گرم کردن قیر ۱۴۸
جدول (۷-۱۷) : مشخصات سنگدانه‌ها برای استفاده در آسفالت سرد ۱۵۳
جدول (۷-۱۸) : انواع دانه‌بندی پیوسته مصالح مخلوطهای بتن آسفالتی ۱۵۴
جدول (۷-۱۹) : انواع دانه‌بندی غیر پیوسته مصالح آسفالت گرم ۱۵۵
جدول (۷-۲۰) : دانه‌بندی مصالح سنگی درشت دانه مخلوطهای بتن آسفالتی ۱۵۶
جدول (۷-۲۱) : دانه‌بندی مصالح ریزدانه مخلوطهای بتن آسفالتی ۱۵۷
جدول (۷-۲۲) : دانه‌بندی فیلر ۱۵۷
جدول (۷-۲۳) : محدوده مشخصات قیرهای محلول زودگیر ۱۵۸
جدول (۷-۲۴) : محدوده مشخصات قیرهای محلول کندگیر ۱۵۹
جدول (۷-۲۵) : محدوده مشخصات قیرهای محلول دیرگیر ۱۵۹
جدول (۷-۲۶) : محدوده مشخصات قیرابه‌های کاتیونیک ۱۶۰

omoorepeyman.ir

جدول (۷-۲۷) : محدوده مشخصات قیرابه‌های آنیونیک ۱۶۱
جدول (۷-۲۸) : راهنمای انتخاب قیر برای آسفالت سرد ۱۶۵
جدول (۷-۲۹) : محدوده‌های بالا و پایین درجه حرارت قیرهای مصرفی در آسفالت سرد ۱۶۶
جدول (۷-۳۰) : رواداری مجاز دانه‌بندی کارگاهی و قیر در آسفالت سرد ۱۶۷
جدول (۷-۳۱) : نمونه‌ای از مواد تشکیل‌دهنده سه نمونه قیر کندگیر و دیگر مشخصات آنها ۱۷۰
جدول (۷-۳۲) : حداقل مشخصات فنی آسفالت سرد برای قیرهای محلول با روش مارشال ۱۷۲
جدول (۷-۳۳) : مشخصات فنی آسفالت سرد تهیه شده با قیرابه‌ها با استفاده از روش ویم ۱۷۳
جدول (۷-۳۴) : حداقل مشخصات فنی آسفالت سرد حاوی قیرابه‌ها براساس روش ۱۷۴
اصلاح شده مارشال
جدول (۸-۱) : ضرایب بار هم ارز ۱۹۷
جدول (۸-۲) : درصد عبور از خط طرح ۱۹۸
جدول (۸-۳) : افت و خیز اندازه‌گیری شده در مثال ۱ ..... ۱۹۹
جدول (۸-۴) : انتخاب ضریب لایه روسازی‌های موجود با وضعیت متفاوت ۲۰۳
جدول (۸-۵) : ضرایب اصلاحی m_i برای قشرهای اساس و زیراساس ۲۰۴
جدول (۸-۶) : دانه‌بندی باز قشر بین لایه‌ای ۲۰۷
جدول (۹-۱) : عمر مفید انواع روسازی ۲۲۱
جدول (۹-۲) : ضرایب همسنگی از نظر نوع راه ۲۲۴
جدول (۹-۳) : ضرایب همسنگی از نظر نوع سرزمین ۲۲۵
جدول (۹-۴) : تبدیل انواع آب و هوا به آب و هوای همسنگ ۲۲۵
جدول (۹-۵) : ضرایب همسنگی از نظر انواع روکش‌ها ۲۲۵
جدول (۹-۶) : ضریب افزایش سوخت وسایل‌نقلیه در انواع وضعیت رویه ۲۲۸
جدول (۹-۷) : میزان مصرف سوخت در شرایط مختلف و مقایسه نسبی آنها ۲۲۹
جدول (۹-۸) : مصرف سوخت اتومبیل‌ها در شرایط ایده‌آل ۲۲۹
جدول (۹-۹) : میزان مصرف میانگین سوخت اتومبیل‌ها در راه‌های برون شهری ۲۳۰
جدول (۹-۱۰) : هزینه سوخت اتومبیل‌ها در راه‌های برون شهری ۲۳۰
جدول (۹-۱۱) : میزان مصرف گازوئیل کامیون‌ها در راه‌های برون شهری ۲۳۱
جدول (۹-۱۲) : هزینه مصرف گازوئیل کامیون‌ها در راه‌های برون شهری ۲۳۱
جدول (۹-۱۳) : هزینه سوخت وسایل نقلیه در راه‌های برون شهری ۲۳۱
جدول (۹-۱۴) : هزینه مصرف روغن موتور وسایل نقلیه در راه‌های برون شهری ۲۳۲
جدول (۹-۱۵) : هزینه استهلاک لاستیک وسایل نقلیه در راه‌های برون شهری ۲۳۲
جدول (۹-۱۶) : هزینه تعمیر و نگهداری وسایل نقلیه در راه‌های برون شهری ۲۳۳

omoorepeyman.ir

جدول (۹-۱۷) : مقایسه اجزای هزینه کارکرد وسایل نقلیه در PCI=۶۰ و سرعت ۹۰ کیلومتر بر ساعت ۲۳۳
جدول (۹-۱۸) : هزینه کارکرد وسایل نقلیه در راه‌های برون شهری ۲۳۴
جدول (۹-۱۹) : مثال روش اولویت‌بندی پیشنهادی ۲۳۵
جدول (۹-۲۰) : راهنمای انتخاب سرعت عملکرد در جریان آزاد ترافیک در سطوح مختلف PCI ۲۳۶
جدول (۹-۲۱) : محاسبه سود متوسط استفاده‌کنندگان در اثر عملیات نوسازی ۲۳۷
جدول (۹-۲۲) : ضخامت لازم برای لایه‌های روسازی ۲۴۱
جدول (۹-۲۳) : رابطه تقریبی اندیس وضعیت روسازی و درجه راحتی رانندگی و اندیس خرابی ۲۴۴
جدول (۹-۲۴) : کدبندی عملیات نگهداری و نوسازی ۲۴۶
جدول (۹-۲۵) : محاسبه هزینه ناشی از اعمال سیاست ۱ ..... ۲۴۶
جدول (۹-۲۶) : اندیس وضعیت روسازی پیش‌بینی شده قطعات مختلف بر اثر اعمال سیاست ۱ ..... ۲۴۷
جدول (۹-۲۷) : بودجه سالیانه لازم برای اجرای سیاست ۱ ..... ۲۴۸
جدول (۹-۲۸) : اندیس وضعیت پیش‌بینی شده راه‌های مختلف شبکه ۲۴۹
جدول (۹-۲۹) : کد عملیات توصیه شده براساس سیاست ۲ (بهینه) ۲۵۰
جدول (۹-۳۰) : هزینه عملیات توصیه شده براساس سیاست ۲ ..... ۲۵۱
جدول (۹-۳۱) : بودجه سالیانه لازم برای اجرای سیاست ۲ ..... ۲۵۱
جدول (۹-۳۲) : وضعیت آینده شبکه ناشی از اعمال سیاست ۲ ..... ۲۵۲
جدول (۹-۳۳) : اندیس وضعیت راه‌ها و شبکه ناشی از اعمال سیاست ۲ ..... ۲۵۲
جدول (۹-۳۴) : کد عملیات توصیه شده برمبنای برنامه‌های اولویت‌بندی (سیاست ۳) ۲۵۴
جدول (۹-۳۵) : وضعیت پیش‌بینی شده شبکه ناشی از اعمال برنامه‌های اولویت‌بندی (سیاست ۳) ۲۵۵
جدول (۹-۳۶) : پیش‌بینی وضعیت شبکه ناشی از اعمال سیاست ۳ ..... ۲۵۶
جدول (۹-۳۷) : مقایسه سیاستهای ۱ و ۲ و ۳ ..... ۲۵۶
جدول (۳-۱-پ) : مراحل محاسبات CDV حداکثر ۲۸۲
جدول (۳-۲-پ) : پرسشنامه بازرسی واحد نمونه روسازی آسفالتی ۲۸۴
جدول (۳-۳-پ) : پرسشنامه بازرسی واحد نمونه برای راه‌های بدون رویه ۲۸۶
جدول (۳-۴-پ) : پرسشنامه بازرسی واحد نمونه روسازی آسفالتی مثال کاربردی ۲۸۷

omoorepeyman.ir

فصل اول

طبقه‌بندی راه‌ها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

مقدمه

در بسیاری از کشورهای جهان از جمله ایران بخش عمده جابجایی کالا و مسافر از طریق جاده صورت می‌گیرد بطوریکه طرق دیگر حمل و نقل در مراتب بعدی قرار دارند. جاده تنها وسیله‌ای است که امکان فیزیکی جابجایی و دسترسی از یک محل به محل دیگر را به سادگی فراهم می‌سازد و علاوه بر آن جاده تنها مسیری است که کلیه انسانها می‌توانند با خودروهای شخصی از آن بهره‌برداری کنند.

وجود تنگناها و پایین بودن سطح کمی و کیفی خدمات در سایر شیوه‌های حمل و نقل کالا و مسافر در کشور و همچنین امکان استفاده از خودروهای شخصی (به دلیل رفاه نسبی بیشتر در سفرها) تقاضای عمومی برای استفاده از جاده‌ها را افزایش داده است. به طوری که در کشور ایران سهم حمل و نقل کالا و مسافر از طریق جاده‌ها نسبت به کل حمل و نقل کشور به ترتیب برابر ۸۰ و ۹۰ درصد گزارش شده است که نمادی از اهمیت و نقش ویژه جاده‌ها در حیات فعلی اقتصاد جامعه می‌باشد [۱].

روسازی یکی از اجزای مهم و زیربنایی جاده محسوب می‌شود و بایستی برحسب اهمیت مسیر در شبکه حمل و نقل جاده ای کشور از شرایط ویژه و مناسبی برخوردار باشد تا در طول عمر بهره‌برداری ضمن تامین عبور و مرور ایمن، جذابیت یک سفر مطمئن را برای استفاده‌کنندگان از راه فراهم سازد.

روسازیها به مرور زمان و با توجه به نحوه بهره‌برداری، حجم ترافیک، شرایط آب و هوایی منطقه‌ای که راه از آن عبور می‌کند و مشخصات فنی و اجرایی اولیه به تدریج فرسوده شده و خرابی در آنها پدید می‌آید. وسعت و شدت این خرابیها علاوه بر عوامل فوق تابعی از شرایط و نحوه نگهداری راه است که علی‌القاعده بایستی با آغاز بهره‌برداری از سیستم به طور اصولی و مستمر انجام شود.

عدم مرمت به موقع خرابی روسازیها باعث اضمحلال زودرس آنها می‌شود. هزینه‌های استهلاک وسایل نقلیه، افزایش سوانح و افزایش هزینه‌های فوق‌العاده بازسازی روسازی پیامدهای دیگری هستند که عدم مرمت به موقع خرابی روسازیها به دنبال دارد.

تعمیر و مرمت روسازیها بایستی بر اساس یک روش سیستماتیک که ارزیابی عمیق وضعیت فعلی روسازی و پیش‌بینی وضعیت آن در آینده را میسر سازد انجام شود تا تحصیل انتظام بیشتر در عبور و مرور وسایل نقلیه به همراه ایمنی بیشتر فراهم شود.

دستورالعمل‌های مرمت و بهسازی روسازی‌ها (اعم از آسفالتی و شنی) یک علم دقیق و مشخص نیست و برای انواع روسازی علاوه بر نوع راه و اهمیت آن در شبکه سراسری راه‌های کشور بستگی به نوع و شدت خرابی دارد [۲]. به همین دلیل نتیجه مطلوب تعمیر و مرمت یک نوع خرابی و یا مجموعه‌ای از خرابی‌های روسازی یک قطعه از یک راه معین ممکن است که برای بخش دیگری از همان راه با خرابی و یا مجموعه‌ای از خرابی‌های متفاوت و یا برای راه دیگری با خرابی‌های مشابه مناسب و مفید واقع نشود. بنا بر این لازم است که ابتدا درجه راه بر حسب نوع استفاده مورد نظر از آن در شبکه راه‌های کشور معلوم گردد تا به این ترتیب بتوان دستورالعمل‌های بهسازی رویه‌های آسفالتی و شنی را با رعایت کامل ضوابط و معیارها تدوین نمود. به همین منظور در این مجموعه ابتدا راه‌های کشور از نظر موقعیت توپوگرافی طبقه‌بندی و سپس بر حسب اهمیت در شبکه راه‌های کشور تقسیم‌بندی می‌شوند.

۱-۱- دسته‌بندی راه‌ها

انتخاب مسیر عبور یک راه علاوه بر عوامل ترافیکی و اهداف اولیه مربوط به احداث راه بستگی به شرایط جوی و جغرافیایی زمین طبیعی (توپوگرافی منطقه) دارد. این عوامل نه تنها در انتخاب ضوابط حاکم بر طرح هندسی مسیر موثر هستند، بلکه بر نحوه وارد شدن نیروهای ناشی از بار چرخ وسایل نقلیه به روسازی و نهایتاً عملکرد آن موثر هستند [۳].

omoorepeyman.ir

در سرازیری‌ها نیروهای ناشی از ترمزگیری برای کاهش سرعت و کنترل وسیله نقلیه و در سربالائی‌ها نیروهای ناشی از شتاب‌گیری برای جلوگیری از کاهش یا افت سرعت وسیله نقلیه، نزولات جوی، شرایط زهکشی و ... از پیامدهای تغییرات در توپوگرافی زمین طبیعی و شرایط جوی منطقه است که در عملکرد روسازی‌ها تاثیر می‌گذارد . نوع روسازی علاوه بر درجه راه و عملکرد آن به عوامل دیگری نظیر توپوگرافی (وضعیت جغرافیایی) و شرایط جوی منطقه‌ای که راه از آن عبور می‌کند نیز بستگی دارد. به همین دلیل در این مجموعه، راه‌ها بر حسب مناطقی که مسیر راه از آنها عبور می‌کند با توجه به موازین و معیارهای مندرج در نشریه ۱۶۱سازمان برنامه و بودجه از نظر موقعیت توپوگرافی به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شوند [۴]:

دسته‌بندی راه‌ها برحسب توپوگرافی

۱-۱-۱- مناطق هموار (دشتی) :

مناطق هموار یا دشتی به مناطقی اطلاق می‌شود که زمین طبیعی درکلیه جهات هموار باشد، به این معنا که شیب عمومی خط بزرگترین شیب محدوده عبور راه و هم چنین شیب طولی آن به حداکثر ۳ درصد محدود شود. علاوه بر آن فاصله دید در قوس‌های افقی و قائم به حد کافی بوده و راه دارای خاکریزهایی به بلندی حداکثر تا ۲/۵ متر و گاهی برش‌های کم عمق باشد. بنابر این واقع شدن مسیر عبور راه در این مناطق به منزله هموار یا دشتی بودن محدوده عبور راه و در نتیجه هموار یا دشتی تلقی شدن طبقه راه خواهد بود.

۱-۱-۲- مناطق تپه ماهوری :

مناطق تپه ماهوری به مناطقی اطلاق می‌شود که شیب زمین طبیعی در کلیه جهات ملایم بوده و حداکثر محدود به ۷ درصد باشد، به این معنا که شیب عمومی خط بزرگترین شیب محدوده عبور راه و همچنین شیب طولی آن بین ۳ تا حداکثر ۷ درصد محدود شده باشد. این مناطق نباید دارای نقاط صعب‌العبور نظیر دره‌های تنگ و خطالراسهای مرتفع با شیب بیشتر از ۷ درصد بوده و عمق برشها (ارتفاع ترانشه‌ها) باید کمتر از ۹ متر باشد. لیکن در پاره‌ای از موارد بلندی خاکریزها می‌تواند بیشتر از ۲/۵ متر باشد. بنابراین واقع شدن مسیر عبور راه در این مناطق به منزله تپه ماهوری بودن محدوده عبور راه و در نتیجه تپه ماهوری تلقی شدن طبقه راه خواهد بود .

۱-۱-۳-مناطق کوهستانی :

مناطق کوهستانی به مناطقی اطلاق می‌شود که شیب زمین طبیعی در کلیه جهات تند و بیشتر از ۷ درصد باشد. این مناطق معمولاً دارای نواحی صعب‌العبور فراوان است و مسیر راه عموماً از دامنه کوه ، تپه‌های بلند و دره‌های گود می‌گذرد و برشهای عمیق نیز در این مناطق وجود دارد. بنابر این واقع شدن مسیرعبور راه در این مناطق به منزله کوهستانی بودن محدوده عبور راه و در نتیجه کوهستانی تلقی شدن طبقه راه خواهد بود.

omoorepeyman.ir

۱-۲- درجه‌بندی راه :

درجه‌بندی راه‌ها ممکن است به منظور یا اهداف گوناگون نظیر برنامه‌ریزی جامع حمل و نقل کشور، انتخاب ضوابط و معیارهای طرح هندسی راه، تامین اعتبارات مربوط به سرمایه‌گذاری و نگهداری راه و یا نوع استفاده مورد نظر از راه صورت گیرد. در این مجموعه درجه‌بندی راه‌ها بر اساس مصوبات شورای عالی فنی وزارت راه و ترابری و سازمان برنامه و بودجه (ابلاغیه‌های فنی) [۴] از نظر سرعت، حجم ترافیک و معیارهای طرح هندسی به چهار گروه به شرح زیر تقسیم می‌شوند:

۱-۲-۱- راه‌های سریع‌السیر :

این نوع راه‌ها معمولاً بین شهرهای پر جمعیت و یا در اطراف و داخل این گونه شهرها برای حل بخشی از مشکلات ترافیک و همچنین صرفه‌جویی در زمان سفر برای سرعت بیشتر با درجه ایمنی بیشتر احداث می‌شوند. حریم راه‌های سریع‌السیر ۷۶ متر است و شامل آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها می‌شود.

۱-۲-۱-۱- آزادراه :

راهی است با روسازی آسفالتی یا بتنی برای عبور وسایل نقلیه موتوری با حداقل چهار باند عبور که مسیرهای رفت و برگشت آن از یکدیگر کاملاً جدا بوده و فاقد تقاطع‌های هم سطح باشد. کلیه گردش‌های وسایل نقلیه به وسیله تقاطع‌های غیر هم سطح انجام می‌شود و ورود و خروج از آن منحصراً در نقاط معین و محدودی امکان‌پذیر بوده و ممنوعیت عبور پیاده، دوچرخه و وسایل نقلیه غیر موتوری را نیز شامل می‌شود. آزاد راه‌ها برای کیفیت ترافیک "ب" طبق ضوابط مندرج در جدول (۱-۱) طراحی می‌شوند.

مشخصات لازم برای رعایت در پلان و نیمرخ طولی آزادراه‌ها بر اساس توصیه‌های ارائه شده توسط مهندسین مشاور BCEOM درجداول (۱-۲) و (۱-۳) نشان داده شده است.

۱-۲-۱-۲- بزرگراه :

راهی است با روسازی آسفالتی یا بتنی که ساختمان آن طبق نقشه و مشخصات مورد قبول برای راه‌های اصلی انجام شده و یا از تعریض یک راه اصلی که بر اساس مطالعات قبلی ساخته شده است ایجاد می‌شود. بزرگراه نیز مانند آزادراه دارای چهار باند عبور می‌باشد که مسیرهای رفت و برگشت آن از یکدیگر جدا شده است. در مناطق شهری و حومه آن دسترسی به بزرگراه از حاشیه راه امکان‌پذیر است و حرکت مستقیم وسایل نقلیه در بعضی قسمتهای این نوع راه با مانع و یا تقاطع‌های هم سطح چراغ‌دار انجام می‌شود. گنجایش هر باند عبور راه‌های سریع‌السیر بر حسب کیفیت ترافیک و سرعت طرح در جدول (۱-۱)، عرض باند عبور و شانه‌های طرفین این نوع راه‌ها در جدول (۱-۵) نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir

جدول (۱-۱): گنجایش هر خط عبور آزاد راه‌ها برحسب کیفیت ترافیک و سرعت طرح [۴]

کیفیت ترافیک	حداکثر تراکم سواری معادل در یک کیلومتر هر خط عبور	سرعت طرح ≥ ۱۱۰Km/h			سرعت طرح ۱۰۰ Km/h		
		متوسط سرعت حرکت Km/h	* V/C	گنجایش طراحی MSF *	متوسط سرعت حرکت Km/h	* V/C	گنجایش طراحی MSF *
الف	۸	≥۹۵	۰/۳۵	۷۰۰	–	–	–
ب	۱۳	≥۹۰	۰/۵۷	۱۱۰۰	≥۸۰	۰/۵	۱۰۰۰
پ	۱۹	≥۸۰	۰/۷۵	۱۵۰۰	≥۷۵	۰/۷	۱۴۰۰
ت	۲۶	≥۷۰	۰/۹۲	۱۸۵۰	≥۷۰	۰/۹	۱۸۰۰
ث	۴۰	≥۵۰	۱	۲۰۰۰	≥۵۰	۱	۲۰۰۰
ج	بیشتر از ۴۰	<۵۰	* *	* *	<۵۰	* *	* *
کیفیت ترافیک	حداکثر تراکم سواری معادل در یک کیلومتر هر خط عبور	سرعت طرح ۸۰ Km/h			سرعت طرح ۶۰ Km/h		
		متوسط سرعت حرکت Km/h	* V/C	گنجایش طراحی MSF *	متوسط سرعت حرکت Km/h	* V/C	گنجایش طراحی MSF *
الف	۸	–	–	–	–	–	–
ب	۱۳	–	–	–	–	–	–
پ	۱۹	≥۷۰	۰/۶۸	۱۳۰۰	–	–	–
ت	۲۶	≥۶۵	۰/۷۸	۱۶۵۰	≥۵۰	۰/۶۸	۱۳۰۰
ث	۴۰	≥۴۵	۱	۱۹۰۰	≥۴۵	۱	۱۹۰۰
ج	بیشتر از ۴۰	<۴۵	* *	* *	<۴۵	* *	* *

* **V**- حجم ترافیک

C- ظرفیت مسیر

MSF – حداکثر ظرفیت تردد

* * ترافیک در این کیفیت بسیار متغیر و ناپایدار است.

omoorepeyman.ir

۱) منظور از متوسط سرعت حرکت، سرعت وسایل نقلیه در یک خط عبور از قطعه مورد نظر راه است.

۲) منظور از حداکثر تراکم سواری معادل در یک کیلومتر هر خط عبور، حداکثر تعداد وسایل نقلیه برحسب سواری معادل (مطابق تعریف آیین‌نامه طرح هندسی راه‌ها) در هر خط عبور در هر کیلومتر از راه می‌باشد .

جدول (۱-۲): حداقل مشخصات لازم برای رعایت در پلان آزادراه‌ها [٦]

سرعت طرح	Vr(Km/h)	۸۰	۱۰۰	۱۲۰	۱۴۰
حداکثر شیب عرضی در قوس‌ها	Dm(درصد)	۷	۷	۷	۷
حداقل مطلق شعاع در قوس‌ها	RHm (متر)	۲۴۰	۴۲۵	۶۶۵	۱۰۰
حداقل مطلق پارامتر اتصال کلوتوئیدی	A(متر)	۲۰۰	۳۰۰	۳۷۵	۴۶۰
طول اتصال تدریجی راه برای شعاع حداقل مطلق	IRm(متر)	۱۷۰	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰
شعاع حداقل معمولی قوس (نظیر شیب عرضی ۵ درصد)	RHn(متر)	۴۲۵	۶۶۵	۱۰۰۰	۱۴۰۰
شعاع حداقل مربوط به شیب عرضی ۲+ درصد (بدون اتصال کلوتوئیدی)	RH''(متر)	۱۳۰۰	۲۰۰۰	۳۰	۴۰۰۰
شعاع حداقلی که برای آن اتصال کلوتوئیدی و شیب عرضی ضروری نیست (شیب عرضی راه طرف خارج قوس می‌تواند ۲-٪ باشد)	RH''(متر)	۲۰۰۰	۳	۴۰۰۰	۵۰۰۰

$$*RH_m = \frac{V^2}{127.2(e+f)};\ **RH_n \geq \frac{(V+10)^2}{127.2(0.05+f)};\ RH'' = \frac{(V+30)^2}{127.2(e+f)}$$

omoorepeyman.ir

جدول (۱-۳): مشخصات خط پروژه در نیمرخ طولی آزادراه [۶]

سرعت طرح		کیلومتر در ساعت	۸۰	۱۰۰	۱۲۰	۱۴۰
شیب آزادراه در سربالایی	حداکثر مطلق	درصد	۶	۵	۴	۴
	حداکثر معمولی	درصد	۵	۴/۵	۴	۳
شیب آزادراه در سراشیبی	حداکثر مطلق	درصد	۶	۶	۶	۵
	حداکثر معمولی	درصد	۵	۵	۵	۴
شعاع قوس قائم محدب	حداقل فاصله مطلق (برای تامین فاصله توقف وسیله نقلیه در خط مستقیم)	متر	۳۰۰۰	۷۰۰۰	۱۴۰۰۰	۲۷۰۰۰
	سرعت طرح	کیلومتر در ساعت	۸۰	۱۰۰	۱۲۰	۱۴۰
	حداقل فاصله معمولی برای تامین فاصله معمولی سبقت در خط مستقیم	متر	۷۰۰۰	۱۲۵۰۰	۲۵۰۰۰	۵۰۰۰۰
شعاع قوس قائم مقعر	حداکثر مطلق	متر	۲۵۰۰	۳۰۰۰	۴۵۰۰	۶۰۰۰
	حداکثر فاصله معمولی	متر	۳۰۰۰	۵۰۰۰	۱۰۰۰۰	۲۰۰۰۰
حداقل شیب طولی		۰/۵ درصد				

جدول (۱-۴): تعداد باند عبور و اندازه شانه‌های طرفین راه [۴]

درجه راه	تعداد خط عبور	عرض شانه (متر)	
		راست	چپ
آزادراه و بزرگراه	۴	۳	۱/۵
آزادراه و بزرگراه	۶ یا بیشتر	۳	۲
رابط و گردراهه	۱ یا بیشتر	۲/۴۰ *	۱/۲۰ *
راه اصلی جدا شده	۴	۲/۴۰	۱/۵
راه اصلی جدا شده	۶	۲/۴۰	۲
راه اصلی	۲	۱/۸۵تا۲/۴۰	۱/۸۵تا۲/۴۰
راه فرعی با ترافیک ADT کمتر از ۴۰۰	۲	۰/۶ * *	۰/۶ * *
بیشتر از ۴۰۰	۲	۱تا۲/۴۰	۱تا۲/۴۰

omoorepeyman.ir

* در شرایط خاص می تواند به نصف کاهش یابد.

* * برای پل‌ها ۱/۲۰ متر می‌باشد.

۱-۲-۲- راه‌های اصلی:

این راه‌ها بخش اعظم خطوط مواصلاتی و ارتباطی کشور را تشکیل می‌دهند و جزیی از شبکه سراسری و ملی راه‌ها محسوب می‌شوند. روسازی این گونه راه‌ها آسفالتی یا بتنی است که ساختمان آن طبق نقشه و مشخصات مورد قبول برای راه اصلی انجام شده است. راه‌های اصلی بیشتر به صورت دو خطه با دو باند عبور (رفت و برگشت) احداث می‌شوند لیکن بر اثر بهسازی و توسعه می‌توانند به چهارخطه با چهار باند عبور (دو باند رفت و دو باند برگشت) و یا حتی شش باند عبور ارتقا وضعیت دهند. در این گونه راه‌ها تقاطع‌ها معمولاً هم‌سطح می‌باشند. راه‌های اصلی به سه گروه به شرح زیر تقسیم می‌شوند:

۱-۲-۲-۱- راه‌های اصلی مجزا :

احداث این گونه راه‌ها معمولا در مناطقی که حجم ترافیک سنگین زیاد، نقاط حادثه‌خیز فراوان و سرمایه‌گذاری برای احداث راه‌های با درجه بالاتر از نظر فنی (وضعیت جغرافیایی منطقه) و اقتصادی توجیه‌پذیر نباشد ارجح است. این گونه راه‌های اصلی حداقل دارای چهار باند عبور (دو باند رفت و دو باند برگشت مجزا) می‌باشند. حداقل عرض سواره‌روی آسفالتی راه‌های اصلی جدا شده ۷/۳۰ متر و حداقل عرض شانه خارجی (سمت راست سواره‌روی آسفالتی) بر حسب مورد بین ۲ تا ۳ متر در تغییر است و حداقل عرض شانه داخلی (سمت چپ سواره روی آسفالتی) یک متر می‌باشد [۴] .

گنجایش هر خط عبور برای راه‌های اصلی (چند خطه) برحسب کیفیت ترافیک و سرعت طرح در جدول شماره (۱-۵) و مشخصات اصلی طرح در پلان و نیمرخ طولی در جداول (۱-۶) و (۱-۷) نشان داده شده‌اند [۴ و ۶].

۱-۲-۲-۲- راه اصلی درجه یک:

این نوع راه اصلی در مناطق خاصی که در اطراف راه فعالیت‌های گسترده کشاورزی و صنعتی وجود داشته باشد و تردد و توقف‌های ناشی از این گونه فعالیت‌ها قابل ملاحظه باشد احداث می‌شود. حداقل عرض سواره‌روی آسفالتی و حداقل عرض شانه‌های طرفین راه اصلی درجه یک به ترتیب برابر ۷/۳۰ و ۱/۸۵ متر می‌باشد.

۱-۲-۲-۳- راه اصلی درجه دو :

مشخصات این نوع راه همانند راه اصلی درجه یک است با این تفاوت که حداقل عرض سواره‌روی آسفالتی و حداقل عرض شانه‌های طرفین به ترتیب برابر ۷ و یک متر می‌باشد.

omoorepeyman.ir

جدول (۱-۵): گنجایش هر خط عبور راه‌های اصلی (چند خطه) برحسب کیفیت ترافیک و سرعت طرح [۴]

کیفیت ترافیک	حداکثر تراکم سواری معادل در یک کیلومتر هر خط عبور	۱۱۰Km/h ≥ سرعت طرح			سرعت طرح ۱۰۰ Km/h		
		متوسط سرعت حرکت Km/h	$\frac{V}{C}$	گنجایش طراحی MSF	متوسط سرعت حرکت Km/h	$\frac{V}{C}$	گنجایش طراحی MSF
الف	۸	≥۹۰	۰/۳۵	۷۰۰	≥۸۰	۰/۳۳	۶۵۰
ب	۱۳	≥۸۵	۰/۵۵	۱۱۰۰	≥۷۵	۰/۵	۱۰۰۰
پ	۱۹	≥۷۵	۰/۱۱	۱۴۰۰	≥۷۰	۰/۶۵	۱۳۰۰
ت	۲۶	≥۶۵	۰/۸۵	۱۷۰۰	≥۶۵	۰/۸۵	۱۷۰۰
ث	۴۰	≥۵۰	۱	۲۰۰۰	≥۵۰	۱	۲۰۰۰
ج	بیشتر از ۴۰	<۵۰	*	*	<۵۰	*	*
کیفیت ترافیک	حداکثر تراکم سواری معادل در یک کیلومتر هر خط عبور	سرعت طرح ۸۰Km/h			سرعت طرح ۶۰ Km/h		
		متوسط سرعت حرکت Km/h	$\frac{V}{C}$	گنجایش طراحی MSF	متوسط سرعت حرکت Km/h	$\frac{V}{C}$	گنجایش طراحی MSF
الف	۸	—	—	—	—	—	—
ب	۱۳	≥۷۰	۰/۴۷	۹۰۰	—	—	—
پ	۱۹	≥۶۰	۰/۶	۱۱۵۰	—	—	—
ت	۲۶	≥۵۵	۰/۷۶	۱۴۵۰	≥۵۰	۰/۶۸	۱۳۰۰
ث	۴۰	≥۴۵	۱	۱۹۰۰	≥۴۵	۱	۱۹۰۰
ج	بیشتر از ۴۰	<۴۵	*	*	<۴۵	*	*

۱-۲-۳- راه‌های فرعی:

راه‌های فرعی به منظور برقراری ارتباط با مراکز جمعیت و تولید داخلی یک منطقه و همچنین تقلیل هزینه‌های حمل و نقل محصولات کشاورزی، معدنی و سایر مواد مصرفی که از مراکز تولید بایستی به مراکز تجاری و مصرف حمل شوند احداث می‌شود. از

omoorepeyman.ir

دیگر اهداف احداث این گونه راه‌ها افزایش سطح تولید و درآمد بیشتر منطقه و تکمیل شبکه راه‌های موجود کشور می‌باشد. به دلیل اینکه تراکم راه (نسبت طول راه‌ها به مساحت کشور) در کشور کافی نیست اغلب راه‌های فرعی جزء راه‌هایی هستند که برای تکمیل شبکه راه‌های اصلی بهسازی و ارتقاء درجه می‌یابند. راه فرعی عموماً به صورت دوخطه عمل می‌کند. راه‌های فرعی به دو زیر گروه به شرح زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱-۲-۳-۱- راه فرعی درجه یک :

راه فرعی درجه یک راهی است با عرض کلی ۸ متر و حداقل دو باند عبور (رفت وبرگشت) با سواره‌روی روسازی شده بعرض ۶/۵ متر، عرض هر باند عبور و همچنین عرض هر یک از شانه‌های طرفین راه فرعی درجه یک به ترتیب برابر ۳/۲۵ و ۰/۷۵ می‌باشد.

۱-۲-۳-۲- راه فرعی درجه دو :

راه فرعی درجه دو دارای عرض کلی ۷ متر و سواره‌روی شنی یا آسفالتی به عرض ۵/۵ متر می‌باشد. عرض شانه‌های طرفین راه فرعی درجه دو همانند راه فرعی درجه یک برابر ۰/۷۵ است.

جدول (۱-۶): مشخصات اصلی طرح در پلان راه‌های اصلی و فرعی [۶]

مسیر در سطح						
سرعت طرح	Vr(Km/h)	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰	۱۴۰
شیب عرضی یک‌طرفه (دور) حداکثر	Sm (درصد)	۷	۷	۷	۷	۷
شعاع حد اقل مطلق (دور ۷ درصد)	RHm(متر)	۴۰	۱۲۰	۲۴۰	۴۲۵	۷۰۰
حداقل پارامتر اتصال کلوتوئیدی	A (متر)	۴۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۳۵۰
شعاع حداقل عادی (دور ۵ درصد)	RHn (متر)	۸۰	۲۰۰	۴۰۰	۶۵۰	۱۰۰۰
شعاع حداقل قوس برای دور (۲/۵ درصد = شوسه از بتن قیری)	RH'' (متر)	۲۵۰	۴۵۰	۷۵۰	۱۱۰۰	۱۶۰۰
(۲ درصد = شوسه از بتن سیمانی)	RH'' (متر)	۳۰۰	۵۰۰	۸۰۰	۱۲۰۰	۱۷۰۰
شعاع حداقل قوس بدون شیب عرضی	RH'' (متر)	۴۰۰	۶۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۳۰۰۰

omoorepeyman.ir

جدول (۱-۷): مشخصات اصلی طرح درنیمرخ طولی راه‌های اصلی و فرعی [٦]

نیمرخ طولی						
شیب حداکثر سربالایی		Pm (درصد)	۹	۸	۶	۵	۴
سرعت طرح		Vr(Km/h)	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰	۱۲۰
شعاع قوس محدب در راه یکطرفه	شعاع حداقل مطلق	RVm1 (متر)	۵۰۰	۱۵۰۰	۲۶۰۰	۶۰۰۰	۱۲۰۰۰
	شعاع حداقل عادی	RVN1 (متر)	۱۵۰۰	۲۶۰۰	۶۰۰۰	۱۲۰۰۰	۱۲۰۰۰
شعاع قوس محدب در راه دوطرفه	شعاع حداقل مطلق	RVm2 (متر)	۵۰۰	۱۶۰۰	۴۵۰۰	۱۰۰۰۰	–
	شعاع حداقل عادی	RVN2(متر)	۱۶۰۰	۴۵۰۰	۱۰۰۰۰	۱۷۰۰۰	–
شعاع قوس مقعرهر نوع‌راه	شعاع حداقل مطلق	RVm''(متر)	۶۰۰	۱۵۰۰	۲۲۰۰	۳۰۰۰	۴۵۰۰
	شعاع حداقل عادی	RVN''(متر)	۱۵۰۰	۲۲۰۰	۳۰۰۰	۴۵۰۰	۶۰۰۰
شعاع قوس محدب یا مقعر که حداقل فاصله دید در سبقت را در کلیه جاده‌های دوطرفه تامین می‌کند		RVD(متر)	۲۵۰۰	۶۵۰۰	۱۱۰۰۰	۱۷۰۰۰	۲۸۰۰۰

۱-۲-۴- راه‌های روستایی :

این گونه راه‌ها به منظور برقراری ارتباطات کاملا محلی و محدود بین روستاها یا اتصال روستاها به راه‌های فرعی یا اصلی احداث می‌شوند. کم بودن حجم ترافیک روزانه و پایین بودن هزینه اجرا از شاخص‌های این نوع راه است. راه‌های روستایی برحسب نوع استفاده مورد نظر از آنها به سه گروه به شرح زیر تقسیم می‌شوند [۷] :

۱-۲-۴-۱- راه روستایی درجه یک :

راهی است که به منظور تامین ارتباط بین روستاهای عمده و یا اتصال روستاها به راه‌های فرعی و احتمالاً اصلی ساخته می‌شود و دارای دو خط عبور با سواره روی روسازی شده به عرض ۵/۵ متر و شانه در هر طرف به عرض ۷۵ سانتیمتر می‌باشد . در

omoorepeyman.ir

طرح هندسی راه روستایی درجه یک حداقل حجم ترافیک روزانه سال طرح (ده یا پانزده سال پس از شروع بهره‌برداری از راه) برحسب معادل سواری بیشتر از ۳۰۰ وسیله نقلیه در نظر گرفته شده است .

۱-۲-۴-۲- راه روستایی درجه دو :

راهی است که به منظور تامین ارتباط محدود بین روستاها یا اتصال روستاها، معادن و مراکز تولیدی روستایی بـه راه روسـتایی درجه یک، راه فرعی و احتمالاً راه اصلی ساخته می‌شود و دارای دو خط عبور با سواره‌روی روسازی شده به عرض ۵ متر و شانه در هـر طرف به عرض ۵۰ سانتیمتر می‌باشد. در طرح هندسی راه روستایی درجه دو حداقل و حداکثر حجم ترافیک متوسط روزانه سـال طـرح برحسب معادل سواری بین ۱۰۱ تا ۳۰۰ وسیله نقلیه در نظر گرفته شده است .

۱-۲-۴-۳- راه روستایی درجه سه :

راهی است که به منظور تامین ارتباط کاملاً محلی و محدود بین روستاها یا اتصال روستاها، معادن و مراکز تولیدی روستایی به راه‌های روستایی درجه دو، درجه یک و احتمالاً راه فرعی ساخته می‌شود و دارای دو خط عبور با سواره‌روی شـنی بـه عـرض ۴ متـر و تامین پارکینگ، تامین عبور متقابل یا سبقت است که در محلهای مناسب و حداکثر به فاصله یک کیلومتر از یکدیگر در هـر طـرف راه بطور متناوب احداث می‌شود . کم بودن ترافیک (متوسط ترافیک سال طرح کمتر از ۶۰ وسیله نقلیه تا حداکثر ۱۰۰ وسیله نقلیه در روز) و پایین بودن هزینه اجرا شاخص مهم راه فرعی درجه سه است .

۱-۲-۵- سایر راه ها :

راه‌های دیگری نیز در سطح کشور وجود دارند که بهره‌برداری و اسـتفاده از آنهـا بیشـتر جنبـه اختصاصـی دارد نظیـر راه‌هـای دسترسی (آسفالتی یا خاکی) ، راه‌های مرزی و راه‌های نظامی که به منظور اهداف خاص ساخته شده یا می‌شوند.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل دوم

طبقه‌بندی مسیر راه بر اساس شرایط جوی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

مقدمه

همانطوریکه قبلاً نیز اشاره شد عملکرد روسازی‌ها به مقدار زیادی بستگی به شرایط جوی (بارندگی، برودت، گرما و...) و جنس خاک بستر منطقه‌ای دارد که راه از آن عبور می‌کند. رطوبت بر مقاومت باربری خاک بستر (خاک بستر حاوی مصالح ریزدانه) و مقاومت خاک بستر بر ضخامت کل روسازی تاثیر فراوان دارد. بارندگی باعث افزایش رطوبت خاک‌های ریزدانه و افزایش رطوبت این نوع خاک‌ها باعث کاهش قابل ملاحظه مقاومت آنها می‌شود. علاوه بر آن وجود آب در خاک بستر روسازی باعث می‌شود که در فصل سرما و در هنگام برودت احتمال تشکیل عدسی‌های یخ در خاک بستر افزایش یافته و تورم روسازی در اثر یخبندان به وقوع پیوندد [۸]. بنابراین نظر به اینکه یک رابطه نسبی بین میزان بارندگی و رطوبت خاک بستر روسازی و همچنین خرابی‌های روسازی با توجه به شرایط جوی منطقه‌ای که راه از آن عبور می‌کند وجود دارد، لازم است که طبقه‌بندی روسازی‌ها با توجه به منابع تامین رطوبت و مقاومت خاک بستر انجام شده و به همین منظور و با توجه به مطالعات انجام شده [۹و۱۰] شرایط منطقه‌ای که راه از آن عبور می‌کند با توجه به دو عامل رطوبت و درجه حرارت در سه مرحله به شرح زیر تقسیم‌بندی می‌شود:

۲-۱- تقسیم‌بندی بر حسب عامل رطوبت [۹و۱۰]:

۱- منطقه مرطوب: به منطقه‌ای گفته می‌شود که معدل بارندگی سالانه در آن بیش از ۵۰۰ میلیمتر باشد.

۲- منطقه نیمه مرطوب: به منطقه‌ای گفته می‌شود که معدل بارندگی سالانه در آن بین ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلیمتر باشد.

۳- منطقه خشک: به مناطقی اطلاق می‌شود که معدل بارندگی سالانه درآن کمتر از ۲۵۰ میلیمتر باشد.

تبصره: مناطقی که سطح آب زیر زمینی در آنها کمتر از حدود سه متر از سطح خاک بستر روسازی فاصله داشته باشد مرطوب محسوب می‌شوند.

۲-۲- تقسیم‌بندی بر حسب عامل درجه حرارت [۱۰] :

۱- منطقه گرم: به منطقه‌ای گفته می‌شود که تعداد روزهای یخبندان (درجه حرارت زیر صفر درجه) در آن کمتر از ۲۰ روز در سال باشد.

۲- منطقه معتدل: به منطقه‌ای گفته می‌شود که تعداد روزهای یخبندان در آن بین ۲۰ تا ۸۰ روز در سال باشد.

۳- منطقه سرد : به منطقه‌ای گفته می‌شود که تعداد روزهای یخبندان در آن بیشتر از ۸۰ روز در سال باشد.

از ترکیب عوامل فوق و لحاظ نمودن دامنه حرارتی بین حداقل و حداکثر درجه حرارت سالیانه جدول (۲-۱) به عنوان راهنمای تعیین شرایط منطقه‌ای و استنتاج وضعیت خاک بستر پیشنهاد می‌شود.

omoorepeyman.ir

جدول (۲-۱): راهنمای تعیین شرایط منطقه‌ای [۱۰]

وضعیت کیفی منطقه	تعداد روزهای با درجه حرارت زیر صفر درجه	میزان بارش سالیانه و دامنه حرارتی مناطق		
		خشک کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر	نیمه مرطوب ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر	مرطوب بیشتر از ۵۰۰ میلی‌متر
گرم	کمتر از ۲۰ روز	حداقل ۸ - تا ۲۰ درجه حداکثر ۳۷ تا ۶۵ درجه	حداقل ۸ -تا ۵ درجه حداکثر ۳۸ تا ۵۴ درجه	حداقل۱۲-تا۰ درجه حداکثر ۳۰ تا ۴۵ درجه
معتدل	بین ۲۰ تا ۸۰ روز	حداقل۲۱-تا ۱ درجه حداکثر ۳۲ تا ۴۵ درجه	حداقل۲۰-تا ۵ درجه حداکثر۳۴ تا ۴۵ درجه	حداقل۱۵-تا۴-درجه حداکثر ۳۴ تا ۴۰ درجه
سرد	بیشتر از ۸۰ روز	حداقل۳۴- تا ۵ -درجه حداکثر ۱۸ تا ۴۳ درجه	حداقل۳۷-تا۲-درجه حداکثر ۲۰ تا ۴۲ درجه	حداقل۴۲-تا۱۰-درجه حداکثر ۲۵ تا ۴۴ درجه

تحقیقات نشان داده است که ضریب برجهندگی خاکهای ریزدانه بر حسب میزان رطوبت خاک به شرح جدول (۲-۲) تغییر می‌نماید [۲۳]. این جدول نشان می‌دهد که ضریب برجهندگی خاک بستر در هنگام یخ زدن بیشترین و در هنگام ذوب یخ‌ها و اشباع شدن خاک بسترکمترین مقدار است.

جدول (۲-۲) ضریب برجهندگی خاک بستر بر حسب شرایط فصلی و درصد رطوبت نسبی خاک برحسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع Kg/cm^2 [۲۳]

کیفیت نسبی خاک بستر*	یخ زده	اشباع	مرطوب**	خشک***
عالی	۱۱۰۰	۲۱۰	۵۶۰	۵۵۰
خوب	۱۱۰۰	۱۷۵	۴۲۰	۴۵۰
متوسط	۱۱۰۰	۱۵۰	۳۲۰	۳۵۰
ضعیف	۱۱۰۰	۱۰۵	۲۳۰	۲۵۰
خیلی ضعیف	۱۱۰۰	۱۰۰	۱۷۵	۱۸۰

omoorepeyman.ir

* ارزش کیفی خاک بعنوان خاک بستر روسازی بر اساس ضوابط و معیارهای تعریف شده در طبقه‌بندی خاکها به روش آشتو تعیین می‌شود.

** رطوبت خاک پس از بارندگی (در فصول بهار و پاییز)

***رطوبت خاک در فصل تابستان

نظر به این که دوره یخبندان و ذوب یخها برای مناطق مختلف تابع شریط جوی و مدت زمان سرما است [۹و۱۰]، بنابراین مقادیر مندرج در جدول (۲-۲) بایستی با در نظر گرفتن این عوامل اصلاح و ضریب برجهندگی موثر ملاک ارزیابی کمی و کیفی خاک بستر روسازی‌ها قرار گیرد. در این مجموعه مقادیر مندرج در جدول (۲-۳) که طیف وسیعی از ضریب برجهندگی موثر خاکهای کشور را پوشش می‌دهد با توجه به تقسیم‌بندی انجام شده برای مناطق نه‌گانه به عنوان راهنما و به منظور طبقه‌بندی روسازی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد:

در آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران [۱۱]، طرح روسازی علاوه بر مقاومت موثر خاک بستر روسازی مبتنی بر حجم ترافیک برحسب محور ساده ۸/۲ تنی و نشانه خدمت اولیه و نهایی روسازی است. انتخاب نشانه خدمت روسازی بستگی به نوع راه و کیفیت اجرای روسازی دارد. تعداد محور ساده ۸/۲ تنی معادل نیز علاوه بر حجم ترافیک و نوع وسایل نقلیه پیش‌بینی شده در عمر بهره‌برداری یا طراحی بستگی به ضخامت کل روسازی دارد. در طرح روسازی به روش آیین‌نامه مذکور عدد ضخامت روسازی (S N) تنها پارامتری است که علاوه بر مقاومت سازه‌ای روسازی کلیه عوامل موثر در طرح ضخامت روسازی در آن لحاظ شده است. نظر به اینکه برای طرح روسازی به روش آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران تعداد محور ساده ۸/۲ تنی یک پارامتر از پیش تعیین شده است، بنابراین ضرورت دارد که برای طبقه‌بندی روسازی مقادیر کمی این پارامتر برای روسازی راه‌های با درجه متفاوت در اختیار باشد. به همین دلیل ده وضعیت کیفی ترافیک برحسب محور ساده ۸/۲ تنی به شرح جدول (۲-۴) تعریف شده است. در این تعریف ترافیک بیشتر برای راه‌های با درجه اهمیت بیشتر نظیر راه‌های سریع‌السیر و راه‌های اصلی و ترافیک کمتر برای راه‌های با درجه اهمیت کمتر در نظر گرفته شده است. با استفاده از مقادیر کمی ترافیک مندرج در جدول (۲-۴) و در نظر گرفتن ضریب اطمینان ۹۰ درصد برای راه‌های با درجه اهمیت بیشتر و ضریب اطمینان ۸۵ درصد برای راه‌های با درجه اهمیت کمتر دامنه S N برای هر وضعیت کیفی ترافیک و ضریب برجهندگی خاک بستر با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه تعیین و در جداول (۲-۵) تا (۲-۱۳) ارائه شده است :

omoorepeyman.ir

جدول(۲-۳) مقادیر ضریب برجهندگی مؤثر بر خاک بستر با درنظرگرفتن وضعیت کیفی منطقه و خاک بستر‌روسازی

وضعیت کیفی منطقه	منطقه آب‌وهوایی	کیفیت خاک بستر روسازی				
		عالی	خوب	متوسط	ضعیف	خیلی ضعیف
گرم و خشک	I	*۱۱۰۰	۵۵۰	۵۲۵	۳۱۵	۲۱۰
گرم و نیمه مرطوب	II	۷۲۵	۵۳۰	۴۲۰	۲۱۰	۱۶۰
گرم و مرطوب	III	۴۰۰	۳۲۵	۳۲۰	۱۶۰	۱۰۰
معتدل و خشک	IV	۶۵۰	۳۷۵	۴۰۰	۲۱۰	۱۶۰
معتدل و نیمه مرطوب	V	۴۰۰	۳۹۰	۳۷۵	۱۶۰	۱۰۵
معتدل و مرطوب	VI	۳۵۰	۳۰۰	۲۷۵	۱۱۰	۸۰
سرد و خشک	VII	۹۵۰	۵۲۵	۵۰۰	۳۱۵	۲۰۰
سرد و نیمه مرطوب	VIII	۸۲۵	۵۰۰	۴۲۰	۱۷۵	۱۵۰
سرد و مرطوب	IX	۴۰۰	۳۲۵	۳۲۰	۱۰۵	۱۰۰

* کیلوگرم بر سانتیمتر مربع

جدول (۲-۴): تقسیم‌بندی ترافیکی (در دوره طرح)

آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها	بیشتر از ۱۰،۰۰۰،۰۰۰ بار محور منفرد هم ارز
راه‌های اصلی	بین ۷،۰۰۰،۰۰۰ تا ۱۰،۰۰۰،۰۰۰ بار محور منفرد هم ارز
راه‌های اصلی	بین ۵،۰۰۰،۰۰۰ تا ۷،۰۰۰،۰۰۰ بار محور منفرد هم ارز
راه‌های فرعی	بین ۳،۰۰۰،۰۰۰ تا ۵،۰۰۰،۰۰۰ بار محور منفرد هم ارز
راه‌های فرعی	بین ۱،۰۰۰،۰۰۰ تا ۳،۰۰۰،۰۰۰ بار محور منفرد هم ارز
راه‌های فرعی	بین ۵۰۰،۰۰۰ تا ۱،۰۰۰،۰۰۰ بار محور منفرد هم ارز
راه‌های روستایی	بین ۱۰۰،۰۰۰ تا ۵۰۰،۰۰۰ بار محور منفرد هم ارز
راه‌های روستایی	بین ۵۰،۰۰۰ تا ۱۰۰،۰۰۰ بار محور منفرد هم ارز
راه‌های روستایی	کمتر از ۵۰،۰۰۰ بار محور منفرد هم ارز

omoorepeyman.ir

جدول(۲-۵): تعیین SN برای ترافیک بیشتر از ۱۰،۰۰۰،۰۰۰ محور ساده ۸/۲ تنی

کیفیت خاک	وضعیت آب و هوایی								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
عالی	۳/۶۲ تا ۳/۸۴	۴/۲۴ تا ۴/۴۶	۵/۲۲ تا ۵/۴۴	۴/۴۲ تا ۴/۶۴	۵/۲۲ تا ۵/۴۴	۵/۴۶ تا ۵/۶۸	۳/۸۴ تا ۴/۰۶	۴/۰۵ تا ۴/۲۷	۵/۲۲ تا ۵/۴۴
خوب	۴/۶۹ تا ۴/۹۱	۴/۷۵ تا ۴/۹۷	۵/۵۹ تا ۵/۸۱	۵/۳۴ تا ۵/۵۶	۵/۲۷ تا ۵/۴۹	۵/۷۴ تا ۵/۹۶	۴/۷۶ تا ۴/۹۸	۴/۸۵ تا ۵/۰۷	۵/۵۹ تا ۵/۸۱
متوسط	۴/۷۶ تا ۴/۹۸	۵/۱۴ تا ۵/۳۶	۵/۶۲ تا ۵/۸۴	۵/۲۲ تا ۵/۴۴	۵/۳۴ تا ۵/۵۶	۵/۹ تا ۱ ۶/۲	۴/۸۵ تا ۵/۰۷	۵/۱۴ تا ۵/۳۶	۵/۶۲ تا ۵/۸۴
ضعیف	۵/۶۵ تا ۵/۸۷	۶/۴۱ تا ۶/۶۳	۶/۹۶ تا ۷/۱۸	۶/۴۱ تا ۶/۶۳	۶/۹۶ تا ۷/۱۸	۷/۷۷ تا ۷/۹۹	۵/۶۵ تا ۵/۸۷	۶/۷۷ تا ۶/۹۹	۷/۸۸ تا ۸/۱
خیلی ضعیف	۶/۴۱ تا ۶/۶۳	۶/۹۶ تا ۷/۱۸	۸/۰ تا ۲ ۸/۲	۶/۹۶ تا ۷/۱۸	۷/۸۸ تا ۸/۱	۸/۵۳ تا ۸/۷۵	۶/۵۱ تا ۶/۷۳	۷/۱ تا ۷/۳۲	۸/۰ تا ۸/۲۲

جدول (۲-۶): تعیین SN برای ترافیک بین ۷،۰۰۰،۰۰۰ و ۱۰،۰۰۰،۰۰۰ محور ساده ۸/۲ تنی

کیفیت خاک	وضعیت آب و هوایی								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
عالی	۳/۴۱ تا ۳/۶۳	۴/۰ تا ۴/۲۲	۴/۹۶ تا ۵/۱۸	۴/۱۸ تا ۴/۴	۴/۹۶ تا ۵/۱۸	۵/۱۹ تا ۵/۴۱	۳/۶۱ تا ۳/۸۳	۳/۸۲ تا ۴/۰۴	۴/۹۶ تا ۵/۱۸
خوب	۴/۴۴ تا ۴/۶۶	۴/۵ تا ۴/۷۲	۵/۳۲ تا ۵/۵۴	۵/۰۷ تا ۵/۲۹	۵/۰ تا ۵/۲۲	۵/۴۶ تا ۵/۶۸	۴/۵۱ تا ۴/۷۳	۴/۵۹ تا ۴/۸۱	۵/۳۲ تا ۵/۵۴
متوسط	۴/۵۱ تا ۴/۷۳	۴/۸۸ تا ۵/۱	۵/۳۴ تا ۵/۵۶	۴/۹۶ تا ۵/۱۸	۵/۰۷ تا ۵/۲۹	۵/۶۱ تا ۵/۸۳	۴/۵۹ تا ۴/۸۱	۴/۸۸ تا ۵/۱	۵/۳۴ تا ۵/۵۶
ضعیف	۵/۳۷ تا ۵/۵۹	۶/۱۲ تا ۶/۳۴	۶/۶۵ تا ۶/۸۷	۶/۱۲ تا ۶/۳۴	۶/۶۵ تا ۶/۸۷	۷/۴۳ تا ۷/۶۵	۵/۳۷ تا ۵/۵۹	۶/۴۶ تا ۶/۶۸	۷/۵۳ تا ۷/۷۵
خیلی ضعیف	۶/۱۲ تا ۶/۳۴	۶/۶۵ تا ۶/۸۷	۷/۶۵ تا ۷/۸۷	۶/۶۵ تا ۶/۸۷	۷/۵۳ تا ۷/۷۵	۸/۱۶ تا ۸/۳۸	۶/۲۱ تا ۶/۴۳	۶/۷۸ تا ۷	۷/۶۵ تا ۷/۸۷

omoorepeyman.ir

جدول (۲-۷): تعیین SN برای ترافیک بین ۵،۰۰۰،۰۰۰ و ۷،۰۰۰،۰۰۰ محور ساده ۸/۲ تنی

کیفیت خاک	وضعیت آب و هوایی								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
عالی	۳/۲۲ تا ۳/۴۴	۳/۷۹ تا ۴/۰۱	۴/۷۲ تا ۴/۹۴	۳/۹۶ تا ۴/۱۸	۴/۷۲ تا ۴/۹۴	۴/۹۴تا ۵/۱۶	۳/۴۱ تا ۳/۶۳	۳/۶۱ تا ۳/۸۳	۴/۷۲ تا ۴/۹۴
خوب	۴/۲۱ تا ۴/۴۳	۴/۲۷ تا ۴/۴۹	۵/۰۷ تا ۵/۲۹	۴/۸۳ تا ۵/۰۵	۴/۷۶ تا ۴/۹۸	۵/۲۱تا ۵/۴۳	۴/۲۸ تا ۴/۵	۴/۳۶ تا ۴/۵۸	۵/۰۷ تا ۵/۲۹
متوسط	۴/۲۱ تا ۴/۴۳	۴/۶۴ تا ۴/۸۶	۵/۰۹ تا ۵/۳۱	۴/۷۲ تا ۴/۹۴	۴/۸۳ تا ۵/۰۵	۵/۳۶تا ۵/۵۸	۴/۳۶ تا ۴/۵۸	۴/۶۴ تا ۴/۸۶	۵/۰۹ تا ۵/۳۱
ضعیف	۵/۱۲ تا ۵/۳۴	۵/۸۴ تا ۶/۰۶	۶/۳۶ تا ۶/۵۸	۵/۸۴ تا ۶/۰۶	۶/۳۶ تا ۶/۵۸	۷/۱۲تا ۷/۳۴	۵/۱۲ تا ۵/۳۴	۶/۱۸ تا ۶/۴	۷/۲۲ تا ۷/۴۴
خیلی ضعیف	۵/۸۴ تا ۶/۰۶	۶/۳۶ تا ۶/۵۸	۷/۳۳ تا ۷/۵۵	۶/۳۶ تا ۶/۵۸	۷/۲۲ تا ۷/۴۴	۷/۸۲تا ۸/۰۴	۵/۹۳ تا ۶/۱۵	۶/۴۸ تا ۶/۷	۷/۳۳ تا ۷/۵۵

جدول(۲-۸): تعیین SN برای ترافیک بین ۳،۰۰۰،۰۰۰ و ۵،۰۰۰،۰۰۰ محور ساده ۸/۲ تنی

کیفیت خاک	وضعیت آب و هوایی								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
عالی	۲/۷۱ تا ۲/۹۳	۳/۱۷ تا ۳/۳۹	۳/۹۲ تا ۴/۱۴	۳/۳ تا ۳/۵۲	۳/۹۲ تا ۴/۱۴	۴/۱۱ تا ۴/۳۳	۲/۸۷ تا ۳/۰۹	۳/۰۳ تا ۳/۲۵	۳/۹۲ تا ۴/۱۴
خوب	۳/۵۱ تا ۳/۷۳	۳/۵۵ تا ۳/۷۷	۴/۲۱ تا ۴/۴۳	۴/۰۱ تا ۴/۲۳	۳/۹۶ تا ۴/۱۸	۴/۳۳ تا ۴/۵۵	۳/۵۷ تا ۳/۷۹	۳/۶۳ تا ۳/۸۵	۴/۲۱ تا ۴/۴۳
متوسط	۳/۵۷ تا ۳/۷۹	۴/۸۶ تا ۴/۰۸	۴/۲۴ تا ۴/۴۶	۳/۹۲ تا ۴/۱۴	۴/۰۱ تا ۴/۲۳	۴/۴۶ تا ۴/۶۸	۳/۶۳ تا ۳/۸۵	۳/۸۶ تا ۴/۰۸	۴/۲۴ تا ۴/۴۶
ضعیف	۴/۲۶ تا ۴/۴۸	۴/۸۷ تا ۵/۰۹	۵/۳۱ تا ۵/۵۳	۴/۸۷ تا ۵/۰۹	۵/۳۱ تا ۵/۵۳	۵/۹۶ تا ۶/۱۸	۴/۲۶ تا ۴/۴۸	۵/۱۶ تا ۵/۳۸	۶/۰۴ تا ۶/۲۶
خیلی ضعیف	۴/۸۷ تا ۵/۰۹	۵/۳۱ تا ۵/۵۳	۶/۱۴ تا ۶/۳۶	۵/۳۱ تا ۵/۵۳	۶/۰۴ تا ۶/۲۶	۶/۵۶ تا ۶/۷۸	۴/۹۵ تا ۵/۱۷	۵/۴۲ تا ۵/۶۴	۶/۱۴ تا ۶/۳۶

omoorepeyman.ir

جدول (۲-۹): تعیین SN برای ترافیک بین ۱،۰۰۰،۰۰۰و ۳،۰۰۰،۰۰۰ محور ساده ۸/۲ تنی

کیفیت خاک	وضعیت آب و هوایی								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
عالی	۲/۲۶ تا ۲/۴۸	۲/۶۵ تا ۲/۸۷	۳/۳۲ تا ۳/۵۴	۲/۷۷ تا ۲/۹۹	۳/۳۲ تا ۳/۵۴	۳/۴۸ تا ۳/۷	۲/۳۹ تا ۲/۶۱	۲/۵۳ تا ۲/۷۵	۳/۳۲ تا ۳/۵۴
خوب	۲/۹۵ تا ۳/۱۷	۲/۹۹ تا ۳/۲۱	۳/۵۷ تا ۳/۷۹	۳/۴ تا ۳/۶۲	۳/۳۵ تا ۳/۵۷	۳/۶۸ تا ۳/۹	۳/۰ تا ۳/۲۲	۳/۰۶ تا ۳/۲۸	۳/۵۷ تا ۳/۷۹
متوسط	۳/۰ تا ۳/۲۲	۳/۲۶ تا ۳/۴۸	۳/۵۹ تا ۳/۸۱	۳/۳۲ تا ۳/۵۴	۳/۴ تا ۳/۶۲	۳/۷۹ تا ۴/۰۱	۳/۰۷ تا ۳/۲۹	۳/۲۶ تا ۳/۴۸	۳/۵۹ تا ۳/۸۱
ضعیف	۳/۶۱ تا ۳/۸۳	۴/۱۶ تا ۴/۳۸	۴/۵۶ تا ۴/۷۸	۴/۱۶ تا ۴/۳۸	۴/۵۶ تا ۴/۷۸	۵/۱۴ تا ۵/۳۶	۳/۶۱ تا ۳/۸۳	۴/۴۲ تا ۴/۶۴	۵/۲۲تا ۵/۴۴
خیلی ضعیف	۴/۱۶ تا ۴/۳۸	۴/۵۶ تا ۴/۷۸	۵/۳۱ تا ۵/۵۳	۴/۵۶ تا ۴/۷۸	۵/۲۲ تا ۵/۴۴	۵/۶۸ تا ۵/۹	۴/۲۳ تا ۴/۴۵	۴/۶۵ تا ۴/۸۷	۵/۳۱ تا ۵/۵۳

جدول (۲-۱۰): تعیین SN برای ترافیک بین ۵۰۰،۰۰۰ و ۱،۰۰۰،۰۰۰ محور ساده ۸/۲ تنی

کیفیت خاک	وضعیت آب و هوایی								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
عالی	۲/۰ تا ۲/۲۱	۲/۳۶ تا ۲/۵۷	۲/۹۷ تا ۳/۱۸	۲/۴۴ تا ۲/۶۵	۲/۹۷ تا ۳/۱۸	۳/۱۲ تا ۳/۳۳	۲/۱۳ تا ۲/۳۴	۲/۲۵ تا ۲/۴۶	۲/۹۷ تا ۳/۱۸
خوب	۲/۶۴ تا ۲/۸۵	۲/۶۷ تا ۲/۸۸	۳/۲۱ تا ۳/۴۲	۳/۰۴ تا ۳/۲۵	۳/۰ تا ۳/۲۱	۳/۳ تا ۳/۵۱	۲/۶۸ تا ۲/۸۹	۲/۷۳ تا ۲/۹۴	۳/۲۱ تا ۳/۴۲
متوسط	۲/۶۸ تا ۲/۸۹	۲/۹۲ تا ۳/۱۳	۳/۲۳ تا ۳/۴۴	۲/۹۷ تا ۳/۱۸	۳/۰۴ تا ۳/۲۵	۳/۴۱ تا ۳/۶۲	۲/۷۳ تا ۲/۹۴	۲/۹۲ تا ۳/۱۳	۳/۲۳ تا ۳/۴۴
ضعیف	۳/۲۵ تا ۳/۴۶	۳/۷۵ تا ۳/۹۶	۴/۱۲ تا ۴/۳۳	۳/۷۵ تا ۳/۹۶	۴/۱۲ تا ۴/۳۳	۴/۶۷ تا ۴/۸۸	۳/۲۵ تا ۳/۴۶	۳/۹۹ تا ۴/۲	۴/۷۴ تا ۴/۹۵
خیلی ضعیف	۳/۷۵ تا ۳/۹۶	۴/۱۲ تا ۴/۳۳	۴/۸۳ تا ۵/۰۴	۴/۱۲ تا ۴/۳۳	۴/۷۴ تا ۴/۹۵	۵/۱۸ تا ۵/۳۹	۳/۸۲ تا ۴/۰۳	۴/۲۱ تا ۴/۴۲	۴/۸۳تا ۵/۰۴

omoorepeyman.ir

جدول (۲-۱۱): تعیین SN برای ترافیک بین ۱۰۰،۰۰۰ و ۵۰۰،۰۰۰ محور ساده ۸/۲ تنی

کیفیت خاک	وضعیت آب و هوایی								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
عالی	۱/۵۱ تا ۱/۷۲	۱/۸۳ تا ۲/۰۴	۲/۴۱ تا ۲/۶۲	۱/۹۳ تا ۲/۱۴	۲/۴۱ تا ۲/۶۲	۲/۵۶ تا ۲/۷۷	۱/۶۲ تا ۱/۸۳	۱/۷۳ تا ۱/۹۴	۲/۴۱ تا ۲/۶۲
خوب	۲/۰۸ تا ۲/۲۹	۲/۱۲ تا ۲/۳۳	۲/۶۵ تا ۲/۸۶	۲/۴۸ تا ۲/۶۹	۲/۴۴ تا ۲/۶۵	۲/۷۶ تا ۲/۹۷	۲/۱۳ تا ۲/۳۴	۲/۱۸ تا ۲/۳۹	۲/۶۵ تا ۲/۸۶
متوسط	۲/۱۳ تا ۲/۳۴	۲/۳۶ تا ۲/۵۷	۲/۶۷ تا ۲/۸۸	۲/۴۱ تا ۲/۶۲	۲/۴۸ تا ۲/۶۹	۲/۸۷ تا ۳/۰۸	۲/۱۸ تا ۲/۳۹	۲/۳۶ تا ۲/۵۷	۲/۶۷ تا ۲/۸۸
ضعیف	۲/۶۹ تا ۲/۹	۳/۲۶ تا ۳/۴۷	۳/۷ تا ۳/۹۱	۳/۲۶ تا ۳/۴۷	۳/۷ تا ۳/۹۱	۴/۳۴ تا ۴/۵۵	۲/۶۹ تا ۲/۹	۳/۵۵ تا ۳/۷۶	۴/۴۲ تا ۴/۶۳
خیلی ضعیف	۳/۲۶ تا ۳/۴۷	۳/۷ تا ۳/۹۱	۴/۵۲ تا ۴/۷۳	۳/۷ تا ۳/۹۱	۴/۴۲ تا ۴/۶۳	۴/۹۲تا ۵/۱۳	۳/۳۴ تا ۳/۵۵	۳/۸ تا ۴/۰۱	۴/۵۲ تا ۴/۷۳

جدول (۲-۱۲): تعیین SN برای ترافیک بین ۵۰،۰۰۰ و ۱۰۰،۰۰۰ محور ساده ۸/۲ تنی

کیفیت خاک	وضعیت آب و هوایی								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
عالی	۱/۳۱ تا ۱/۵۲	۱/۶ تا ۱/۸۱	۲/۱ تا ۲/۳۱	۱/۶۸ تا ۱/۸۹	۲/۱ تا ۲/۳۱	۲/۲۳ تا ۲/۴۴	۱/۴۱ تا ۱/۶۲	۱/۵۱ تا ۱/۷۲	۲/۱ تا ۲/۳۱
خوب	۱/۸۲ تا ۲/۰۳	۱/۸۵ تا ۲/۰۶	۲/۳۱ تا ۲/۵۲	۲/۱۷ تا ۲/۳۸	۲/۱۳ تا ۲/۳۴	۲/۴ تا ۲/۶۱	۱/۸۶ تا ۲/۰۷	۱/۹ تا ۲/۱۱	۲/۳۱ تا ۲/۵۲
متوسط	۱/۸۶ تا ۲/۰۷	۲/۰۶ تا ۲/۲۷	۲/۳۳ تا ۲/۵۴	۲/۱ تا ۲/۳۱	۲/۱۷ تا ۲/۳۸	۲/۵ تا ۲/۷۱	۱/۹ تا ۲/۱۱	۲/۰۶ تا ۲/۲۷	۲/۳۳ تا ۲/۵۴
ضعیف	۲/۳۴ تا ۲/۵۵	۲/۸۳ تا ۳/۰۴	۳/۲۲ تا ۳/۴۳	۲/۸۳ تا ۳/۰۴	۳/۲۲ تا ۳/۴۳	۳/۸۲ تا ۴/۰۳	۲/۳۴ تا ۲/۵۵	۳/۰۸ تا ۳/۲۹	۳/۹ تا ۴/۱۱
خیلی ضعیف	۲/۸۳ تا ۳/۰۴	۳/۲۲ تا ۳/۴۳	۴/۰ تا ۴/۲۱	۳/۲۲ تا ۳/۴۳	۳/۹ تا ۴/۱۱	۴/۳۸ تا ۴/۵۹	۲/۹ تا ۳/۱۱	۳/۳۲ تا ۳/۵۳	۴/۰ تا ۴/۲۱

omoorepeyman.ir

جدول (۲-۱۳): تعیین SN برای ترافیک کمتر از ۵۰،۰۰۰ محور ساده ۸/۲ تنی

	وضعیت آب و هوایی								
کیفیت خاک	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
عالی	۱/۳ تا ۱/۵۱	۱/۵۹ تا ۱/۸۰	۲/۰۹ تا ۲/۳	۱/۶۷ تا ۱/۸۸	۲/۰۹ تا ۲/۳	۲/۲۲ تا ۲/۴۳	۱/۴ تا ۱/۶۱	۱/۵ تا ۱/۷۱	۲/۰۹ تا ۲/۳
خوب	۱/۸۱ تا ۲/۰۲	۱/۸۴ تا ۲/۰۵	۲/۳ تا ۲/۵۱	۲/۱۶ تا ۲/۳۷	۲/۱۲ تا ۲/۳۳	۲/۳۹ تا ۲/۶	۱/۸۵ تا ۲/۰۶	۱/۸۹ تا ۲/۱	۲/۳ تا ۲/۵۱
متوسط	۱/۸۵ تا ۲/۰۶	۲/۰۵ تا ۲/۲۶	۲/۳۲ تا ۲/۵۳	۲/۰۹ تا ۲/۳	۲/۱۶ تا ۲/۳۷	۲/۴۹ تا ۲/۷	۱/۸۹ تا ۲/۱	۲/۰۵ تا ۲/۲۶	۲/۳۲ تا ۲/۵۳
ضعیف	۲/۳۳ تا ۲/۵۴	۲/۸۲ تا ۳/۰۳	۳/۲۱ تا ۳/۴۲	۲/۸۲ تا ۳/۰۳	۳/۲۱ تا ۳/۴۲	۳/۸۱ تا ۴/۰۲	۲/۳۳ تا ۲/۵۴	۳/۰۷ تا ۳/۲۸	۳/۸۹ تا ۴/۱
خیلی ضعیف	۲/۸۲ تا ۳/۰۳	۳/۲۱ تا ۳/۴۲	۳/۹۹ تا ۴/۲	۳/۲۱ تا ۳/۴۲	۳/۸۹ تا ۴/۱۰	۴/۳۷ تا ۴/۵۸	۲/۸۹ تا ۳/۱	۳/۳۱ تا ۳/۵۲	۳/۹۹ تا ۴/۲

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل سوم

خرابی‌های روسازی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

مقدمه

روسازی‌ها اگرچه از نظر ظاهری سازه‌های ساده‌ای به نظر می‌رسند لیکن سیستم طرح آنها در مقایسه با سایر سازه‌های مهندسی عمران از دشواری‌های بیشتری برخوردار است. در طرح روسازی‌ها مسئله خرابی ناگهانی مطرح نیست مگر آنکه روسازی بطور صحیح اجرا نشده باشد. چنانچه سازگاری ضوابط و روابط طراحی لایه‌های روسازی با سایر پارامترهای طرح روسازی برقرار باشد و ضوابط و معیارهای پذیرفته شده برای سنجش طرح اجرا شده روسازی صحیح باشند یک روسازی باید بتواند که در دوره بهره‌برداری بدون آنکه دچار خرابی زودرس شود اهداف اولیه احداث روسازی را تامین نماید. بنابراین علت یا علل بروز انواع خرابی‌های زودرس روسازی‌ها می‌تواند در اثر تغییرات در هر یک، هر دو و یا تمامی عوامل ذیل باشد :

الف: تعداد و نوع وسایل نقلیه عبوری

ب: نوع و جنس مصالح بستر و روسازی

ج: شرایط جوی

د: شرایط زهکشی

ه: کیفیت اجرا

و: ضوابط و معیارهای طرح و اجرا

ز: نگهداری

در جدول (۳-۱) انواع خرابی‌های روسازی آسفالتی برحسب عوامل ممکن خرابی طبقه‌بندی و ارائه شده است [۲]. شناخت انواع خرابیهای روسازی به همراه ویژگیها (شدت خرابی و سطح تراکم خرابی)، علت و یا علل بروز آنها این امکان را فراهم می‌سازد که مهندسین طراح و کارشناسان روسازی بتوانند اولاً بطور مستقیم وضعیت سازه‌ای روسازی را سنجش و کیفیت بهره‌برداری از آن را ارزیابی نموده و ثانیاً موثرترین استراتژی (گزینه) ترمیم و نگهداری روسازی را انتخاب نمایند. به همین منظور در این بخش از گزارش انواع خرابیهای متداول روسازی‌های آسفالتی و شنی به همراه ویژگی‌ها (شدت و سطح تراکم خرابی) و علت یا علل بوجود آمدن آنها شرح داده شده می‌شود [۱۳]:

جدول (۳-۱) : انواع متداول خرابی در روسازیهای آسفالتی [۲]

نوع خرابی	سازه‌ای	عملکردی	ناشی از بارگذاری	سایر
ترک‌های پوست سوسماری یا ترک‌های ناشی از خستگی	*		*	
قیر زدگی		*		*
ترک‌های موزاییکی یا بلوکی	*			*
موج زدگی		*		*
فرورفتگی یا نشست موضعی		*		*

نوع خرابی | سازه‌ای | عملکردی | ناشی از بارگذاری | سایر

omoorepeyman.ir

ترک‌های منعکس شده از درز دال‌های بتن سیمانی	*			*
پایین افتادگی شانه (نسبت به سواره‌رو)		*		*
جدایی شانه از سواره‌رو		*		*
ترک خوردگی طولی و عرضی	*			*
وصله و کنده کاری	*	*	*	
صیقلی شدن دانه‌ها		*	* *	
چاله	*	*	*	
بیرون زدن آب (پمپاژ)	*	*	*	*
هوازدگی و شن‌زدگی		*		*
شیار شدن مسیر چرخ‌ها		*	*	
ترک خوردگی لغزشی	*		*	
تورم	*	*		*

*ساییدگی در اثر عبور چرخ

۳-۱-کیفیت سواری‌دهی

در هنگام بررسی خرابی، باید کیفیت سواری‌دهی روسازی نیز مورد ارزیابی قرار گیرد تا بتوان سطح شدت برخی از خرابیها نظیر موج‌زدگی و دست‌انداز در گذرگاه راه‌آهن را نیز تعیین نمود. به منظور تعیین درجه و کیفیت سواری‌دهی روسازی می‌توان از رهنمودهای کلی ذیل استفاده نمود [۱۳و۱۵]:

۱- شدت کم (L): لرزش وسیله‌نقلیه (مثلاً در اثر موج یا دست‌انداز) قابل توجه است ولی کاهش سرعت به منظور تامین راحتی یا ایمنی ضرورتی ندارد. برخی برآمدگی‌ها یا نشست‌های موضعی و یا فقط یک دست‌انداز تنها ممکن است باعث شوند وسیله‌نقلیه قدری پرش داشته باشد لیکن این مسئله ایجاد ناراحتی نکند در این صورت شدت تاثیر این عوارض بر سواری‌دهی کم محسوب می‌شود.

۲- شدت متوسط (M): لرزش وسیله‌نقلیه قابل توجه بوده و کاستن از سرعت بمقدار کم برای افزایش ایمنی و راحتی ضرورت دارد. برآمدگی‌ها یا نشست‌های موضعی و دست اندازها ممکن است باعث شوند وسیله‌نقلیه بنحو قابل توجهی پرش داشته باشد و باعث ایجاد ناراحتی سرنشینان وسیله‌نقلیه شود، در این صورت شدت تاثیر عوارض بر کیفیت سواری‌دهی متوسط در نظر گرفته می‌شود.

۳- شدت زیاد (H): لرزش وسیله‌نقلیه به قدری زیاد است که باید به دلایل ایمنی و راحتی، سرعت وسیله‌نقلیه به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا کند. برآمدگی‌ها یا نشست‌های موضعی و یا دست اندازها ممکن است باعث شوند وسیله‌نقلیه بیش از حد پرش داشته و کنترل آن دشوار شود، بنحوی که ناراحتی و نا امنی برای سرنشینان وسیله ایجاد شده و آسیب‌دیدگی وسیله نقلیه محتمل باشد.

omoorepeyman.ir

کیفیت سواری را با سوار شدن در یک اتومبیل (سواری متعارف در کشور) که با سرعت حد (سرعت مجاز تابلوی معبر) در طول قطعه روسازی حرکت می‌کند تعیین می‌نمایند. سرعت حرکت برای ارزیابی و درجه‌بندی قطعات روسازی که در تقاطع‌ها و یا در نزدیکی تابلوهای ایست قرار دارند، سرعت متعارفی است که عموم رانندگان برای ترمزگیری و توقف وسیله‌نقلیه در تقاطع معمول می‌دانند.

۳-۲- تعریف خرابی‌ها

در این بخش انواع خرابی‌های متداول رویه‌های آسفالتی به همراه علل وقوع آنها و روش‌های ترمیم و اصلاح این‌گونه خرابیها تشریح می‌شوند. روشهای ترمیم و اصلاح خرابی‌هایی که در این بخش ارائه می‌شوند برای انواع رویه‌های آسفالتی اعم از آسفالت سرد (شامل آسفالت سطحی و درجا) و گرم (شامل رویه‌های تمام آسفالتی) کاربرد دارند.

در حال حاضر روش متداول در ایران برای اجرای رویه‌های آسفالتی آن است که قشر رویه آسفالتی بر روی لایه‌ای از مصالح سنگ شکسته موسوم به اساس (طبق ضوابط و مشخصات مندرج در نشریه شماره ۱۰۱ سازمان برنامه و بودجه) [۱۴] که ممکن است از معادن کوهی، رودخانه‌ای و یا مخلوطی از آنها تهیه و دانه‌بندی شده باشد اجرا گردد. چنانچه قشر اساس بطور اصولی طرح و اجرا شده باشد و شرایط زهکشی مناسب نیز فراهم باشد انتظار می‌رود که خرابی‌های ظاهر شده در سطح آسفالت بدلیل ضعف لایه اساس نباشد. عدم تراکم کافی لایه‌های روسازی نیز عامل بعضی از خرابی‌های روسازی‌های آسفالتی منجمله ترک‌های پوست سوسماری، نشست‌های موضعی و گودافتادگی در مسیر عبور چرخ‌ها می‌باشد که در هنگام بازرسی و ارزیابی وضعیت روسازی باید به این مطلب توجه شود تا در صورت لزوم با حفاری بیشتر محل خرابی (تا حصول لایه سفت و سالم) و در صورت لزوم تامین لایه زهکش بتوان با وصله عمقی محل خرابی را بطور اصولی ترمیم نمود. راهکار اصولی برای نحوه ترمیم صحیح هر نوع خرابی آن است که عامل (عوامل) یا علت (علل) بروز خرابی مشخص و شناخته شود. علی‌ای‌حال قبل از اینکه تصمیم گرفته شود که چه نوع مرمتی برای رفع خرابی یک روسازی لازم است ابتدا باید علت یا علل بروز خرابی مشخص شود. چنانچه علت خرابی کافی نبودن قدرت باربری روسازی باشد لکه‌گیری روسازی یک راه حل اصولی نبوده و در این‌گونه موارد باید بعد از لکه‌گیری و اصلاح ناحیه خراب شده با روکش کردن ظرفیت باربری روسازی افزایش داده شود. از طرف دیگر اگر علت خرابی روسازی وجود قسمتهای ضعیف موضعی باشد در این صورت باید این قسمتها اصلاح شوند و معمولاً احتیاجی به تقویت تمام روسازی نیست. با عنایت به مطالب فوق و قبل از آنکه به تعریف و تشریح انواع خرابیهای متداول رویه‌های آسفالتی پرداخته شود، مراحل اجرایی پر کردن چاله‌ها، وصله سطحی و وصله عمقی و نحوه پر کردن ترک‌ها که رعایت آنها الزامی است توضیح داده می‌شود.

omoorepeyman.ir

۳-۲-۱- پر کردن چاله‌ها:

پر کردن چاله‌ها شامل مراحل زیر می‌شود:

الف: کناره‌های چاله باید به صورت عمودی کنده و کف چاله تا حصول لایه سفت و سالم حفاری شود.

ب: چاله باید با استفاده از جاروب یا هوای فشرده از هر گونه مواد خارجی، آب راکد و دانه‌های مصالح سنگی سست، شل و کنده شده تمیز شود.

ج: سطح داخلی چاله شامل کف و دیواره‌ها باید قیرپاشی شود.

د: پر کردن چاله باید با مخلوط بتن آسفالتی انجام شود.

ه: کوبیدن و متراکم کردن مخلوط باید با تخماق‌های دستی یا غلطک (ویبره یا استاتیکی) بخوبی انجام شود بطوری که سطح نهایی تمام شده هم‌سطح روسازی قسمتهای مجاور شود.

۳-۲-۲- وصله سطحی (پاره کم عمق) :

انجام وصله سطحی شامل مراحل زیر می‌شود:

الف: خط‌کشی و بریدن قسمت خراب شده به صورت شکل‌های منظم هندسی بطوری‌که خطوط برش حداقل ۳۰ سانتیمتر در تمام نقاط از خرابی‌ها فاصله داشته باشد. دیواره‌های برش باید قائم و عمود بر سطح روسازی باشد. کف قسمت خراب شده باید تا حصول لایه سفت و سالم حفاری و برداشت شود.

ب: قسمت بریده شده باید با استفاده از جاروب یا هوای فشرده از هرگونه مواد خارجی، آب راکد و دانه‌های مصالح سنگی سست، شل و کنده شده تمیز شود.

ج: سطح داخلی قسمت بریده شده شامل کف و دیواره ها باید قیرپاشی شود.

د: پر کردن قسمت بریده شده باید با مخلوط بتن آسفالتی انجام شود.

ه: کوبیدن و متراکم کردن مخلوط باید با تخماق‌های دستی یا غلطک (ویبره یا استاتیکی) بخوبی انجام شود بطوری که سطح نهایی تمام شده همسطح روسازی قسمتهای مجاور شود.

۳-۲-۳- وصله عمقی (پاره عمقی) :

مراحل انجام وصله عمقی نظیر آنچه که در مورد وصله سطحی شرح داده شده است با این تفاوت که علاوه بر بریدن و برداشت قشر رویه آسفالتی قسمتی و یا تمام مصالح اساس و زیراساس هم برداشته می‌شود. در این حالت چنانچه وجود آب (آب‌های تحت‌الارضی و یا سطحی) و یا اشباع شدن لایه‌های زیرین آسفالت یکی از علل خرابی تشخیص داده شود، پاره عمقی علاوه بر برداشت و حذف مصالح نامرغوب قسمت خراب شده مشتمل بر تامین شرایط زهکشی مناسب روسازی نیز می‌شود.

omoorepeyman.ir

۳-۲-۴- تعمیر ترک‌های با دهانه بازشدگی کمتر از ۳ میلیمتر:

نحوه مرمت ترکهای با دهانه بازشدگی کمتر از ۳ میلیمتر شامل مراحل زیر می‌شود:

الف : دهانه و عمق ترک باید با استفاده از جاروب و یا هوای فشرده از هرگونه مواد خارجی، آب راکد، دانه‌های سست، شل و کنده شده تمیز شود.

ب: ترک‌های طولی و عرضی منفرد باید با قیر مایع (امولسیون قیر یا قیر مذاب) کاملاً پر و سپس روی ترک با گرد سنگ پوشانیده شود .

ج: سطوح ترک خورده نیز باید با قیر مایع و یا اسلاری سیل قیرپاشی شود. معمولاً مقدار قیر کافی برای اینگونه سطوح ترک خورده بین ۰/۷ تا ۱/۱ لیتر قیر مایع در هر متر مربع می باشد، لیکن چنانچه به مقدار قیر بیشتری برای پر کردن ترک‌ها و پوشش سطح ترک خورده نیاز باشد باید سطح ترک خورده به مقدار کافی قیرپاشی شود.

د: بلافاصله پس از قیرپاشی باید اقدام به پخش ماسه ریزدانه حاوی گرد سنگ بر روی سطح قیرپاشی شده شود. اندازه درشت‌ترین دانه مصالح سنگی پخش شده نباید از ۶ میلیمتر بزرگتر و درصد عبوری از الک ۲۰۰ آن بیشتر از ۵ درصد باشد.

ه: پس از پخش مصالح سنگی باید اقدام به متراکم کردن مصالح پخش شده با غلطک چرخ لاستیکی شود بطوری که سطح نهایی بدست آمده پروفیله و همسطح روسازی قسمتهای مجاور شود.

۳-۲-۵- تعمیر ترک‌های با دهانه بازشدگی بیش از ۳ میلیمتر:

نحوه مرمت ترک‌های با دهانه بازشدگی بیش از ۳ میلیمتر نیز نظیر روش تعمیر ترک‌های با دهانه بازشدگی کمتر از ۳ میلیمتر است با این تفاوت که پس از تمیز کردن ترک‌ها ابتدا باید ترک‌ها را با قیر حاوی ماسه ریزدانه و گردسنگ (اندازه درشت دانه کوچکتر از ۳ میلیمتر) پر نمود.

۳-۲-۶- مرمت قیرزدگی سطوح آسفالتی :

نحوه تعمیر سطوح قیرزده شامل مراحل زیر می‌شود:

چنانچه هدف از تعمیر برطرف کردن اثر لغزشی سطوح قیرزده باشد بطریق زیر عمل شود:

الف: ابتدا یک قشر ماسه یا شن ریزدانه (اندازه درشت‌دانه نباید بزرگتر از ۹/۵ میلیمتر باشد (Chipping)) که درجه حرارت آن بین ۱۵۰ تا ۱۶۰ درجه سانتیگراد است بر روی سطح قیرزده پخش شود.

ب: بلافاصله پس از پخش با استفاده از غلطک چرخ لاستیکی باید سطح شن‌ریزی شده متراکم شود.

ج: پس از سردشدن دانه‌ها با استفاده از جاروب دانه‌های سست و شل از سطح غلطک خورده برداشته و حذف شوند.

د: در صورت نیاز مراحل الف و ب تکرار شود.

omoorepeyman.ir

چنانچه هدف مرمت اساسی سطوح قیرزده باشد بطریق زیر عمل شود:

الف: سطوح قیرزده را با استفاده از ماشین آسفالت‌تراش برداشت و سپس سطح برداشت شده را با یک قشر مخلوط آسفالتی نازک و کم قیر روکش کنید.

ب: چنانچه دستگاه آسفالت‌تراش در اختیار نباشد با استفاده از یک مشعل دستی قوی سطح قیرزده را حرارت داده و سپس مواد سوخته شده و دانه‌های سست و شل را برداشت و لکه‌گیری کنید (پاره کم عمق یا عمقی).

پس از شناخت روش‌های مرمت مناسب روسازی‌های خراب شده به بررسی انواع خرابی‌های روسازی به شرح زیر پرداخته می‌شود [۱۳ و ۲۳]:

۳-۳- انواع خرابی‌های روسازی‌های آسفالتی

در این بخش شرح خرابی‌ها، سطوح شدت و نحوه اندازه‌گیری آنها در هر واحد نمونه بازرسی (واحد نمونه بازرسی در فصل چهارم تشریح شده است) بر اساس تعاریف و تصاویر ارائه شده در مراجع ۱۳ و ۱۵ آورده شده است.

۳-۳-۱- برآمدگی و فرورفتگی

شرح خرابی

برآمدگی‌ها عبارتند از جابجایی‌های کوچک و محدود سطح روسازی به سمت بالا. تفاوت برآمدگی با چین‌خوردگی در آن است که علت چین‌خوردگی ناپایدار بودن روسازی است. از سوی دیگر برآمدگی‌ها می‌توانند علت‌های متعددی داشته باشند از جمله:

۱- کمانش یا شکم‌دادگی و یا در اثر قرارگرفتن دال‌های بتن سیمانی در زیر روکش بتن آسفالتی (که به روی روسازی بتن سیمانی اجرا شده است)

۲- تورم در اثر یخبندان (رشد عدسی‌های یخ)

۳- نفوذ و تجمع مواد در یک ترک همراه با بارگذاری ترافیکی (که در اصطلاح انگلیسی گاهی اوقات به آن tenting اطلاق می‌شود)

فرورفتگی‌ها عبارتند از جابجایی‌های کوچک و ناگهانی سطح روسازی به سمت پایین. تغییر شکلها و جابجایی‌هایی که در نواحی بزرگی از سطح روسازی بوقوع می‌پیوندند و باعث برآمدگی‌های بزرگ و یا طویلی در روسازی می‌گردند ، "تورم" نامیده می‌شوند.

سطوح شدت

L- برآمدگی یا فرورفتگی موجب کیفیت سواری با شدت کم می‌شود.

M- برآمدگی یا فرورفتگی موجب کیفیت سواری با شدت متوسط می‌شود.

omoorepeyman.ir

H- برآمدگی یا فرورفتگی موجب کیفیت سواری با شدت زیاد می‌شود.

نحوه اندازه‌گیری

مقدار برآمدگی‌ها یا فرورفتگی‌ها با قراردادن یک شمشه سه متری بر روی سطح روسازی و اندازه‌گیری افت یا خیز سطوح روسازی نسبت به سطح زیرین شمشه با یک خط کش ۳۰ سانتیمتری اندازه‌گیری می‌شود. اگر برآمدگی عمود بر امتداد جریان ترافیک باشد و به فواصل کمتر از ۳ متر به وجود بیاید، آنگاه خرابی مربوطه موج نامیده می‌شود. اگر برآمدگی با یک ترک همراه باشد، ترک مذکور نیز ثبت خواهد شد.

گزینه های تعمیر

L- هیچ اقدامی انجام ندهید.

M و H – برحسب وسعت و شدت خرابی یکی از گزینه‌های زیر انتخاب شود:

الف: با ماشین آسفالت‌تراش برآمدگی‌ها را برداشت و سپس ناحیه خراب شده را با سیل کت روکش کنید بطوری‌که محل خرابی پروفیله و هم‌سطح روسازی قسمتهای مجاور شود.

ب: پاره کم عمق یا عمقی و سپس ناحیه خراب شده را با سیل کت (Seal Coat) روکش کنید بطوریکه محل خرابی پروفیله و همسطح روسازی قسمتهای مجاور شود .

۳-۳-۲- پایین افتادگی شانه (نسبت به سواره رو)

شرح خرابی

پایین افتادگی شانه عبارت است از اختلاف ارتفاع بین لبه و شانه روسازی. این خرابی در اثر فرسایش شانه، نشست شانه و یا اجرای سواره‌رو بدون تراز کردن با سطح شانه بوقوع می‌پیوندد.

سطوح شدت

L- اختلاف ارتفاع بین لبه و شانه روسازی بین ۲۵ تا ۵۰ میلیمتر است.

M- اختلاف ارتفاع از ۵۱ تا ۱۰۰ میلیمتر است.

H- اختلاف ارتفاع بیشتر از ۱۰۰ میلیمتر است.

نحوه اندازه‌گیری

مقدار پایین افتادگی شانه در هر متر طول و با استفاده از یک خط‌کش ۳۰ سانتیمتری اندازه‌گیری می‌شود. سطوح شدت خرابی بر حسب درصد، از تقسیم تعداد اندازه‌گیری‌هایی که در هر یک از سطوح شدت تعریف شده واقع می‌شوند بر تعداد کل اندازه‌گیری‌های انجام شده ضربدر عدد ۱۰۰ بدست می‌آید.

omoorepeyman.ir

گزینه‌های تعمیر

L و M و H – تسطیح مجدد و پرکردن شانه‌ها تا سطحی که پس از تراکم با خط عبوری سواره‌رو هم تراز شود.

۳-۳-۳- ترک‌خوردگی انعکاسی درز (ناشی از دال‌های طولی و عرضی بتن سیمانی)

شرح خرابی

این خرابی بیشتر در روسازی‌های با رویه آسفالتی که بر روی دال‌های بتن سیمانی قرار دارند بوقوع می‌پیوندد. این ترک‌ها عمدتاً در اثر جابجایی ناشی از تغییر دما یا رطوبت دال بتنی در زیر رویه آسفالتی بوجود می‌آید. این خرابی ناشی از بارگذاری نیست، با این وجود بارگذاری ترافیکی ممکن است باعث ایجاد گسیختگی در رویه بتن آسفالتی در نزدیکی ترک گردد. چنانچه روسازی در امتداد یک ترک قطعه قطعه شده باشد، به ترک یک ترک پکیده یا کنده شده اطلاق می‌شود. دانستن ابعاد دال زیر رویه بتن آسفالتی به شناسایی این خرابی کمک خواهد کرد. علاوه بر موارد فوق ترک‌های انعکاسی در سطح روکش آسفالتی که بر روی روسازی‌های آسفالتی قدیمی با ترک‌های مرمت نشده ساخته می‌شوند نیز ایجاد می‌شوند.

سطوح شدت

L- یکی از شرایط زیر برقرار است:

۱- عرض ترک پرنشده کمتر از ۱۰ میلیمتر است.

۲- ترک پرشده با هر عرض که وضعیت پرشدگی رضایت بخشی داشته باشد.

M- یکی از شرایط زیر برقرار است:

۱- عرض ترک پر نشده بین ۱۰ تا ۷۶ میلیمتر است.

۲- ترک پرشده با هر عرض دلخواه تا ۷۶ میلیمتر که به وسیله ترک‌خوردگی تصادفی خفیفی احاطه شده است.

۳- ترک پرشده که بوسیله ترک‌خوردگی تصادفی خفیفی احاطه نشده است.

H- یکی از شرایط زیر برقرار است:

۱- هر ترکی اعم از پرشده یا پرنشده که به وسیله ترک‌خوردگی تصادفی با شدت متوسط یا زیاد احاطه شده است.

۲- ترک‌های پر نشده بزرگتر از ۷۶ میلیمتر.

۳- یک ترک با هر عرض دلخواه در حالیکه چند سانتیمتر از روسازی اطراف آن به شدت خرد شده است (ترک به شدت خرد شده است).

omoorepeyman.ir

نحوه اندازه‌گیری

طول ترک‌خوردگی انعکاسی درز بر حسب متر اندازه‌گیری و ثبت می‌شود. طول و سطح شدت هر ترک باید بطور جداگانه ثبت شود. بعنوان مثال ترکی که ۱۵ متر طول دارد ممکن است ۳ متر آن دارای ترک‌های با شدت زیاد باشد. اینها همه باید بطور جداگانه ثبت شوند. چنانچه در محل یک ترک انعکاسی یک برآمدگی ایجاد شده باشد آنرا نیز باید ثبت نمود.

گزینه‌های تعمیر

L- برحسب وسعت و شدت خرابی یکی از گزینه‌های زیر انتخاب شود:

الف: ترک‌های با عرض بازشدگی کمتر از ۳ میلیمتر را با قیر مایع (امولسیون) پر کنید.

ب: ترک‌های با عرض بازشدگی بیشتر از ۳ میلیمتر را با قیر حاوی ماسه و گردسنگ پر کنید.

M- پاره عمقی کنید.

H- عمقی یا بازسازی کنید .

۳-۳-۴- ترک خوردگی موزاییکی یا بلوکی

شرح خرابی

ترک‌های بلوکی نوعی ترک‌های متصل به هم هستند که روسازی را به قطعات تقریباً مربع مستطیلی شکل تقسیم می‌کنند. ابعاد این قطعات تقریباً ۰/۳ m × ۰/۳ m تا ۳ m × ۳ m است. ترک‌خوردگی بلوکی عمدتاً در اثر انقباض بتن آسفالتی و چرخه روزانه درجه حرارت (که باعث چرخه روزانه تنش / تغییر شکل نسبی می‌شود) به وجود می آید. این ترک‌خوردگی از بار ناشی نمی‌شود. ترک‌خوردگی بلوکی معمولاً نشانگر آن است که قیر به میزان قابل ملاحظه‌ای سفت شده است. این نوع ترک‌خوردگی بطور معمول در بخش بزرگی از سطح روسازی گسترده می‌شود لیکن گاهی اوقات تنها در نواحی غیرترافیکی بوقوع می‌پیوندد. تفاوت این نوع خرابی با ترک‌خوردگی پوست سوسماری در آن است که ترک‌های پوست سوسماری تکه‌های کوچک چند وجهی با لبه‌های تیز را تشکیل می‌دهند. همچنین بر خلاف ترک‌های بلوکی، ترک‌های پوست سوسماری در اثر تکرار بارگذاری ترافیکی ایجاد می‌شوند و لذا تنها در نواحی ترافیکی دیده می‌شوند (مثلاً مسیر عبور چرخها) .

سطوح شدت

L- بلوک‌ها (قطعات مربع مستطیلی شکل) به وسیله ترک‌هایی با شدت کم (ترک‌های با عرض بازشدگی کمتر از ۱۰ میلیمتر) مشخص می‌شوند.

M- بلوک‌ها (قطعات مربع مستطیلی شکل) به وسیله ترک‌هایی با شدت متوسط (ترکهای با عرض بازشدگی بین ۱۰ تا ۲۰ میلیمتر) مشخص می‌شوند.

omoorepeyman.ir

H- بلوک‌ها (قطعات مربع مستطیلی شکل) به وسیله ترک‌هایی با شدت زیاد (ترک‌های با عرض بازشدگی بیشتر از ۲۰ میلیمتر) مشخص می‌شوند.

نحوه اندازه‌گیری

مساحت ناحیه‌ای از روسازی که دارای ترک‌خوردگی بلوکی است بر حسب متر مربع اندازه‌گیری و ثبت می‌شود. این ترک‌خوردگی معمولاً در یک قطعه معین روسازی در یک سطح شدت یکسان بوقوع می‌پیوندد. با این وجود هر یک از نواحی قطعه روسازی که دارای سطح شدت دیگری باشد می‌بایست بطور جداگانه اندازه‌گیری و ثبت شود.

گزینه‌های تعمیر

L- برحسب وسعت و شدت خرابی یکی از گزینه‌های زیر انتخاب شود:

الف: پاره کم عمق یا عمقی.

ب: ترک‌های کمتر از ۱۰ میلیمتر را با قیر حاوی ماسه ریزدانه و گردسنگ (بسته به عرض بازشدگی ترک‌ها) پر کنید و سپس ناحیه اصلاح شده را با یک قشر نازک آسفالت گرم روکش کنید.

M و H- برحسب وسعت و شدت خرابی یکی از گزینه‌های زیر انتخاب شود:

الف : پاره عمقی کنید.

ب: لایه رویه آسفالتی کمتر از ۱۱ سانتیمتر را بازیافت درجا کنید.

ج: لایه رویه را برداشت و پس از کوبیدن و متراکم کردن لایه اساس سنگی ناحیه اصلاح شده را به ضخامت کافی با بتن آسفالتی روکش کنید.

د: ناحیه خراب شده را بازسازی کنید.

۳-۳-۵- ترک‌خوردگی پوست سوسماری

شرح خرابی

ترک‌خوردگی پوست سوسماری یا ترک‌خوردگی خستگی عبارت است از یک سری ترک‌های به هم متصل که در اثر گسیختگی ناشی از خستگی رویه بتن آسفالتی تحت تکرار بارگذاری ترافیکی به وجود می‌آید. این ترک خوردگی‌ها هنگامی از زیر رویه بتن آسفالتی (یا اساس تثبیت شده) آغاز می‌شود که تنش‌های کششی و تغییر شکل‌های نسبی کششی تحت بار چرخ به بالاترین مقدار خود که بیشتر از مقاومت کششی آسفالت است می‌رسند. این ترک‌ها ابتدا به صورت یک سری ترک‌های طولی موازی با یکدیگر در سطح رویه منتشر می‌شوند. آنگاه با تکرار بارگذاری ترافیکی ترک‌ها به یکدیگر متصل شده و تکه‌های چندضلعی با گوشه‌های تیز به وجود می‌آورند که به الگوی پوست سوسمار شباهت دارد. ابعاد این تکه‌ها معمولاً از ۶۰ سانتیمتر بیشتر نیست.

omoorepeyman.ir

ترک‌خوردگی پوست سوسماری تنها در نواحی بوقوع می‌پیوندد که در معرض تکرار بارگذاری ترافیکی قرار دارند همانند مسیر عبور چرخ‌ها. در نتیجه خرابی تنها زمانی کل یک منطقه را در بر خواهد گرفت که تمامی سطح مربوطه تحت بارگذاری ترافیکی قرار بگیرد. (به یک ترک خوردگی الگودار که کل یک منطقه را در بر می‌گیرد که در معرض بارگذاری قرار ندارد ترک‌خوردگی بلوکی اطلاق می‌شود که به عنوان یک خرابی ناشی از بار به حساب نمی آید.)

یکی از علل بوجود آمدن ترک‌های پوست سوسماری در تغییر شکل بیش از حد لایه‌های روسازی در اثر بارگذاری و یا خستگی بیش از حد لایه رویه آسفالتی در اثر تکرار بارهای وارده است. روسازی‌هایی که بر روی خاک‌های با مقاومت کم و با قابلیت شکل‌پذیری زیاد ساخته شوند نیز دچار این نوع خرابی می‌شوند. علاوه بر این موارد تجربه نشان داده است که عدم تراکم کافی لایه‌های اساس و زیر اساس و همچنین عدم مقاومت کافی این لایه‌ها در روسازی منجر به ترک خوردگی پوست سوسماری روسازی شده است [۹]. ترک خوردگی پوست سوسماری به عنوان یکی از خرابی‌های اصلی سازه‌ای به شمار می‌رود و معمولاً به همراه خرابی «شیار شدن یا گودافتادگی در مسیر چرخها» ظاهر می‌شود.

سطوح شدت

L- ترک‌های طولی ریز تار مویی که به موازات یکدیگر امتداد دارند و ممکن است تعداد کمی از آنها به یکدیگر متصل باشند ترک‌ها فاقد پکیدگی یا خردشدگی هستند.

M- گسترش باز هم بیشتر ترک‌های خفیف پوست سوسماری تا حد تشکیل الگو یا شبکه‌ای از ترک‌ها که ممکن است پکیدگی خفیف داشته باشند.

H- ترک‌خوردگی الگودار یا شبکه‌ای به اندازه‌ای گسترش پیدا کرده که تکه‌ها به خوبی قابل تعریف بوده و لبه‌های آنها دارای پکیدگی یا خردشدگی می‌باشند. برخی از تکه‌های روسازی ممکن است تحت بار ترافیکی از جای خود تکان بخورند .

نحوه اندازه‌گیری

مساحت ناحیه‌ای از روسازی که دارای ترک‌خوردگی پوست سوسماری است برحسب مترمربع اندازه‌گیری و ثبت می‌شود. مشکل اساسی در اندازه‌گیری این نوع خرابی عبارت است از آنکه اغلب در داخل یک ناحیه تخریب شده ۲ یا ۳ سطح شدت مختلف وجود دارند. اگر این بخش‌ها به آسانی از یکدیگر قابل تفکیک باشند آنها را می‌بایست بطور جداگانه‌ای اندازه گیری و ثبت نمود. در هر حال چنانچه نتوان سطوح شدت گوناگون را به آسانی تفکیک کرد، کل ناحیه را می‌بایست براساس بالاترین سطح شدت موجود درجه‌بندی نمود.

گزینه‌های تعمیر

L- برحسب وسعت و شدت خرابی یکی از گزینه‌های زیر انتخاب شود:

الف: ترک‌ها را با قیر مایع (امولسیون یا قیر مذاب) پر کنید.

ب: ترک‌ها را پر کنید و سپس ناحیه اصلاح شده را با سیل‌کت روکش کنید.

omoorepeyman.ir

M و H- برحسب وسعت و شدت خرابی یکی از گزینه‌های زیر انتخاب شود:

الف : پاره کم عمق یا عمقی و سپس ناحیه خراب شده را با آسفالت گرم روکش کنید.

ب : ناحیه خراب شده را بازسازی کنید .

۳-۳-۶- ترک‌خوردگی طولی و عرضی (به جز ترک‌های منعکس شده از درز دالهای بتن سیمانی)

شرح خرابی

ترک‌های طولی به موازات محور یا جهت خواب روسازی (Direction of Lay down) ظاهر می‌شوند و ممکن است ناشی از عوامل زیر باشند:

۱- اجرای نادرست درز خط عبوری.

۲- انقباض سطح رویه بتن آسفالتی در اثر درجه حرارت‌های پایین یا سفت‌شدن قیر و یا چرخه روزانه درجه حرارت.

۳- علاوه بر موارد فوق ترک‌های طولی و عرضی در روکش‌های آسفالتی اجرا شده بر روی روسازی‌های آسفالتی قدیمی یا بتنی که ترک‌های آنها مرمت نشده به صورت انعکاسی پدید می‌آیند.

ترک‌های عرضی در وسط روسازی ظاهر می‌شوند و تقریباً بطور عمود نسبت به محور وسط راه یا جهت خواب روسازی امتداد می‌یابند. این نوع ترک ها معمولاً ربطی به بارگذاری ندارند.

سطوح شدت

L- یکی از شرایط زیر برقرار است:

۱- ترک پرنشده با عرض کمتر از ۱۰ میلیمتر

۲- ترک پرشده با هر عرض دلخواه (فیلر در وضعیت مناسب)

M- یکی از شرایط زیر برقرار است:

۱- ترک پرنشده با عرض ۱۰ تا ۷۶ میلیمتر

۲- ترک پرشده با هر عرض دلخواه تا ۷۶ میلیمتر که به وسیله ترک‌خوردگی تصادفی خفیفی احاطه شده باشد.

۳- ترک پرشده با هر عرض دلخواه که به وسیله ترک خوردگی تصادفی احاطه شده باشد.

H- یکی از شرایط زیر برقرار است :

۱- هر ترکی اعم از پرشده یا پرنشده، که به وسیله ترک‌خوردگی تصادفی با شدت زیاد یا متوسط احاطه شده باشد.

۲- ترک‌های پر نشده بزرگتر از ۷۶ میلیمتر.

۳- یک ترک با هر عرض دلخواه در حالتی که چند سانتیمتر از روسازی اطراف آن به شدت خرد شده باشد.

omoorepeyman.ir

نحوه اندازه گیری

طول ترک‌های طولی و عرضی برحسب متر اندازه‌گیری و ثبت می‌شوند. طول و شدت هر ترک باید پس از شناسایی ثبت شود. اگر ترک در امتداد طول خود دارای سطوح شدت گوناگونی باشد هر بخش از آن که دارای سطح شدت دیگری است باید بطور جداگانه ثبت.شودو اگر برآمدگی یا فرورفتگی در محل ترک داشته باشیم آنرا نیز باید ثبت نماییم.

گزینه‌های تعمیر

L- برحسب وسعت و دهانه بازشدگی ترک یکی از گزینه‌های زیر انتخاب شوند:

الف: ترک‌های با عرض کمتر از ۳ میلیمتر را با قیر مایع (امولسیون) پر کنید.

ب: ترک‌های با عرض بیشتر از ۳ میلیمتر را با قیر حاوی ماسه ریزدانه و گردسنگ پر کنید.

M- پاره کم عمق یا عمیق.

H- پاره کم عمق یا عمیق.

۳-۳-۷- ترک‌خوردگی لبه

شرح خرابی

ترک‌های لبه به موازات لبه خارجی روسازی و معمولاً حدفاصل ۳۰ تا ۶۰ سانتیمتری از آن امتداد پیدا می‌کنند. سیر خرابی در اثر بارگذاری ترافیکی تسریع می‌شود و علت آن می‌تواند فقدان پایداری و استقامت برشی خاک و یا مصالح کناره‌های روسازی راه باشد. در مواردی که روسازی راه بر روی خاکریزهای بلند با شیب شیروانی زیاد و ناپایدار ساخته می‌شود و یا در مواردی که روسازی فاقد شانه است و یا اینکه شانه‌های راه بطور صحیح طرح و اجرا نشده باشند نیز این نوع خرابی بوقوع می‌پیوندد. ناحیه بین ترک و لبه روسازی چنانچه به صورت خرد شده درآمده باشد (گاهی اوقات به نسبتی که تکه‌های رویه از جای خود بیرون آمده باشند) به عنوان خرابی (شن زدگی) طبقه‌بندی می‌شوند.

سطوح شدت

L- ترک نواری به موازات محور طولی راه و به فاصله تا ۶۰ سانتیمتر از لبه خارجی روسازی، بدون خردشدگی، شکستگی و انشعابات عرضی و یا جداشدن دانه ها در امتداد لبه روسازی.

M- ترک نواری به موازات محور طولی راه و به فاصله تا ۶۰ سانتیمتر از لبه خارجی روسازی، با شکستگی و انشعابات عرضی کم تا متوسط و یا جداشدن دانه‌ها در امتداد لبه روسازی.

H- ترک نواری به موازات محور طولی راه و به فاصله تا ۶۰ سانتیمتر از لبه خارجی روسازی، همراه با خردشدگی، شکستگی و انشعابات عرضی و یا جداشدن دانه‌ها در امتداد لبه روسازی.

omoorepeyman.ir

نحوه اندازه‌گیری

ترک‌خوردگی لبه بر حسب متر و در امتداد طول راه اندازه‌گیری می‌شود.

گزینه‌های تعمیر

قبل از اقدام به تعمیر لبه ترک خورده باید مبادرت به رفع علت خرابی شود. به این ترتیب که اگر علت خرابی عدم تراکم کافی خاک کناره‌های روسازی باشد باید با متراکم کردن خاک وزن مخصوص آن را به حد لازم رساند. در صورتی که علت خرابی نبود شانه در کناره‌های روسازی باشد باید با به کار بردن مصالح مناسب اقدام به ساختن شانه‌ها شود تا کناره‌های روسازی تقویت شوند. پس از رفع علت خرابی آنگاه بر حسب وسعت و شدت خرابی یکی از گزینه‌های زیر انتخاب شوند:

L- ترک‌ها را پر کنید.

M- ترک‌ها را پر کنید یا وصله پاره عمقی کنید.

H- وصله پاره عمقی کنید.

۳-۳-۸- ترک خوردگی لغزشی

شرح خرابی

ترک‌های لغزشی به ترک‌های هلالی شکل اطلاق می‌شود. این ترک‌ها هنگامی به وجود می‌آیند که ترمزگیری یا گردش چرخها باعث لغزیدن یا تغییر شکل قشر رویه روسازی می‌شوند. این خرابی معمولاً هنگامی اتفاق می‌افتد که پیوستگی بین لایه رویه و لایه زیر آن ضعیف است. وجود موادی از قبیل گرد و خاک، روغن‌های نفتی یا آب که ممکن است به علت عدم دقت در روی سطح راه و قبل از اجرای رویه آسفالتی وجود داشته باشد می‌تواند منجر به ضعف پیوستگی لایه رویه به لایه زیرین و بوجود آمدن این نوع ترک‌ها شود. عدم اجرای اندود سطحی بین لایه آستر و لایه رویه نیز باعث فقدان چسبندگی کافی بین این دو لایه و بوجود آمدن ترک‌های لغزشی در محل‌هایی شود که نیروهای شدید افقی (ترمز کردن یا شتاب گیری) به رویه وارد می‌شوند.

سطوح شدت

L- میانگین عرض ترک کمتر از ۱۰ میلیمتر است.

M- یکی از شرایط زیر برقرار است:

۱- میانگین عرض ترک بین ۱۰ و ۳۸ میلیمتر است.

۲- ناحیه اطراف ترک به صورت تکه‌های خردشده به هم فشرده درآمده است.

H- یکی از شرایط زیر برقرار است:

۱- میانگین عرض ترک بیش از ۳۸ میلیمتر.

omoorepeyman.ir

۲- ناحیه اطراف ترک به صورت تکه‌های خردشده‌ای که به سهولت قابل جداکردن هستند در آمده است.

نحوه اندازه‌گیری

مساحت ناحیه مربوط به یک ترک لغزشی معین برحسب مترمربع اندازه‌گیری و ثبت می‌شود و براساس بالاترین سطح شدت ناحیه درجه‌بندی می‌گردد.

گزینه‌های تعمیر

L و M و H- پاره عمقی.

۳-۳-۹- نشست موضعی

شرح خرابی

نشست موضعی به مناطق محدودی از سطح روسازی اطلاق می‌شود که به صورت موضعی ارتفاع این مناطق نسبت به سطح روسازی قسمتهای مجاور خود قدری کمتر است. در بسیاری از موارد نشست‌های موضعی خفیف را نمی‌توان به راحتی تشخیص داد، مگر پس از آنکه آب ناشی از بارندگی در آنها جمع شده باشد.

در روسازی‌های خشک، محل نشست‌های موضعی به وسیله لکه‌هایی که در اثر جمع شدن آب برجای می‌مانند قابل تشخیص است. این خرابی‌ها در اثر نشست خاک بستر و یا عدم تراکم یکنواخت لایه‌های روسازی به وجود می‌آیند و باعث ایجاد برخی ناهمواری‌ها گردیده و چنانچه به اندازه کافی عمیق باشند و یا آنکه از آب باران پر شوند می‌توانند باعث ایجاد پدیده هیدروپلانینگ شوند.

سطوح شدت

حداکثر عمق نشست موضعی

L- ۱۳ تا ۲۵ میلیمتر.

M- ۲۵ تا ۵۱ میلیمتر.

H- بیشتر از ۵۱ میلیمتر.

نحوه اندازه‌گیری

نحوه اندازه‌گیری میزان نشست موضعی سطح روسازی مشابه نحوه اندازه‌گیری برآمدگی و فرورفتگی‌های سطح روسازی با استفاده از یک شمشه سه متری و یک خطکش ۳۰ سانتیمتری است. علاوه بر اندازه‌گیری حداکثر افت ناحیه نشست کرده مساحت آن نیز باید بر حسب متر مربع اندازه‌گیری و ثبت شود.

گزینه‌های تعمیر

L- پاره کم عمق.

omoorepeyman.ir

M- پاره کم عمق یا عمقی.

H- پاره کم عمق یا عمقی.

۳-۳-۱۰- تورم

شرح خرابی

تورم به برآمدگی سطح روسازی به سمت بالا اطلاق می‌شود که عبارت از یک موج بلند تدریجی با بیش از ۳ متر طول است. تورم می‌تواند همراه با ترک‌خوردگی سطحی ظاهر شود. این خرابی معمولاً در اثر یخبندان در بستر و خاک‌های قابل تورم به وجود می‌آید.

سطوح شدت

L- تورم موجب کیفیت سواری با شدت کم می‌شود. تورم‌های با شدت کم همواره به آسانی قابل مشاهده نیستند لیکن می‌توان آنها را هنگام رانندگی با سرعت مجاز بر روی قطعه روسازی تشخیص داد. به محض آنکه از روی محل تورم عبور شود یک تکان به سمت بالا بوقوع می پیوندد.

M- تورم موجب کیفیت سواری با شدت متوسط می‌شود.

H- تورم موجب کیفیت سواری با شدت زیاد می‌شود.

نحوه اندازه‌گیری

مساحت ناحیه‌ای از روسازی که سطح رویه آن متورم شده برحسب مترمربع اندازه‌گیری می‌شود.

گزینه‌های تعمیر

L- پاره کم عمق یا عمقی کنید.

M و H- برحسب وسعت و شدت خرابی یکی از گزینه‌های زیر انتخاب شود:

الف: پس از کندن و برداشت کامل مصالح قسمت متورم شده و تعویض خاک قابل تورم با مصالح مناسب پاره عمقی و سپس روکش کنید.

ب: بازسازی کنید.

۳-۳-۱۱- چاله

شرح خرابی

چاله عبارت است از یک تورفتگی کاسه‌ای شکل و کوچک در سطح روسازی که قطر آن معمولاً کمتر از ۹۰ سانتیمتر است.

omoorepeyman.ir

بطور کلی چاله‌ها دارای لبه‌هایی تیز و دیواره‌های نسبتاً عمودی در قسمت بالای سوراخ می‌باشند. روند گسترش و توسعه چاله‌ها با جمع شدن آب در داخل آنها تسریع می‌شود.

چاله‌ها هنگامی بوجود می‌آیند که تکه‌های کوچکی از سطح روسازی در اثر ساییده شدن بوسیله جریان ترافیک از سطح رویه جدا می‌شوند. در این صورت روسازی بدلیل کیفیت ضعیف مخلوط رویه، نقاط ضعیف در لایه اساس یا بستر و یا بدلیل آنکه شرایط ترک‌خوردگی پوست سوسماری با شدت زیاد حاصل شده است، همواره در معرض فروپاشی قرار داشته باشد.

چاله‌ها اغلب در زمره خرابی‌های سازه‌ای محسوب می‌شوند و نباید آنها را با دانه‌دانه شدن و هوازدگی اشتباه نمود. هنگامیکه در اثر ترک‌خوردگی پوست سوسماری با شدت زیاد در سطح روسازی سوراخ‌هایی بوجود می‌آیند آنها را باید بعنوان چاله و نه بعنوان هوازدگی طبقه‌بندی نمود.

چاله‌ها معمولاً در اواخر فصل زمستان و اوایل فصل بهار که رطوبت خاک بالا و مقاومت آن کم است بوجود می‌آیند.

سطوح شدت

سطوح شدت را برای چاله‌های به قطر کمتر از ۷۶۰ میلیمتر بر طبق جدول (۲-۳) هم براساس قطر چاله و هم بر اساس عمق چاله تعیین می‌کنند.

اگر قطر چاله بزرگتر از ۷۶۰ میلیمتر باشد آنگاه باید مساحت موردنظر برحسب مترمربع تعیین شود و بر ۰/۴۷ مترمربع تقسیم شود تا ((عدد هم ارز سوراخ‌ها)) بدست آید. چنانچه عمق چاله ۲۵ میلیمتر یا کمتر باشد باید شدت خرابی را متوسط در نظر گرفت. چنانچه عمق چاله بزرگتر از ۲۵ میلیمتر باشد شدت خرابی را زیاد درنظر می‌گیریم.

جدول (۳-۲) سطوح شدت برای چاله‌ها[۱۳]

حداکثر عمق چاله (mm)	میانگین قطر چاله (mm)		
	۱۰۲ تا ۲۰۳	۲۰۳ تا ۴۵۷	۴۵۷ تا ۷۶۲
۱۲/۷ تا ۲۵/۴	L	L	M
۲۵/۴ تا ۵۰/۸	L	M	H
بیشتر از ۵۰/۸	M	M	H

نحوه اندازه‌گیری

چاله‌ها را از طریق شمارش تعداد آنها به تفکیک شدت (کم، متوسط، زیاد) اندازه‌گیری می‌کنند و آنها را بطور جداگانه ثبت می‌نمایند.

گزینه‌های تعمیر

L- پاره کم عمق یا عمقی.

omoorepeyman.ir

M- پاره کم عمق یا عمقی.

H- پاره عمقی.

۳-۳-۱۲- شیار یا گودافتادگی در مسیر عبور چرخ‌ها

یک شیار یا گودافتادگی عبارت است از یک تورفتگی سطحی در مسیر عبور چرخها. هرچند در امتداد دیواره‌های شیار ممکن است روسازی کمی بالا آمده باشد، لیکن در بسیاری از موارد شیارها تنها پس از بارندگی هنگامی که با آب باران پر شده‌اند قابل تشخیص هستند. شیار یا گودافتادگی در مسیر عبور چرخها از تغییر شکل دائمی یکی از لایه‌ها یا بستر روسازی (معمولاً بعلت تحکیم یا حرکت جانبی مصالح در اثر بار ترافیکی) بوجود می‌آید. شیار قابل ملاحظه می‌تواند به گسیختگی سازه‌ای روسازی منجر شود.

سطوح شدت

میانگین عمق شیار:

L- ۶ تا ۱۳ میلیمتر.

M- از ۱۳ تا ۲۵ میلیمتر.

H- بیش از ۲۵ میلیمتر.

نحوه اندازه‌گیری

گودی مسیر عبور چرخ‌ها را برحسب متر مربع (طول × عرض شیار) اندازه‌گیری می‌کنند و شدت آن بوسیله اندازه‌گیری میانگین عمق شیار تعیین می‌شود. میانگین عمق شیار را می‌توان با قرار دادن یک شمشه فلزی یا چوبی بلند در عرض راه و اندازه‌گیری عمق شیار در نقاط مختلف و در طول مسیر بدست آورد.

گزینه‌های تعمیر

L و M و H- با آسفالت تراش (تراش سرد) برداشت و سپس روکش کنید.

۳-۳-۱۳- صیقلی‌شدن دانه‌ها

شرح خرابی

این خرابی در اثر تکرار بارگذاری و حرکت سایشی وسائل‌نقلیه در روسازی بوجود می‌آید. استفاده از مصالح سنگی گردگوشه یا مصالح سنگی با سختی کم و همچنین استفاده از مصالح سنگی کم دوام در آسفالت توپکا باعث تسریع در صیقلی‌شدن سطح روسازی می‌شود. هنگامی که سطح دانه‌ها بر اساس تماس با چرخ صاف شده باشد، اصطکاک آنها با لاستیک وسایل‌نقلیه بنحو قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا می‌کند. علاوه بر آن هنگامی که درصد دانه‌هایی که ارتفاع رأس آنها از سطح روسازی بیرون آمده است کم (کمتر از ۰/۸

omoorepeyman.ir

میلیمتر) باشد، بافت روسازی نمی‌تواند در هنگام ترمزگیری نقش قابل توجهی در کاهش سرعت وسیله نقلیه ایفا کند. صیقلی‌شدن دانه‌ها باید هنگامی بحساب آورده شود که بطور نسبی و در مقایسه با بررسی‌های دقیقی که قبلاً بر روی سطح آسفالت انجام شده، درصد دانه‌هایی که ارتفاع رأس آنها از سطح روسازی بیرون است کمتر باشند و دانه‌های سطح رویه بر اساس تماس با چرخ صاف شده باشند. این نوع خرابی زمانی نمایان و به اثبات می‌رسد که عدد بدست آمده در آزمایش مقاومت در برابر لغزندگی کوچک باشد و یا نسبت به ارزیابی قبلی به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته باشد.

ضریب اصطکاک سطح رویه‌های آسفالتی را می‌توان با استفاده از دستگاه آونگ انگلیسی و براساس دستورالعمل استاندارد ۳۰۳ ASTM E و یا انجام آزمایش صحرائی (Full Scale Tire) به روش ASTM E ۲۷۴ اندازه‌گیری نمود [۱۵]. این استاندارد هیچگونه کمیتی را که معرف حداقل ارزش قابل قبول برای ضریب اصطکاک طولی سطح روسازی باشد پیشنهاد و یا توصیه ننموده است لیکن تحقیقات انجام شده در تعدادی از کشورهای اروپایی نظیر سوئد، لهستان، فرانسه و ... نشان داده است که ضریب اصطکاک طولی بیشتر از ۰/۳۵ توصیف‌کننده یک سطح روسازی با زبری مناسب و ضریب اصطکاک طولی کمتر از ۰/۲ توصیف‌کننده یک سطح لغزنده می‌باشد [۱۶].

علاوه بر آن در گزارش شماره ۳۷ گروه تحقیقات و همکاری‌های ملی آمریکا حداقل عدد زبری (Skid Number (SN)) روسازی (براساس دستورالعمل ASTM E ۲۷۴) برای آزاد راه‌ها و راه‌های اصلی در سرعت ۶۵ کیلومتر بر ساعت معادل ۳۷ و برای سایر راه‌های با روسازی آسفالتی بشرح زیر توصیه شده است [۲]:

جدول (۳-۳) : حداقل عدد زبری روسازی برحسب سرعت‌های مختلف [۲]

سرعت (کیلومتر بر ساعت)	۱۵	۴۵	۸۰	۱۱۰
حداقل عدد زبری (SN)	۵۲	۴۴	۳۴	۲۹

سطوح شدت

برای شدت این خرابی هیچ درجه‌بندی خاصی تعریف نشده است. در هر صورت صیقلی‌شدن دانه‌ها را فقط هنگامی می‌توان بعنوان یک نارسایی در بررسی وضعیت روسازی وارد نمود که به سطح قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته باشد.

نحوه اندازه‌گیری

مساحت ناحیه صیقلی‌شدن دانه‌ها بر حسب مترمربع سطح رویه اندازه‌گیری و ثبت می‌شود. چنانچه سطح قیرزده بعنوان سطح صیقلی شده بحساب آورده شود دیگر نباید سطح دانه‌های صیقلی شده را در آن ناحیه لحاظ نمود. بعبارت دیگر اگر سطح صیقلی شده شامل دانه‌های صیقلی شده و سطح قیرزده باشد فقط باید یکی از این دو سطح در نظر گرفته و اندازه‌گیری شود.

omoorepeyman.ir

گزینه‌های تعمیر

L و M و H- با آسفالت تراش سطح صیقلی شده را برداشت و سپس سیل‌کت کنید.

۳-۳-۱۴- کناررفتگی (فتیله شدن) (Shoving)

شرح خرابی

فتیله‌شدن در واقع یک نوع تغییر شکل موضعی و پلاستیک آسفالت است که بر اثر جریان ترافیک و در جهت عمود بر جهت حرکت وسایل‌نقلیه اتفاق می‌افتد. هنگامی که جریان ترافیک نیروی برشی زیادی را به روسازی وارد می‌کند (نظیر شیبهای تند در مناطق گرمسیر، تقاطع‌ها و پیچ‌های تند) یک موج کوتاه ناگهانی در روسازی ایجاد می‌شود که عمدتاً به دلیل فقدان چسبندگی کافی بین لایه آستر و رویه و یا ناپایدار بودن آسفالت در هوای گرم است. این نوع خرابی در شیبهای تند که کامیون‌های با بار سنگین آهسته حرکت می‌کنند و یا در پیچ‌های تند بیشتر مشاهده می‌شود. فتیله‌شدن آسفالت بیشتر در مخلوطهای ناپایدار حاوی قیر بیش از حد مجاز، درصد ریزدانه زیاد و یا مخلوطهای حاوی دانه‌های گردگوشه، اتفاق می‌افتد. استفاده از قیرهای نرم در مناطق گرم نیز می‌تواند منجر به فتیله‌شدن آسفالت در اثر جریان ترافیک گردد [MS-10]

سطوح شدت

L- کناررفتگی (فتیله شدن) موجب کیفیت سواری با شدت کم می‌شود.

M- کناررفتگی (فتیله شدن) موجب کیفیت سواری با شدت متوسط می‌شود.

H- کناررفتگی (فتیله شدن) موجب کیفیت سواری با شدت زیاد می‌شود.

نحوه اندازه‌گیری

مساحت ناحیه فتیله‌شده روسازی را را بر حسب مترمربع سطح رویه اندازه‌گیری می‌کنند. کنار رفتگی‌هایی که در محل وصله بوقوع می‌پیوندند، هنگام ارزیابی وصله بعنوان یک خرابی جداگانه در نظر گرفته نمی‌شوند.

گزینه‌های تعمیر

L و M و H- با ماشین آسفالت تراش سطح فتیله شده را برداشت و سپس با بتن آسفالتی روکش کنید.

۳-۳-۱۵- گذرگاه راه آهن

شرح خرابی

خرابی (گذرگاه راه‌آهن) عبارت است از تورفتگی‌ها یا برآمدگی‌های اطراف یا مابین خطوط راه‌آهن در محل گذرگاه‌های راه‌آهن.

سطوح شدت

L- (گذرگاه راه‌آهن) موجب کیفیت سواری با شدت کم می‌شود.

omoorepeyman.ir

M- (گذرگاه راه‌آهن) موجب کیفیت سواری با شدت متوسط می‌شود.

H- (گذرگاه راه‌آهن) موجب کیفیت سواری با شدت زیاد می‌شود.

نحوه اندازه‌گیری

مساحت (گذرگاه راه‌آهن) برحسب مترمربع سطح رویه اندازه‌گیری می‌شود. چنانچه (گذرگاه راه‌آهن) بر کیفیت سواری تاثیری نگذارد آن را نباید بحساب بیاوریم. هرگونه برآمدگی بزرگی که بواسطه خطوط راه‌آهن ایجاد شده باشد را باید بعنوان بخشی از (گذرگاه راه‌آهن) بحساب آورد.

گزینه‌های تعمیر

L- پاره کم عمق کنید.

M- پاره کم عمق یا پاره عمقی را بکار ببرید / گذرگاه را بازسازی کنید.

H- پاره کم عمق یا پاره عمقی را بکار ببرید / گذرگاه را بازسازی کنید.

۳-۳-۱۶- قیرزدگی (روزدن قیر)

شرح خرابی

قیرزدگی به بالا آمدن و خارج شدن قسمتی از قیر مصرفی در رویه آسفالتی که در اثر جریان ترافیک بوجود می‌آید اطلاق می‌شود. رو زدن قیر باعث تشکیل لایه نازکی از قیر در سطح روسازی می‌شود که در نتیجه آن سطح قیرزده بافتی براق، انعکاس‌دهنده، صیقلی و چسبناک پیدا می‌کند. علت اصلی روزدن قیر که همواره در هوای گرم و تحت تاثیر جریان ترافیک اتفاق می‌افتد عبارتند از:

۱- وجود مقدار بیش از حد قیر در مخلوط آسفالتی

۲- کمبود فضای خالی مخلوط‌های آسفالتی

۳- کاربرد بیش از حد اندود سطحی و یا عدم عمل آوردن اندود سطحی قبل از اجرای رویه آسفالتی

۴- کاربرد بیش از حد قیر برای تعمیر ترک‌ها و خرابیهای روسازی فرسوده قدیمی قبل از اجرای روکش

از آنجائیکه فرآیند قیرزدگی در صورت سرد شدن هوا غیر قابل برگشت است، این امر بخصوص در مواقع بارندگی به سبب صیقلی بودن سطوح قیرزده ممکن است منجر به حوادث رانندگی شود.

سطوح شدت

L- قیرزدگی تنها به میزان ناچیزی صورت گرفته و فقط طی چند روز از سال قابل مشاهده است. قیر به کفش یا لاستیک وسایل نقلیه نمی‌چسبد.

M- قیرزدگی تا حدی پیش رفته است که قیر در هفته‌هایی از سال به کف کفش و لاستیک وسایل نقلیه می‌چسبد.

omoorepeyman.ir

H- شدت قیرزدگی زیاد است و قیر به میزان قابل ملاحظه‌ای حداقل در چندین هفته از سال به کف کفش و لاستیک وسایل نقلیه می چسبد.

نحوه اندازه‌گیری

ناحیه قیرزده برحسب مترمربع سطح رویه اندازه‌گیری و ثبت می‌شود. چنانچه قیرزدگی را بحساب بیاوریم صیقلی‌شدن دانه‌ها را نباید لحاظ نمائیم.

گزینه‌های تعمیر

L- بر روی سطح قیرزده ماسه یا شن ریزدانه داغ پخش و با غلطک متراکم کنید.

M و H- برحسب وسعت و شدت خرابی یکی از گزینه‌های زیر انتخاب شوند:

۱- بر روی سطوح قیرزده ماسه یا شن ریزدانه پخش و با غلطک متراکم کنید.

۲- لکه‌های قیر را سوزانده و سپس پاره کم عمق یا عمقی کنید.

۳- با ماشین آسفالت تراش سطح قیرزده را برداشته و سپس با یک لایه نازک و کم قیر روکش کنید.

۳-۳-۱۷- موج زدگی

شرح خرابی

موج‌زدگی (که به آن در اصطلاح انگلیسی Washborading و در اصطلاح آمریکایی به آن Corrugation گفته می‌شود) عبارت است از یک سری از پستی‌ها و بلندی‌هایی که به فواصل منظم معمولاً کمتر از ۳ متر از یکدیگر در امتداد روسازی ایجاد می‌شوند. امتداد پستی و بلندی‌ها بر امتداد جریان ترافیک عمود است. این نوع خرابی معمولاً تحت بار ترافیکی در اثر ناپایداری رویه یا اساس بوجود می‌آید. اگر برآمدگی‌ها به هر علتی بصورت پشت سرهم در فواصل تقریبی ۳ متر بوقوع بپیوندند، خرابی را بعنوان موج‌زدگی در نظر می‌گیرند.

سطوح شدت

L- موج‌زدگی باعث کیفیت سواری با شدت کم می‌شود.

M- موج‌زدگی باعث کیفیت سواری با شدت متوسط می‌شود.

H- موج‌زدگی باعث کیفیت سواری با شدت زیاد می‌شود.

نحوه اندازه‌گیری

مساحت ناحیه موج‌زده برحسب مترمربع سطح رویه اندازه‌گیری و ثبت می‌شود.

omoorepeyman.ir

گزینه‌های تعمیر

L- هیچ اقدامی انجام ندهید.

M- با ماشین آسفالت‌تراش پستی و بلندی‌ها را برداشته و سپس با یک قشر آسفالت نازک سطح برداشت شده را سیل‌کت کنید.

H- با ماشین آسفالت‌تراش پستی و بلندی‌ها را برداشته وسپس با بتن آسفالتی روکش کنید.

۳-۳-۱۸- وصله و کنده‌کاری

شرح خرابی

یک وصله ناحیه‌ای از روسازی است که آن را با مصالح جدید به منظور تعمیر روسازی موجود جایگزین کرده باشند. یک وصله هر چند بسیار خوب اجرا شده باشد در هنگام ارزیابی روسازی بعنوان یک نارسایی در نظر گرفته می‌شود (یک ناحیه وصله شده و یا نواحی مجاور آن معمولاً به خوبی قطعه روسازی اولیه عمل نمی‌کنند) و بطورکلی به همراه این خرابی مقداری ناهمواری نیز بوجود می‌آید.

سطوح شدت

L- وصله در وضعیت خوب و رضایت‌بخشی است. کیفیت سواری با شدت کم یا بهتر.

M- وصله به مقدار ناچیزی مضمحل شده است. کیفیت سواری با شدت متوسط.

H- وصله بشدت مضمحل شده است. کیفیت سواری با شدت زیاد. نیاز عاجل به تعویض وصله.

نحوه اندازه‌گیری

وصله پاره برحسب مترمربع سطح رویه اندازه‌گیری می‌شود. با این وجود چنانچه یک وصله پاره تنها دارای نواحی خرابی با شدت‌های گوناگون باشد این نواحی را باید بطور جداگانه اندازه‌گیری و ثبت نمود. برای مثال یک وصله پاره ۲/۵ مترمربعی ممکن است شامل یک ناحیه خراب با شدت متوسط به مساحت ۱ مترمربع و ناحیه خراب دیگری با شدت کم و به مساحت ۱/۵ مترمربع باشد. این نواحی باید بطور جداگانه ثبت شوند. حتی اگر محوطه وصله پاره شده دچار خرابی‌هایی نظیر کناررفتگی یا ترک خوردگی شده باشد در هنگام ارزیابی وضعیت روسازی واحد نمونه این خرابیها را که در داخل وصله بوجود آمده‌اند نباید ثبت نمود بلکه باید ناحیه خراب را به عنوان وصله پاره ارزیابی و ثبت نمود. از طرفی چنانچه بخش قابل ملاحظه‌ای از روسازی با پاره عمقی بازسازی و تعمیر شده باشد این بخش را نباید به عنوان یک وصله پاره تلقی و ارزیابی کرد، بلکه باید به عنوان یک روسازی نو و جدید در نظر گرفت. (مثلاً چنانچه برای رفع نقایص و خرابیهای روسازی یک تقاطع آن را بطور کامل بازسازی و اصلاح نمائیم این بخش از روسازی نباید به عنوان یک وصله پاره تلقی شود بلکه باید به عنوان یک روسازی نو در نظر گرفته شود).

omoorepeyman.ir

گزینه‌های تعمیر

L- هیچگونه اقدامی انجام ندهید.

M- وصله را تعویض کنید.

H- وصله را تعویض کنید.

۳-۳-۱۹- شن‌زدگی

شرح خرابی

شن‌زدگی عبارت است از جدا شدن و از جا در آمدن دانه‌های مصالح سنگی از آسفالت روسازی. این خرابی معمولاً از کناره‌های روسازی شروع و به طرف نقاط داخلی آسفالت پیشروی می‌کند. از جمله علل بروز این خرابی عبارتند از:

۱- اجرای رویه آسفالتی در هوای سرد یا مرطوب

۲- عدم تراکم کافی رویه‌های آسفالتی

۳- بکار بردن مصالح آلوده و یا کم دوام در لایه رویه آسفالتی

۴- کمبود میزان قیر مصرفی در مخلوط آسفالتی

۵- گرم‌کردن بیش از حد مخلوط بتن آسفالتی در هنگام پخت

علاوه بر موارد فوق نرم شدن سطح روسازی و از جا در آمدن دانه‌ها در اثر روغن‌ریزی نیز در زمره شن‌زدگی وضعیت روسازی محسوب می‌شود.

سطوح شدت

L- مصالح سنگی شروع به عریان شدن و یا اینکه قیر شروع به سائیدگی و از دست‌دادن چسبندگی و جداشدن از دانه‌های سنگی نموده است. در برخی نواحی، در سطح روسازی حفره‌هایی در حال تشکیل‌اند. در موارد روغن‌ریزی (مواردیکه دانه‌دانه شدن در اثر روغن‌ریزی اتفاق افتاده باشد)، لکه روغن قابل رویت بوده لیکن سطح روسازی سفت است و نمی‌توان سکه‌ای را به داخل آن فرو کرد.

M- مصالح سنگی نیمه عریان و بکلی سائیده شده‌اند. بافت سطحی نسبتاً ناهموار و حفره‌دار است. در موارد روغن‌ریزی، سطح روسازی نرم است و می‌توان سکه‌ای را به داخل آن فرو برد.

H- مصالح سنگی کاملاً عریان و یا اینکه چسبنده قیری بطور قابل ملاحظه‌ای سائیده و از دانه‌های سنگی جدا شده است. بافت سطحی بسیار ناهموار و بشدت حفره‌دار است. قطر نواحی حفره‌دار کمتر از ۱۰ میلیمتر و عمق آنها کمتر از ۱۳ میلیمتر است.

omoorepeyman.ir

نواحی حفره‌دار بزرگتر بعنوان چاله محسوب می‌شوند. در موارد روغن‌ریزی، چسبنده قیری خاصیت چسبندگی خود را از دست داده و دانه‌ها کنده یا شل شده‌اند.

نحوه اندازه‌گیری

مساحت ناحیه شن زده برحسب مترمربع سطح رویه اندازه‌گیری و ثبت می‌شود.

گزینه‌های تعمیر

L- برحسب وسعت و شدت خرابی یکی از گزینه‌های زیر انتخاب شوند:

الف: با استفاده از جاروب مکانیکی سطح روسازی را از مواد خارجی، آب راکد، دانه‌های سست، شل و کنده شده تمیز و سپس سطح خراب شده را با قیر امولسیون قیرپاشی کنید (معمولاً مقدار قیر امولسیون لازم برای این منظور بین ۰/۴۵ تا ۰/۷ لیتر در هر متر مربع می‌باشد).

ب: پس از تمیز کردن، سطح خراب شده را با استفاده از اسلاری سیل (Slurry Seal) روکش کنید.

M- پس از تمیزکردن، سطح خراب شده را با استفاده از اسلاری سیل یا یک لایه بتن آسفالتی نازک روکش آسفالت گرم کنید.

H- با استفاده از روش بازیافت سطح خراب شده را اصلاح کنید و یا پس از تمیز کردن با استفاده از یک لایه بتن آسفالتی نازک روکش آسفالت گرم کنید.

۳-۴- سایر خرابیها

۳-۴-۱- پمپاژ یا رو زدن آب

خرابی از نوع پمپاژ به خروج آب و مواد ریزدانه روسازی تحت فشار ناشی از بارگذاری ترافیکی از ترک‌های بوجود آمده در روسازی اطلاق می‌شود. با خروج آب، مواد ریزدانه نیز به همراه آب خارج شده و این عمل با گذشت زمان باعث تغییر دانه‌بندی مصالح و همچنین نفوذ آب به خاک بستر و کم شدن قدرت باربری روسازی خواهد شد. جمع‌شدن مواد و یا مصالح در نزدیکی ترک‌ها نشان‌دهنده پدیده پمپاژ می‌باشد. این نوع خرابی با تعداد در سطح راه سنجیده می‌شوند.

۳-۴-۲- لکه‌گیری

این نوع خرابی به هرگونه ترمیم یا اصلاح خرابی روسازی اطلاق می‌شود که بخشهایی از روسازی اولیه به دلایل مختلف برداشت و با مصالح مشابه و یا متفاوت جایگزین شده باشد. ترمیم یا اصلاحات موضعی که به منظور بهبود وضعیت روسازی بدون برداشت مصالح روسازی نیز انجام شده باشد در زمره این نوع خرابی قرار می‌گیرد.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل چهارم

روش ارزیابی و سنجش وضعیت روسازی‌ها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

مقدمه

در حال حاضر (۱۳۷۹) احداث هر کیلومتر راه در کشور (بسته به مورد) بین ۰/۲ الی ۲۰ میلیارد ریال هزینه در بر دارد که خود گویای این واقعیت است که راه‌ها از جمله سرمایه‌های عمده ملی هستند. با توجه به اقتصاد تک محصولی کشور ما (ایران) و نوسانات شدید قیمت نفت در دهه اخیر، افزایش نرخ تورم و دیگر مشکلات موجود اقتصادی در جامعه که پس از جنگ تحمیلی گریبانگیر کشور ما بوده است به نظر می‌رسد که در سالهای آینده نمی‌توان بودجه‌های کلانی را که برای راه‌سازی و گسترش راه‌های کشور ضروری است اختصاص داد. بنابراین با توجه به محدودیت‌های منابع مالی و فن‌آوری باید با صرف هزینه کمتر سعی در حفظ و نگهداری وضعیت راه‌های موجود و بهسازی آنها نمود. اغلب کشورهای صنعتی جهان که شبکه راه‌های ارتباطی خود را گسترش کافی داده و احتمالاً تکمیل نموده‌اند، عملیات حفظ و نگهداری راه‌ها را سرلوحه قرار داده‌اند و با صرف بودجه‌های کلان سعی در بهینه‌سازی این عملیات دارند.

در کشور آمریکا برنامه‌ریزی و مدیریت راه‌ها در اواخر دهه هفتاد میلادی مطرح شد و از اوایل دهه هشتاد میلادی مقارن با پیشرفت صنعت رایانه و در دسترس قرار گرفتن رایانه‌های شخصی توسعه یافت بطوری که هم اکنون علاوه بر کشور آمریکا بسیاری از کشورهای جهان نظیر کانادا، انگلستان، فرانسه، آلمان، آفریقای جنوبی، نروژ، هندوستان، تانزانیا و ... تحقیقات وسیع و گسترده‌ای را در این زمینه انجام داده‌اند [۱۷].

بدلیل آنکه مهمترین بخش از ساختمان یک راه را روسازی آن تشکیل داده است و اینکه بخش قابل توجهی از هزینه احداث یک جاده نیز به روسازی آن اختصاص دارد، تمرکز مطالعات و برنامه‌ریزی‌های مدیریت در این بخش بیشتر بوده است [۱۸].

در سیستم مدیریت روسازی راه‌ها (Pavement Management System (PMS)) که شامل کلیه فعالیت‌های مربوط به طراحی، ساخت، نگهداری، ارزیابی، ترمیم و بازسازی روسازی شبکه راه‌ها می‌شود، مدل پیش‌بینی خرابی روسازی بخش مهم و پیچیده سیستم را تشکیل می‌دهد. سیستم مدیریت روسازی مجموعه کاملی از ابزارها و روش‌ها است که علاوه بر سازمان‌دهی به شبکه روسازی‌ها به تصمیم‌گیری برای دست یافتن به استراتژی‌های موثر و اقتصادی برای حفظ و نگهداری روسازی‌ها در سطحی قابل قبول کمک می‌کند. در این سیستم سیاهه اطلاعات روسازی مهمترین جزء سیستم محسوب می‌شود، زیرا ارزیابی روسازی به منظور مرمت، تحلیل و یا بازسازی روسازی براساس اطلاعات جمع‌آوری شده از مقاطع و قسمت‌های مختلف روسازی می‌باشد. تحلیل اطلاعات بر اساس مدل‌های پیش‌بینی وضعیت روسازی انجام می‌شود.

۴-۱- مدلهای پیش‌بینی وضعیت روسازی

در سیستم مدیریت روسازی به منظور پیش‌بینی وضعیت موجود روسازی و همچنین پیش‌بینی وضعیت روسازی در آینده از مدلهای ریاضی پیش‌بینی وضعیت روسازی استفاده می‌شود. عوامل عمده‌ای نظیر بار ترافیک، عوامل محیطی، آب و هوا، سازه روسازی، نوع روسازی، خاک بستر، ترمیم‌های انجام شده، سطح نگهداری مورد نظر با توجه به اهمیت راه در شبکه راه‌های کشور، میزان اعتبارات و همچنین غیرقابل پیش‌بینی بودن اثر این عوامل بر یکدیگر و همچنین بر رفتار روسازی، عملاً ساخت مدلی را که اثر توام همه عوامل را برای ارزیابی و پیش‌بینی عملکردی روسازی میسر سازد مشکل می‌نماید. از طرف دیگر انتخاب روش اشتباه و یا تصادفی برای پیش‌بینی خرابی‌ها و یا وضعیت روسازی در هر بخش از راه ممکن است هزینه زیادی را برای سیستم مدیریت ایجاب نماید. بنا به دلایل فوق، برای دستیابی به یک روش بهینه و قابل کاربرد برای کشور در حال توسعه‌ای نظیر ایران که تهیه ماشین‌آلات

omoorepeyman.ir

و دستگاه‌های پیچیده و گران قیمت (نظیر FWD) و همچنین کاربری و استفاده از آنها بدون رفع مسائل و مشکلات ارزی و بدون حل، مسائل مربوط به تامین لوازم و قطعات یدکی تجهیزاتی که فن‌آوری آن در کشور موجود نیست و همچنین آموزش کارشناسان فنی به صورت ادواری .که با دشواری همراه است، محققین و مهندسین راه‌سازی در ایران پیشنهاد استفاده از روش‌های ساده‌ای را که امکان تعیین وضعیت و پیش‌بینی عملکرد روسازی را بدون استفاده از وسایل و تجهیزات گران قیمت و پیچیده ارزیابی میسر سازد ارائه نموده‌اند [۱۹و۲۰]. در اینگونه روش‌های ساده ارزیابی، وضعیت سازه‌ای روسازی توسط شاخصی موسوم به "شاخص وضعیت روسازی" و با استفاده از ضرایب و نمودارهایی که برای هر یک از انواع خرابی‌های محتمل روسازی‌ها تنظیم و وزن شده‌اند انجام می‌شود. برای شناخت بیشتر و آشنایی با کاربرد اینگونه روش‌های ساده ضرورت دارد که با نگرشی تازه به بررسی شناخته‌ترین و متداول‌ترین روش ارزیابی وضعیت روسازی‌ها موسوم به "نشانه خدمت روسازی (PSI)" پرداخته شود تا بتوان نقاط قوت یا ضعف کاربرد این روش رایج را ارزیابی نمود.

تا قبل از دهه شصت میلادی هیچگونه شاخص واحدی که بر اساس آن بتوان وضعیت عملکردی روسازی‌ها را ارزیابی نمود وجود نداشت [۲]. یکی از دستاوردهای آزمایش بزرگ اشتو تعریف شاخصی موسوم به "نشانه خدمت" روسازی‌ها بود که وضعیت عملکردی روسازی‌ها را برحسب میزان ترک‌های مهم سطح روسازی برحسب متر در هر نود متر مربع، میزان لکه‌گیری‌های سطح روسازی بر حسب متر مربع در هر نود متر مربع، مقدار متوسط گودی مسیر چرخ‌ها (هر دو مسیر چرخ) برحسب سانتیمتر و نهایتاً میزان ناهمواری سطح روسازی برحسب تغییرات متوسط شیب ناهمواری‌های اندازه‌گیری شده در سطح روسازی تعریف می‌نماید. نشانه خدمت روسازی که در روابط طرح اشتو نیز بعنوان یک پارامتر مهم به منظور محاسبه و تعیین ضخامت کل روسازی وارد شده است، مشخص‌کننده وضعیت روسازی در زمان ارزیابی روسازی است و اطلاعاتی در مورد گذشته و آینده روسازی و یا اینکه روسازی با چه سرعتی رو به خرابی است نمی‌دهد مگرآنکه وضعیت روسازی بطور مداوم و با یک برنامه تنظیمی بررسی شده و منحنی نمایش تغییرات این نشانه برحسب زمان رسم شود. به این ترتیب منحنی بهره‌برداری یا عملکردی روسازی نتیجه می‌شود. در اختیار داشتن منحنی عملکرد روسازی دارای سه جنبه مثبت به شرح زیر است:

۱- روند رو به خرابی روسازی را تعیین می‌نماید:

به این ترتیب چنانچه روند رو به خرابی یک روسازی سریعتر از آنچه انتظار می‌رود باشد، می‌توان علل آن را جستجو کرد و راه‌حل‌های اصلاحی را برای جلوگیری از اضمحلال زودرس روسازی اعمال نمود.

۲- اولویت مرمت و بازسازی روسازی‌ها را تعیین می‌نماید:

برحسب نوع و درجه راه می‌توان روسازی‌هایی که مرمت و بازسازی آنها از اولویت بیشتری برخوردار است مشخص نمود.

۳- اطلاعات بسیار مفید و سودمندی برای تخمین عمر باقیمانده روسازی و همچنین بهبود روش‌های طرح و اجرای روسازی‌ها در اختیار قرار می‌دهد.

نشانه خدمت روسازی در مقیاسی بین صفر (برای یک روسازی کاملاً خراب شده) تا پنج (برای یک روسازی واقعاً عالی و عاری از هرگونه عیب و نقص) با استفاده از رابطه (۴-۱) تعریف شده است [۹]:

$$PSI = 5/03 - 1/9\log(1+SV) - 0/01\left(\frac{C}{0/3}+\frac{P}{0/09}\right)^{\frac{1}{2}} - 1/38\left(\frac{\overline{RD}}{2/5}\right)^2 \qquad (۴-۱)$$

که در آن:

omoorepeyman.ir

PSI- نشانه خدمت روسازی در زمان بررسی

SV- میزان ناهمواری سطح روسازی برحسب تغییرات شیب

C- میزان ترک‌های مهم روسازی برحسب متر در هر نود و سه متر مربع

P- میزان لکه‌گیری‌های سطح روسازی بر حسب متر مربع در هر نود و سه متر مربع

$\overline{RD}$ - مقدار متوسط گودی مسیر چرخ‌ها بر حسب سانتیمتر

تعیین مقدار SV با استفاده از دستگاه‌هایی نظیر ناهمواری‌سنج میز (Mays Ride Meter) یا ناهمواری‌سنج پُرد (PURD) (Portable Universal Roughness Device) و یا دستگاه آرَن (ARAN) (Automatic Road Analyzer) قابل اندازه‌گیری است و برای اندازه‌گیری میزان افت و خیز یا تغییر شکل‌های روسازی بایستی از دستگاه‌ها و وسایلی نظیر تیر بنکلمن، دفلکتومتر، دایناflکت و یا دستگاه FWD (Falling Weight Deflectometer) استفاده نمود.

از کاستی‌های روش تعیین وضعیت روسازی (نشانه خدمت روسازی) با استفاده از رابطه (۱-۴) آن است که:

۱- براساس استنتاج توام گروهی از متخصصین و استفاده‌کنندگان از راه تدوین شده است که متعلق به چهاردهه پیش بوده‌اند. استنباط عمومی از بهره‌برداری از روسازی درحال حاضر با توجه به روند روبه بهبود فن‌آوریها در زمینه ساخت و تولید وسایل‌نقلیه، طرح هندسی راه‌ها، کیفیت روسازی‌ها و ایمنی با توجه به سرعت رو به رشد وسایل نقلیه به احتمال قوی متفاوت با چهل سال پیش می‌باشد.

۲- برای ارزیابی وضعیت روسازی و تعیین شاخص PSI شرایط کیفی رانندگی با سرعت متعارف آن زمان (چهل سال پیش) با میزان و شدت خرابی‌های اندازه‌گیری شده با وسایل و روشهای مخصوص آن دوره مرتبط شده است. امروزه در سیستم مدیریت روسازی‌ها به منظور بهینه‌سازی مخارج و هزینه‌ها و همچنین تدوین برنامه‌های کاری مرمت و بهسازی روسازی‌ها توصیه می‌شود که اطلاعات مربوط به وضعیت روسازی‌ها که به طرق مختلف جمع‌آوری شده‌اند (نظیر شرایط کیفی رانندگی و یا اندازه‌گیری فیزیکی خرابی‌ها) در بانک‌های اطلاعاتی چندگانه ذخیره‌سازی شوند تا به این ترتیب بتوان نیازهای عمومی استفاده‌کنندگان از سیستم روسازی را بنحو مقتضی و در اسرع وقت تامین نمود. نشانه خدمت روسازی این چنین خواسته‌های مدیریتی را تامین نمی‌نماید.

۳- علی‌رغم آنکه محاسبه PSI براساس اندازه‌گیری فیزیکی خرابی‌های سطحی روسازی (نظیر شیار رد مسیر عبور چرخ‌ها، ترک‌ها و سطح وصله‌کاری‌ها و ...) انجام می‌شود لیکن بررسی‌های دقیق نشان داده است که تغییرات این پارامتر (PSI) بیشتر وابسته به وضعیت نیمرخ طولی روسازی (پستی و بلندی روسازی) است تا وضعیت عمومی خرابی‌های روسازی. در این بررسی‌ها مشخص شده است که افزایش حجم نمونه‌های آماری با احتساب خرابی‌های بیشتر باعث شده است که ضریب همبستگی رابطه (۱-۴) تنها به مقدار ۵ درصد در جهت بهبود تغییر کند. به همین دلیل (سهم اندک خرابی‌های فیزیکی و سطحی در تخمین PSI و همچنین مشکلات تهیه و تامین اطلاعات آماری مربوط به شرایط و وضعیت فیزیکی خرابی‌ها) اکثر سازمان‌ها و ادارات راه در کشورهای پیشرفته فقط اطلاعات جمع‌آوری شده از دستگاه نیمرخ‌سنج آشتو را ملاک اطمینان برای تخمین PSI قرار می‌دهند. در عصر حاضر به دلیل توسعه و پیشرفت تکنولوژی از نیمرخ‌سنج اشتو که به منظور اندازه‌گیری ناهمواری سطح روسازی‌ها برای آزمایش بزرگ اشتو ساخته و مورد استفاده قرار گرفته است عملاً هیچگونه استفاده‌ای نمی‌شود و این دستگاه بطور کامل کنار گذارده شده است. استفاده از وسایل و تجهیزات دیگر برای تعیین پارامترهای رابطه (۴-۱) منجر به انحراف نشانه خدمت روسازی از واقعیت و ایجاد خطا در تخمین این پارامتر خواهد شد.

omoorepeyman.ir

با توجه به موارد فوق بسیاری از ایالت‌های کشور آمریکا اقدام به اصلاح مدل ریاضی PSI برای تطبیق با امکانات و تجهیزات پیشرفته و بهنگام موجود در آن کشور نموده‌اند برای مثال در مدل به کار رفته در ایالت کارولینای جنوبی از رابطه (۴-۲) برای سنجش خرابی‌های مربوط به کیفیت سواری‌دهی استفاده می‌شود [۲۱]:

$$PSI = 5 \times e^{-0.18\ IRI} \qquad (۴-۲)$$

که در آن IRI نشانه ناهمواری بین‌المللی می‌باشد، نشانه ناهمواری بین‌المللی برحسب تعریف عبارت است از نسبت اندازه‌گیری ناهمواری استاندارد به اندازه‌گیری‌هایی که با استفاده از یک راه‌سنج نصب شده بر روی وسایل‌نقلیه یا تریلرها بدست می‌آید [۲۱]. نحوه اندازه‌گیری IRI در ASTM E ۱۳۶۴ بطور کامل تشریح شده است.

در ایالت نوادا نیز برای ارزیابی وضعیت کیفی روسازی راه‌های آن ایالت رابطه (۴-۱) را به شرح ذیل اصلاح و مورد استفاده قرار گرفته است [۲۲]:

$$PSI = 5 \times e^{-0.041(IRI)} - 1.38(\overline{RD})^2 - 0.03(C+P)^{\frac{1}{2}} \qquad (۴-۳)$$

استفاده از این مدل‌ها برای کشورهای در حال توسعه نظیر ایران با توجه به دلایل ذکر شده بهینه نخواهد بود. بنابراین برای آنکه بتوان وضعیت روسازی را بنحو قابل ارزیابی پیش‌بینی نمود. در این مجموعه از پارامتری موسوم به شاخص وضعیت روسازی (Pavement Condition Index (PCI)) استفاده می‌شود.

$$PCI = C - \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{mi} g(\mathbb{T}_i, S_j, D_{ij}) f(t,d) \qquad (۴-۴)$$

که در آن:

PCI- شاخص (نشانه) وضعیت روسازی

C- عدد ثابت مربوط به حداکثر مقدار در مقیاس سنجش وضعیت روسازی

(D_{ij}, S_j, D_i, g)- تابع وزن شده‌ای که وضعیت کیفی روسازی را برحسب ویژگی‌های خرابی بطور کمی کاهش می‌دهد.

T_i- نوع خرابی

S_j- شدت خرابی

D_{ij}- سطح تراکم خرابی

f(t,d)- تابع (ضریب) اصلاح برای درنظر گرفتن اثر ترکیبی (توام) خرابی‌های گوناگون روسازی که بر حسب اثر تجمعی عوامل مختلف کاهش کیفیت روسازی (t) و تعداد آنها (d) تغییر می‌کند [۲۳].

PCI ابتدا توسط گروه مهندسین ارتش آمریکا برای ارزیابی وضعیت روسازی فرودگاه‌ها پیشنهاد گردید[۱۹] که درحال حاضر مقبولیت وسیعی برای ارزیابی روسازی راه‌ها و پارکینگ‌ها بدست آورده و بعنوان یک روش استاندارد توسط بسیاری از سازمان‌ها در سرتاسر جهان از جمله انجمن آزمایش و مصالح آمریکا (ASTM) پیشنهاد شده است [۲۰].

PCI یک نشانه عددی است که مقدار آن از صفر برای یک روسازی غیرقابل استفاده تا ۱۰۰ برای یک روسازی کاملاً بی‌عیب و نقص تغییر می‌کند. در این سیستم ارزیابی درجه اضمحلال روسازی تابعی است از نوع، شدت و سطح تراکم خرابی. به دلیل تعداد زیاد وضعیت‌های ممکن همه خرابی‌های روسازی از نقطه نظر نوع، شدت و سطح تراکم، بدست آوردن یک شاخص که هر سه عامل نوع، شدت و سطح تراکم خرابی را بطور همزمان لحاظ نماید بسیار مشکل خواهد بود. برای غلبه بر این مشکل "ضرایب کاهندگی"

omoorepeyman.ir

بعنوان نوعی ضریب وزنی که میزان تاثیر هر یک از ترکیبات نوع، شدت و سطح تراکم خرابی را بر وضعیت روسازی نشان دهند ارائه شده است [۱۸].

سطوح شدت خرابی‌ها و ضرایب کاهندگی مربوطه بر اساس شناخت عمیق رفتار روسازی، آزمایش‌های صحرائی، ارزیابی دستورالعمل‌ها، تجربیات مهندسی و تعریف دقیق انواع خرابی‌ها حاصل شده‌اند بطوری که امکان تعیین یک نشانه مرکب خرابی PCIمیسر باشد.

از آنجایی که روسازی یک راه در سرتاسر طول یا سطح خود الزاماً دارای ویژگی‌های یکسانی نیست بنابراین برای تعیین PCI کل مسیر ابتدا باید روسازی به واحدهای کوچکتر برای بازرسی تقسیم شود.

در اوایل دهه هشتاد میلادی وزارت راه اُنتاریو (کشور کانادا) به منظور ارزیابی وضعیت روسازی راه‌ها و فرودگاه‌های آن کشور رابطه (۵-۴) را پیشنهاد نمود [۲۴]:

$$PCI = ۳۱/۶۳(RCI)^{\frac{۱}{۲}}\left(\frac{۲۰۵ - DMI}{۲۰۵}\right) \times K + M \qquad (۵-۴)$$

در رابطه (۴-۵)، RCI (Ride Condition Index) شاخصی است برای سنجش کیفیت رانندگی (سواری‌دهی روسازی) که مقدار آن بین عدد صفر تا ده متغیر است و از رابطه (۴-۶) و یا جدول (۴-۱) برحسب کیفیت رانندگی قابل حصول است:

جدول (۴-۱): مقادیر RCI بر حسب کیفیت سواری‌دهی [۲۴]

وضعیت رانندگی	کیفیت حرکت	شاخص ناهمواری یا RCI
ایمنی کامل	عالی-کاملاً مطلوب	۸ – ۱۰
آرامش	مطلوب	۶ – ۸
احتیاط	نامطلوب	۴ – ۶
خطرناک	بد	۲ – ۴
خیلی خطرناک	بسیار بد	۰ – ۲

$$RCI = ۶۲/۴۶ - ۷/۴۳ \log (RMSVA) \qquad (۶-۴)$$

RMSVA (Root Mean Square of Vertical Acceleration) - میانگین ریشه مربعات شتاب قائم وسیله سنجش ناهمواری یا کیفیت رانندگی و DMI (Distress Manifestation Index) نیز شاخص مرکبی از نوع، شدت و تراکم خرابی‌های روسازی است که با استفاده از رابطه (۴-۷) محاسبه می‌شود:

$$DMI = \sum_{i=1}^{n} W_i(S_i + D_i) \qquad (۷-۴)$$

که در آن:

omoorepeyman.ir

i - نوع خرابی

n - تعداد خرابی

S_i- ضریب شدت خرابی i ام (جدول (۴-۲))

D_i- ضریب وسعت خرابی i ام (جدول (۴-۳))

W_i- ضریب یا وزن خرابی i ام (جدول (۴-۴))

لازم به ذکر است که در رابطه (۴-۵) چنانچه پارامتر RCI به صورت مکانیکی توسط دستگاه (Portable Universal Roughness Device (PURD) اندازه‌گیری شود مقادیر K و M به ترتیب برابر با ۱/۰۷۷ و صفر قرار داده می‌شوند و چنانچه پارامتر RCI به صورت تجربی و احساسی (بر اساس قضاوت کارشناسان مجرب و دوره دیده روسازی) اندازه‌گیری شود مقادیر K و M به ترتیب برابر با ۰/۹۲۴ و ۸/۸۵۶ وارد معادله می‌گردند [۲۱].

جدول (۴-۲): ضرایب تعیین شدت خرابی [۲۴]

شماره خرابی	شرح کیفیت	ضریب شدت S_i
۱	خیلی ضعیف	۰/۵
۲	ضعیف	۱
۳	متوسط	۲
۴	شدید	۳
۵	خیلی شدید	۴

جدول (۴-۳): ضرایب تعیین وسعت خرابی [۲۴]

شماره خرابی	شرح وقوع خرابی (درصد)	ضریب وسعت (تراکم) D_i
۱	کمتر از ۱۰	۰/۵
۲	۱۰ تا ۳۰	۱
۳	۲۰ تا ۵۰	۲
۴	۵۰ تا ۸۰	۳
۵	بیشتر از ۸۰	۴

omoorepeyman.ir

جدول (۴-۴): انواع خرابی روسازی و ضرایب وزنی هر خرابی [۲۴]

نوع خرابی	شماره خرابی	شرح خرابی	ضریب وزنی W_i
خرابی‌های سطحی	۱	جدا شدن دانه‌های مصالح سنگی	۳
	۲	قیرزدگی	۰/۵
	۳	ناهمواری به صورت پلکانی و موج	۱
تغییرشکل‌های سطحی	۴	گودافتادگی در مسیر عبور چرخ‌ها (شیارها)	۳
	۵	نشست‌های موضعی	۳
ترک‌ها	۶	ترک‌های طولی در مسیر حرکت وسایل نقلیه	۱
	۷	ترک‌های پوست سوسماری در مسیر حرکت وسایل نقلیه	۳
	۸	ترک‌های طولی بین خطوط و محور وسط	۰/۵
	۹	ترک‌های پوست سوسماری در محور وسط	۲
	۱۰	ترک‌های لبه (برشی)	۰/۵
	۱۱	ترک‌های پوست سوسماری لبه	۱/۵
	۱۲	ترک‌های عرضی و انقباضی	۱
	۱۳	ترک‌های موزاییکی یا بلوکی	۳
	۱۴	ترک‌های مورب و هلالی	۱
	۱۵	ترک‌های مختلط	۰/۵

جذابیت استفاده از رابطه (۴-۵) در آن است که تعداد خرابی‌های بیست و هفت گانه روسازی که در روش گذشته اُنتاریو به کار رفته بود و باعث پیچیدگی مدل می‌شد پس از مطالعات انجام شده تا سال ۱۹۸۵ به پانزده نوع خرابی کاهش داده شده است [۲۴]. به این ترتیب که بعضی از این خرابی‌ها نظیر سطوح برآمده با طول موج کوتاه و پلکانی شده (Rippling) با برآمدگی‌های ناشی از فتیله آسفالت (Shoving) در هم ادغام و ترکیب شده‌اند. این روند ترکیب خرابی‌ها که موجب ارائه ضرایب خرابی مرکب اصلاح شده گردیده است بر اساس کسب تجربه بیشتر از عملکرد روسازی‌ها در دو دهه اخیر و همچنین مطالعات و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده از روسازی راه‌های مختلف توسط کارشناسان ورزیده و مجرب روسازی بوده است.

بررسی رابطه (۴-۵) نشان می‌دهد که شاخص سنجش وضعیت روسازی (PCI) علی‌رغم آنکه بستگی به کیفیت رانندگی (ریشه دوم پارامتر RCI) دارد، بستگی مستقیم به معیار مرکب خرابی‌های روسازی یعنی پارامتر DMI دارد. به عبارت دیگر نقش RCI در تعیین مقدار PCI ثانویه و آنچه تعیین‌کننده اصلی مقدار PCI است نوع، شدت و سطح تراکم خرابی‌های روسازی یعنی شاخص مرکب خرابی‌ها (DMI) است.

omoorepeyman.ir

از مطلب فوق چنین استنباط می‌شود که ارزیابی و اندازه‌گیری خرابی‌های روسازی بایستی توسط مهندسین مجرب، ورزیده، باتجربه و آموزش دیده انجام شود زیرا کمترین خطای احتمالی در محاسبه DMI می‌تواند بیشترین تاثیر یا شتاب تغییر را بر PCI داشته باشد. برای مثال چنانچه از رابطه (۴-۵) بر حسب DMI مشتق گرفته شود خواهیم داشت:

$$\Delta PCI = -0/154(RCI)^{\frac{1}{2}}.K.\Delta DMI \qquad (۸-۴)$$

با توجه به رابطه (۸-۴) چنانچه کیفیت رانندگی مطلوب باشد (سطح روسازی صاف و هموار باشد، RCI=۸) افزایش DMI به مقدار ۲/۳ واحد باعث کاهش PCI به مقدار یک واحد می‌شود. حال چنانچه کیفیت رانندگی نامطلوب باشد (سطح روسازی ناصاف و ناهموار باشد، RCI=۴) افزایش DMI به مقدار ۳/۲ واحد باعث کاهش PCI به مقدار یک واحد خواهد شد.

۴-۲-روش ارزیابی پیشنهادی

برای آنکه بتوان وضعیت یک روسازی را بنحو قابل اعتمادی پیش‌بینی نمود می‌بایست از یک سیستم درجه‌بندی عینی و قابل تکرار برای شناسایی وضعیت روسازی استفاده نمود.

روشی که در این مجموعه به منظور ارزیابی وضعیت روسازی‌ها ارائه می‌شود همان روش شاخص وضعیت روسازی (PCI) می‌باشد که توسط گروه مهندسین ارتش آمریکا پیشنهاد شده است و امکان محاسبه آن بدون استفاده از تجهیزات پیشرفته و با استفاده از تجهیزات ابتدایی نظیر متر، خط‌کش، شمشه تراز و گونیا و با در اختیار داشتن کتابچه راهنمای نحوه محاسبه PCI نیز امکان‌پذیر است[۲۳]. روش ارزیابی PCI امروزه به طور وسیعی در دنیا کاربرد پیدا نموده و توسط سازمان‌های معتبر جهانی دنیا نظیر اداره کل هوانوردی فدرال (Federal Aviation Administration (FAA)، وزارت دفاع آمریکا و بسیاری سازمان‌های دیگر در سرتاسر دنیا مورد استفاده قرار گرفته است. در عصر حاضر این روش برای ارزیابی روسازی فرودگاه‌ها به عنوان یک روش استاندارد بوسیله موسسه استاندارد آمریکا (ASTM) منتشر شده است [۱۵].

همانطور که قبلاً نیز اشاره شد PCI یک نشانه عددی است که مقدار آن از صفر برای یک روسازی غیر قابل استفاده تا ۱۰۰ برای یک روسازی کاملاً بی عیب و نقص تغییر می‌کند. محاسبه PCI بر اساس نتایج یک بررسی چشمی صورت می‌گیرد که در آن نوع، شدت و میزان یا سطح تراکم خرابی مشخص می‌شود. درجه اضمحلال روسازی تابعی است از نوع، شدت و سطح تراکم خرابی که با استفاده از ضرایب کاهندگی تعیین می‌شود.

سطوح شدت خرابی‌ها و ضرایب کاهندگی مربوطه بر اساس شناخت عمیق رفتار روسازی، تجربیات بسیاری از مهندسین، آزمایشات صحرائی و ارزیابی دستورالعمل‌ها و تعریف دقیق انواع خرابی‌ها بدست آمده‌اند بنحوی که امکان تعیین یک نشانه مرکب خرابی (PCI) بوجود آمده است.

۴-۲-۱- تقسیم شبکه راه‌ها برای ارزیابی وضعیت روسازی‌ها

سیستم راه‌ها را می‌توان بصورت شبکه (Network)، شاخه (Branch)، قطعه (Section) و واحد نمونه (Sample Unit) تقسیم نمود. در این تقسیم شبکه راه به شاخه‌ها، هر شاخه به چند قطعه و هر قطعه به چندین واحد موسوم به واحد نمونه بازرسی تقسیم می‌شود. در سیستم مدیریت روسازی این تقسیم فقط یک بار انجام می‌شود و همواره همین تقسیم‌بندی برای سال‌های آتی ملاک

omoorepeyman.ir

برنامه‌ریزی و ارزیابی روسازی‌ها قرار می‌گیرد. بنابراین تقسیم شبکه راه‌ها بایستی با در نظر گرفتن کلیه موازین و برنامه‌های کوتاه مدت و بلند مدت هر اداره یا سازمان انجام شود.

شبکه راه‌ها به مجموعه راه‌های موجود در یک سیستم اطلاق می‌شود. یک شبکه راه شامل کلیه جاده‌ها و خیابان‌ها می‌شود (در سیستم مدیریت روسازی، مدیران سطوح عالی به منظور اولویت‌بندی برنامه‌های اجرایی و تخصیص بودجه عواملی نظیر کاربری، منابع تامین مالی و حداقل استانداردهای بهره‌برداری و خدمت‌دهی را نیز برای تفکیک و تعیین شبکه راه‌های گوناگون در نظر می‌گیرند). یک شاخه بخشی از یک شبکه است که به سادگی قابل شناسایی بوده و دارای عملکرد مشخصی باشد. بعنوان مثال در نقشه‌های شهری هر خیابان یک شاخه مستقل و متمایز از شبکه راه‌های شهری محسوب می‌شود. از آنجائیکه یک شاخه نوعاً یک واحد بزرگ بوده و الزاماً در سرتاسر طول خود دارای ویژگی‌های یکسانی نیست (روسازی متغیر، ترافیک متغیر، روش ساخت متغیر و ...) احتمالاً نیازهای تعمیراتی و نگهداری در قسمتهای مختلف آن (تغییر رتبه راه) متفاوت خواهد بود. بنابراین برای تعیین اولویت‌های تعمیر و نگهداری، ضرورت دارد که هر شاخه به قطعاتی‌که دارای شرایط یکسان هستند تقسیم شود. هر شاخه حداقل از یک قطعه و در صورتی که ویژگیهای روسازی در طول شاخه تغییر کند از چندین قطعه تشکیل می‌شود.

برای تعیین PCI یک قطعه روسازی ابتدا لازم است که قطعه را به واحدهای بازرسی موسوم به واحدهای نمونه تقسیم نمود. یک واحد نمونه بخشی از یک قطعه روسازی است که فقط برای بازرسی در نظر گرفته شده باشد. برای راه‌های بدون رویه (راه‌های شنی) و راه‌های دارای رویه آسفالتی یک واحد نمونه بر طبق تعریف یک سطح (۹۰+۲۳۰) یا (۹۰-۲۳۰) متر مربعی را تشکیل می‌دهد [۳۷]. لازم به ذکر است که واحد نمونه‌ای که اندازه آن نزدیک به مقدار میانگین باشد دقیق‌تر است.

عواملی که باید به هنگام تقسیم یک شاخه به یک قطعه در نظر گرفته شوند عبارتند از:

۱- سازه روسازی

۲- حجم و شدت ترافیک

۳- تاریخچه ساخت روسازی

۴- رتبه روسازی (سرویس‌دهی روسازی)

۵- تسهیلات زهکشی و شانه‌ها

۶- وضعیت روسازی

۷- سایر ملاحظات

در ادامه هر یک از عوامل فوق به اختصار شرح داده می‌شود:

۴-۲-۲- سازه روسازی:

سازه روسازی یکی از مهمترین معیارها برای تقسیم روسازی یک شاخه به قطعات یا واحدهای نمونه بازرسی است. ترکیب سازه‌ای (ضخامت مصالح) باید در سراسر یک قطعه یکسان باشد. چنانچه اطلاعات کافی در مورد سازه روسازی در اختیار نباشد باید به سوابق ساخت مراجعه شود و در موارد تردیدآمیز با برداشت تعداد معدودی نمونه از محل و مقایسه سازه روسازی با سوابق ساخت رفع تردید نمود. همچنین برای تهیه اطلاعات و کسب اطمینان از یکنواختی سازه‌ای روسازی می‌توان اقدام به انجام آزمایش‌های غیرمخرب نیز نمود.

omoorepeyman.ir

۴-۲-۳- حجم و شدت ترافیک:

حجم و شدت بارگذاری ترافیک باید در هر قطعه از روسازی یکنواخت باشد. در وهله نخست بایستی ترافیک سنگین (کامیونها) مدنظر قرار گرفته شود زیرا اثر تخریبی کامیونها بر روسازی به مراتب بیشتر از وسایل نقلیه سبک می‌باشد.

برای باندهای عبور رفت و برگشت توصیه می‌شود که ترافیک هر باند عبور بطور جداگانه بررسی شود. به هر حال ترافیک قطعه بایستی یکنواخت باشد.

۴-۲-۴- تاریخچه ساخت:

کلیه روسازی‌هایی که در یک قطعه قرار دارند باید دارای تاریخچه یکسان باشند. روسازی‌هایی که طی دوره‌های زمانی مختلف توسط پیمانکاران مختلف یا با استفاده از مصالح و روشهای متفاوت ساخته شده‌اند را باید مشخص و در قطعات جداگانه مورد بررسی قرار داد. علاوه بر آن سطوحی که تحت تعمیرات اساسی اقرار گرفته‌اند یا وصله‌کاری شده‌اند نیز باید در قطعات مجزا بررسی شوند. تاریخچه ساخت را نیز می‌توان یکی از مهمترین ارکان تقسیم شاخه به قطعات دانست.

۴-۲-۵- رتبه روسازی (سرویس‌دهی روسازی):

چنانچه رتبه روسازی (طبقه‌بندی عملکرد روسازی) در امتداد طول مسیر تغییر کند، این موضوع نیز باید در انتخاب واحدهای نمونه مدنظر قرار گیرد (بعنوان مثال اگر نوع راه در طول شاخه تغییر کند (مثلاً از اصلی به فرعی تغییر کند) بایستی برای هر قسمت یک قطعه جدید که معرف آن قسمت از نظر نوع راه باشد تعریف شود).

۴-۲-۶- تسهیلات زهکشی و شانه‌ها:

توصیه می‌شود تمهیدات زهکشی و شانه‌سازی به نسبتی که عملکرد روسازی را تحت تاثیر قرار می‌دهند در سرتاسر قطعه بطور یکپارچه در نظر گرفته شوند. به عبارت دیگر بهتر آن است که در هر قطعه مشخصات شانه‌ها یکسان باشد (آسفالتی، شنی، پوشش گیاهی و ...). چنانچه نوع شانه راه تغییر نمود بهتر است قطعه جدیدی تعریف شود. به همین ترتیب بهتر است که شرایط و نحوه زهکشی در طول قطعه یکسان باشد.

۴-۲-۷- وضعیت روسازی:

پس از آنکه ابعاد قطعه بطور کامل تعیین گردید می‌توان با توجه به وضعیت روسازی، هر قطعه را به زیربخشهایی کوچکتر (در صورتیکه تغییرات قابل ملاحظه‌ای در وضعیت روسازی مشاهده شود) تقسیم نمود. در تقسیم قطعه به زیربخشهای کوچکتر وضعیت روسازی یک متغیر با اهمیت است زیرا کلیه عواملی که به آنها اشاره شد در ایجاد وضعیت روسازی دخیل هستند.

۴-۲-۸- سایر ملاحظات:

سازمان‌ها و ادارات مسئول بایستی با توجه به جنبه‌های اقتصادی اجرای کار نسبت به تعیین حدود و ابعاد قطعات عوامل نظارتی دوره دیده را در اختیار داشته باشند. تعیین قطعات بیش از حد کوچک برای تخمین یکنواختی سازه‌ای مستلزم تلاش بیشتر و

صرف هزینه‌های اجرایی بالاتر است. علاوه بر آن ممکن است قطعات بیش از حد کوتاه مانعی برای برنامه‌ریزی موثر جهت عملیات ترمیم و نگهداری تکاملی باشد.

چنانچه قطعه بیش از حد بزرگ در نظر گرفته شود ممکن است خصوصیات آن در سرتاسر سطح مورد نظر یک‌پارچه نباشد. علاوه بر آن انتخاب قطعات بزرگ و طولانی ممکن است باعث ایجاد غیریکنواختی سازه‌ای گردد. طول متعارف هر قطعه معمولاً بین ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر انتخاب می‌شود تا از بروز تغییرات احتمالی در طول قطعه کاسته و در ضمن مراحل بازرسی و ارزیابی سهل‌تر انجام شود. برای قطعاتی که طول آنها بیشتر از ۱۵۰۰ متر است بهتر است که این‌گونه قطعات به قطعات متعارف تقسیم شوند.

۴-۳- واحد نمونه:

واحد نمونه (Sample Unit) بخشی از یک قطعه است که به منظور بازرسی در نظر گرفته می‌شود و بایستی مبین وضعیت کلی روسازی راه باشد. طول واحد نمونه معمولاً ۳۰ متر انتخاب می‌شود. چنانچه عرض راه از ۴/۵ متر کمتر باشد می‌توان طول واحد نمونه را افزایش داد و چنانچه عرض راه بیشتر از ۱۰ متر باشد بهتر است که طول واحد نمونه کاهش داده شود. هر واحد نمونه معمولاً مساحتی در حدود ۱۵۰ تا ۳۰۰ متر مربع را شامل می‌شود. به منظور مقایسه وضعیت روسازی در گذشته با حال و یا آینده، موقعیت واحد نمونه بازرسی و همچنین مشخصات و وضعیت آن بایستی دقیقاً تعیین و برداشت شود تا در هر زمان که لازم باشد بتوان علاوه بر مقایسه وضعیت روسازی، نتیجه و همچنین کارآیی روشهای تعمیر و نگهداری را بررسی و ارزیابی نمود. علاوه بر موارد فوق در تقسیم قطعه روسازی به واحدهای نمونه باید به راحتی کار نیز توجه شود. برای مثال یک قطعه روسازی به عرض ۶/۵ متر و طول ۱۴۴۰ متر را می‌توان به واحدهای نمونه‌ای با عرض ۶/۵ متر و طول ۳۰ متر و مساحت ۱۹۵ متر تقسیم نمود. به علت طول خاص قطعه طول برخی از واحدهای نمونه می‌تواند با طول سایر واحدهای نمونه فرق داشته باشد. برای هر یک از قطعات روسازی که مورد بازرسی قرار می‌گیرند توصیه می‌شود که کروکی‌هایی که نشان دهنده ابعاد و موقعیت واحدهای نمونه باشند تهیه شود، از این کروکی‌ها می‌توان در بازرسی‌های آینده برای ارزیابی موقعیت واحدهای نمونه استفاده نمود.

بازرسی همه واحدهای نمونه در یک قطعه روسازی (بخصوص در مواردیکه قطعه بزرگ نیز باشد) زمان و تلاش قابل ملاحظه‌ای را طلب می‌نماید. بنابراین برای بازرسی باید برنامه نمونه‌برداری بنحوی تنظیم شود که بتوان با دقتی قابل قبول فقط با بازرسی تعداد محدودی نمونه در قطعه روسازی مورد نظر نشانه وضعیت روسازی را برآورد نمود. برای بازرسی روسازی در سطح شبکه بررسی تعداد محدودی نمونه در هر قطعه کفایت می‌کند ولی برای ارزیابی قطعات در سطح پروژه نیاز به نمونه‌برداری بیشتری خواهد بود.

۴-۳-۱- نحوه تعیین تعداد واحدهای نمونه:

همانطوری که قبلاً نیز اشاره شد تعداد واحدهای نمونه بازرسی بستگی به اهداف ارزیابی دارد. چنانچه هدف از ارزیابی شناخت وضعیت کلی روسازی در سطح شبکه راه باشد (به منظور تعیین بودجه و ...) در این صورت تعداد یک یا دو واحد نمونه در هر قطعه کافی است، مشروط بر آنکه واحدهای انتخابی معرف وضعیت کل قطعه باشند. چنانچه هدف از ارزیابی شناخت وضعیت روسازی در سطح پروژه باشد در این صورت تعداد بیشتری واحد نمونه بازرسی باید انتخاب شود زیرا برای ارزیابی در سطح پروژه بایستی گونه‌های

omoorepeyman.ir

مختلف مرمت و نگهداری نظیر طرح روکش اساسی یا بازسازی، تعمیر و مرمت موضعی یا پیشگیرانه، نگهداری عادی و یا ویژه مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. معمولاً برای تعیین حداقل تعداد واحدهای نمونه به منظور بازرسی از رابطه (۴-۹) استفاده می‌شود:

$$n = \left[N.s^2\right] / \left[\left(e^2 / 4\right)(N-1) + s^2\right] \qquad (۴-۹)$$

که در آن:

n – حداقل تعداد واحدهای نمونه‌ای که بایستی مورد بازرسی قرار گیرند

N – تعداد کل واحدهای نمونه در قطعه روسازی

e – خطای مجاز در برآورد PCI قطعه (که معمولاً معادل ۵ درصد در نظر گرفته می‌شود) و

s – انحراف معیار PCI در بین واحدهای نمونه قطعه می‌باشد که از رابطه (۴-۱۰) قابل حصول است.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}\left(PCI_i - \overline{PCI}\right)^2}{N-1}} \qquad (۴-۱۰)$$

که در آن:

PCI_i - شاخص سنجش وضعیت روسازی واحد نمونه i

$\overline{PCI}$ - میانگین PCI قطعه می باشد که از رابطه (۴-۱۱) بدست می‌آید:

$$\overline{PCI} = \left[\sum\left(PCI_i\right)\right] / N \qquad (۴-۱۱)$$

چنانچه تعداد کل واحدهای نمونه در یک قطعه کمتر از ۶ واحد باشد توصیه می‌شود که کلیه واحدهای نمونه مورد بازرسی قرار گیرند.

هنگامی که یک قطعه روسازی برای اولین بار مورد بررسی قرار می‌گیرد، چنانچه روسازی قطعه آسفالتی و یا شنی باشد می‌توان برای تعیین حداقل تعداد واحدهای نمونه‌ای که بایستی ارزیابی شوند، مقدار s را برابر ۱۰ در نظر گرفت. برای بازرسی‌های بعدی باید برای تعیین حداقل تعداد واحدهای نمونه قطعه از انحراف معیار واقعی که در بازرسی قبلی تعیین شده است استفاده گردد.

۴-۳-۲- نحوه انتخاب واحدهای نمونه مورد بازرسی:

توصیه می‌شود که واحدهای نمونه مورد بازرسی به فواصل مساوی در طول قطعه توزیع شوند و اولین واحد نمونه بصورت تصادفی انتخاب شود. این روش که به روش سیستماتیک تصادفی موسوم است از مراحل سه گانه زیر تشکیل می‌شود:

۱- فاصله نمونه‌برداری (i) از رابطه i=N/n بدست می‌آید که در نسبت، N تعداد کل واحدهای نمونه موجود و n حداقل تعداد واحدهای نمونه مورد بررسی می‌باشد. فاصله نمونه i باید به عدد صحیح گرد شود.

۲- به منظور بازرسی، اولین واحد نمونه به صورت تصادفی بین واحد نمونه ۱ و فاصله نمونه‌برداری (i) انتخاب می‌شود.

۳- سایر واحدهای نمونه مورد نیاز برای بررسی به ترتیب با s+i ،s+۲i و S+۳i و الی آخر مشخص می‌شوند.

برای انتخاب واحد نمونه در سطح شبکه نیز به صورت زیر عمل می‌شود:

واحدهای نمونه انتخاب شده باید معرف وضعیت کلی قطعه باشند زیرا هدف اصلی برای ارزیابی واحدهای نمونه در سطح شبکه برآورد بودجه و ارزیابی وضعیت شبکه برای بدست آوردن یک درجه‌بندی و ارزیابی منطقی با حداقل هزینه‌ها است. برای اجرای بازرسی در

omoorepeyman.ir

سطح شبکه می‌توان فقط یک واحد نمونه را مورد بررسی قرار داد. بنابراین واحد نمونه انتخاب شده باید معرف کل قطعه باشد و توصیه می‌شود که بازرس طول قطعه را با دقت طی کرده و آن را ارزیابی کند.

پس از بررسی وضعیت کلیه واحدهای نمونه انتخاب شده از نتایج مربوطه (حاصل از بازرسی) برای محاسبه PCI استفاده می‌شود. نشانه وضعیت روسازی را می‌توان به صورت دستی و یا به کمک رایانه و یا با وارد کردن اطلاعات خرابی‌ها در یک بانک اطلاعاتی و برازش داده‌ها محاسبه نمود.

یادآوری می‌شود که محاسبه PCI بر اساس ضرایب کاهندگی صورت می‌گیرد که عبارتند از ضرایب وزنی از صفر تا ۱۰۰ که تاثیر خرابی‌ها را بر وضعیت روسازی نشان می‌دهند. ضریب کاهندگی صفر نشانگر بدون اثر بودن خرابی بر روسازی و ضریب کاهندگی ۱۰۰ نشان‌دهنده یک خرابی خیلی جدی است. این ضرایب کاهندگی و منحنی‌های مربوطه بطور کامل برای رویه‌های آسفالتی و شنی به ترتیب در پیوستهای ۲ و ۳ ارائه شده‌اند.

۴-۳-۳- انتخاب واحدهای نمونه اضافی:

یکی از اشکالات اساسی در نمونه‌برداری سیستماتیک تصادفی در سطح پروژه و یا در سطح شبکه آن است که ممکن است واحدهای نمونه‌ای که بدون تردید دارای وضعیت بدی هستند الزاماً مشمول بررسی قرار نگیرند. در حالیکه واحدهای نمونه‌ای که دارای خرابی‌های نادر (مثلاً خرابی گذرگاه راه‌آهن) هستند بصورتی بی‌تناسب بعنوان یک واحد نمونه تصادفی انتخاب شده باشند. برای جلوگیری و رفع این‌گونه اشکالات باید هر واحد نمونه غیرعادی شناسایی شده و برای آنکه بعنوان واحد نمونه تصادفی یا نمونه معرف در سطح شبکه یا پروژه بررسی شود، بعنوان واحد نمونه اضافی مورد بازرسی قرار گیرد. هنگامی که واحدهای نمونه اضافی مشمول بررسی قرار می‌گیرند، برای اجتناب از برون‌یابی (اکستروپولاسیون) وضعیت‌های غیرمعمولی به سرتاسر قطعه، محاسبه PCI قطعه بشرح زیر انجام می‌شود:

الف: ابتدا PCI قطعه با میانگین گرفتن از PCIهای همه واحدهای نمونه انتخاب شده بدست می‌آید.

ب: در صورتی که واحد یا واحدهای نمونه اضافی مورد بازرسی قرار گیرند باید میانگین PCI وزن‌دار قطعه با استفاده از رابطه (۴-۱۲) محاسبه شود:

$$PCI_S = \frac{(N - A)PCI_r + A.PCI_a}{N} \qquad (۴-۱۲)$$

که در آن:

PCI_s - شاخص سنجش وضعیت روسازی

PCI_r - میانگین PCI نمونه‌های تصادفی (یا معرف شبکه)

PCI_a - میانگین PCI واحدهای نمونه اضافی

N – تعداد کل واحدهای نمونه در قطعه

A – تعداد واحدهای نمونه اضافی بازرسی شده

برای مثال در یک قطعه از ۱۳ واحد نمونه، ۵ واحد نمونه بصورت تصادفی بازرسی شده و PCIهای آنها به ترتیب برابر ۵۶، ۷۲، ۶۵، ۶۹ و ۶۱ محاسبه شده باشد و ۲ واحد نمونه اضافی با PCIهای به ترتیب برابر ۴۲ و ۳۹ داشته باشیم PCI وزن شده قطعه بشرح زیر بدست می‌آید:

omoorepeyman.ir

$$PCI_r = (۵۶ + ۷۲ + ۶۵ + ۶۹ + ۶۱) / ۵ = ۶۴/۶$$

$$PCI_a = (۴۲ + ۳۹) / ۲ = ۴۰/۵$$

$$PCI_s = [(۱۳ - ۲) (۶۴/۶) + (۲) (۴۰/۵)] / ۱۳ = ۶۱$$

یادآوری می‌شود که اطلاعات حاصل از بازرسی هر واحد نمونه که مورد بازرسی قرار بگیرد باید در یک پرسشنامه جداگانه که منحصر به آن واحد نمونه بازرسی است ثبت شود.

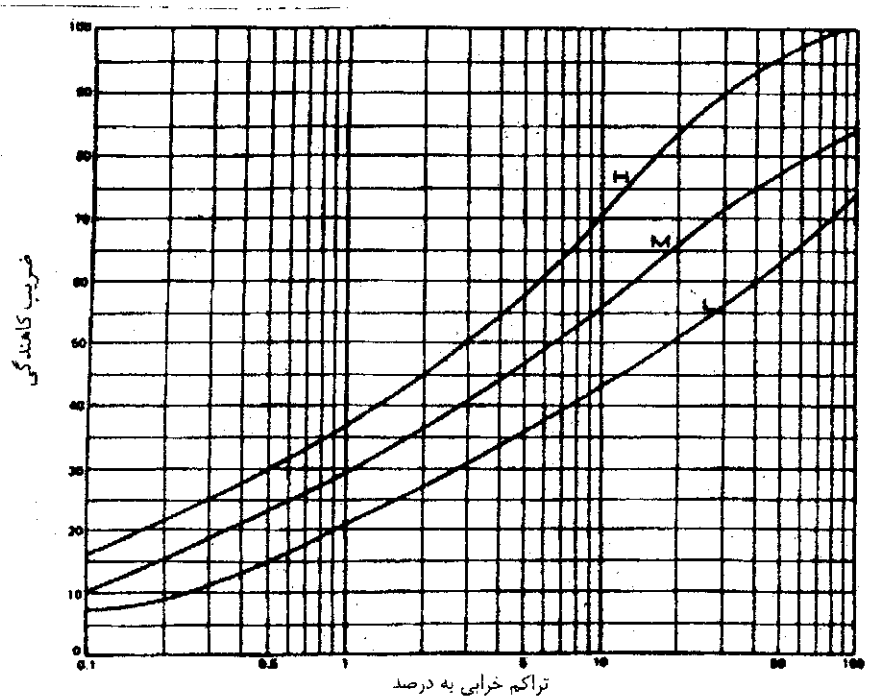
۴-۴- نحوه محاسبه PCI یک واحد نمونه:

برای محاسبه PCI ابتدا باید برای هر نوع خرابی و هر سطح شدت، مقادیر مربوطه با یکدیگر جمع شده و نتیجه در خانه مجموع در پرسشنامه بررسی وضعیت روسازی وارد شود. میزان خرابی برحسب متر مربع یا متر و یا تعداد وقوع آن بیان می‌شود.

پس از تکمیل پرسشنامه، مقدار مجموع برای هر نوع خرابی و هر سطح شدت بر سطح کل واحد نمونه تقسیم و سپس در عدد ۱۰۰ ضرب می‌شود. بدین ترتیب درصد تراکم برای هر واحد نمونه و هر نوع خرابی و سطح شدت بدست می آید.

ضرایب کاهندگی برای همه ترکیبات نوع و شدت خرابی از منحنی‌های ضرایب کاهندگی خرابی بدست می‌آیند که نمونه‌ای از این منحنی‌ها برای خرابی ترک‌های پوست سوسماری با سطح شدت متفاوت در شکل (۴-۱) نشان داده شده است. سپس حداکثر تعداد ضرایب کاهندگی مجاز (m) باید تعیین شود. تعیین این پارامتر (یعنی حداکثر تعداد ضرایب کاهندگی مجاز) به این دلیل است که برحسب تجربه تعداد ضرایب کاهندگی نباید از تعداد معینی تجاوز کند زیرا در غیر اینصورت پراکندگی پاسخ‌ها از منحنی‌های ضرایب کاهندگی موجود افزایش یافته و ضرایب کاهندگی حاصل دارای دقت کافی نخواهند بود. در صورتی که فقط یکی از ضرایب کاهندگی (یا هیچ یک از آنها) بزرگتر از ۵ باشد (در مورد روسازی راه‌های بدون رویه) و یا بزرگتر از ۲ باشد (در مورد روسازی راه‌های رویه‌دار) می‌توان به جای حداکثر CDV (Corrected Deduct Value) ضریب کاهندگی کل TDV (Total Deduct Value) را مورد استفاده قرار داد.

omoorepeyman.ir



شکل (۴-۱) منحنی کاهندگی روسازی بتن آسفالتی برای خرابی از نوع ترک خوردگی پوست سوسماری [۱۵]

در مرحله بعدی ضرایب کاهندگی باید به ترتیب نزولی مرتب شوند، تعداد مجاز ضرایب کاهندگی از روابط زیر قابل حصول است:

(۴-۹) برای روسازی راه‌های بدون رویه $m_i = ۱ + (۹/۹۵)(۱۰۰ - HDV_i) \leq ۱۰$

(۴-۱۰) برای روسازی راه‌های رویه‌دار $m_i = ۱ + (۹/۹۸)(۱۰۰ - HDV_i) \leq ۱۰$

که در این روابط:

m_i - تعداد مجاز ضرایب کاهندگی با احتساب اعشار برای واحد نمونه i

HDV_i - بزرگترین ضریب کاهندگی برای واحد نمونه i

لازم به ذکر است که اگر تعداد ضرایب کاهندگی موجود کمتر از m باشد باید از همه ضرایب کاهندگی استفاده شود.

در مرحله نهائی به صورت زیر عمل می‌شود:

الف: برای روسازی راه‌های بدون رویه تعداد ضرایب کاهندگی بزرگتر از ۵ و برای روسازی راه‌های رویه‌دار تعداد ضرایب کاهندگی بزرگتر از ۲ باید مشخص شوند (q).

ب: ضریب کاهندگی کل که شامل مجموع ضرایب کاهندگی جزء است مشخص شود.

ج: با در دست داشتن پارامتر q، ضریب کاهندگی کل و استفاده از منحنی‌های تصحیح مربوطه مقدار CDV حداکثر تعیین می‌شود.

د: در انتها مقدار PCI با کم کردن حداکثر CDV از عدد ۱۰۰ محاسبه می‌شود.

omoorepeyman.ir

PCI بدست آمده به شرح فوق برای ارزیابی وضعیت روسازی و انتخاب گزینه‌های ترمیم و نگهداری استفاده خواهد شد (مراحل محاسباتی تعیین PCI یک واحد نمونه بازرسی شده در پیوست شماره ۳ بطور کامل تشریح شده است). جدول (۴-۵) حدود وضعیت کیفی روسازی را بر حسب مقادیر مختلف PCI نشان می‌دهد.

جدول (۴-۵): حدود مقادیر کمی و وضعیت کیفی برای ارزیابی روسازی‌ها براساس شاخص سنجش وضعیت روسازی‌ها (PCI)

PCI	۰-۱۰	۱۱-۲۵	۲۶-۴۰	۴۱-۵۵	۵۶-۷۰	۷۱-۸۵	۸۶-۱۰۰
وضعیت روسازی راه	خراب	خیلی ضعیف	ضعیف	متوسط	خوب	خیلی خوب	عالی

۴-۵- آزمایشهای تعیین وضعیت کیفی مصالح روسازی (مقاومتی و سازه‌ای)

بررسی مصالح و روسازی با انجام آزمایشهای مخرب و غیر مخرب یکی از قابل اعتمادترین روشهای تعیین مقاومت مصالح و همچنین تعیین وضعیت سازه‌ای روسازی‌های تحت بهره‌برداری می‌باشد. هدف از انجام این آزمایش‌ها تعیین مشخصات فیزیکی و فنی مصالح نظیر دانه‌بندی، سختی، دوام، درصد شکستگی، حدود اتربرگ، تمیزی، نفوذپذیری، CBR، ضخامت و تراکم لایه‌ها و همچنین مشخصات فنی قیر و آسفالت روسازی و مقایسه این نتایج با حداقل مشخصات فنی مندرج در آیین‌نامه‌های مورد استفاده به منظور بهره‌برداری از مصالح، کنترل کیفیت عملیات ساخت و اجرای روسازی، طراحی روسازی و همچنین تعیین مقاومت مصالح و وضعیت سازه‌ای روسازی‌های تحت بهره‌برداری است.

حداقل مشخصات فنی و مهمترین پارامترهایی که باید از طریق آزمایش برای یک نوع مصالح (اعم از مصالح سنگی، قیر، آسفالت و ...) به منظور بهره‌برداری و استفاده در لایه‌های روسازی و همچنین کنترل کیفیت عملیات اجرایی روسازی اندازه‌گیری شوند در مراجع شماره [۴] و [۱۱] که از آیین نامه‌های ملی ایران می‌باشند آورده شده است. در این مجموعه نیز معیارهای سنجش کیفی و مقاومتی مصالح به منظور ارزیابی وضعیت سازه‌ای روسازی‌های تحت بهره‌برداری نیز همان پارامترها و حداقل مشخصات فنی است که در مراجع فوق‌الذکر برای مصالح لایه‌های مختلف روسازی و خاک بستر راه‌ها آورده شده است.

۴-۵-۱- آزمایش‌های مخرب برای تعیین وضعیت روسازی

در عصر حاضر با توجه به فن‌آوریهایی که در توسعه و ساخت وسایل و تجهیزات آزمایش‌های صحرایی روسازی‌ها بوقوع پیوسته است اغلب کشورهای توسعه یافته از آزمایش‌های مخرب برای تکمیل نتایج و اطلاعات حاصل از انجام آزمایش‌های صحرایی غیرمخرب که به منظور ارزیابی وضعیت سازه‌ای روسازی‌های تحت بهره‌برداری بدست آمده است استفاده می‌نمایند. آزمایش‌های مخرب که برای این منظور انجام می‌شوند عبارتند از:

۱- مغزه‌گیری از روسازی برای تعیین دقیق ضخامت لایه‌های روسازی

۲- مغزه‌گیری از روسازی برای تعیین مشخصات فنی و رده خاک بستر روسازی

۳- مغزه‌گیری از روسازی برای تعیین مشخصات فنی مصالح لایه‌های اساس و زیر اساس

omoorepeyman.ir

۴- مغزه‌گیری از روسازی برای تعیین مشخصات فنی آسفالت (نظیر استحکام مارشال، درصد قیر، روانی، دانه‌بندی مصالح سنگی، درصد فضای خالی آسفالت، درصد فضای خالی مصالح سنگی و ...) و قیر (نظیر درجه نفوذ، کندروانی، نقطه نرمی و ...)

۵- مغزه‌گیری از روسازی برای تعیین ضریب برجهندگی کلیه لایه‌های روسازی

۶- مغزه‌گیری از روسازی برای تعیین مقاومت کششی یا فشاری لایه‌های تثبیت شده روسازی

۷- مغزه‌گیری از روسازی برای تعیین تاریخچه ساخت، تسهیلات زهکشی و ...

روش استاندارد برای انجام آزمایش‌های لازم به منظور تعیین مشخصات فنی مصالح خاک بستر، لایه‌های اساس و زیر اساس و همچنین قیر و آسفالت روسازی در جدول (۴-۶) آورده شده است.

جدول (۴-۶): روش‌های استاندارد انجام آزمایشات مصالح روسازی [۱۵و۲۳]

موضوع	روش استاندارد	
	AASHTO	ASTM
واژه‌های مربوط به خاک بستر روسازی و مکانیک خاک	M ۱۴۶	D ۶۳۵
بررسی و نمونه‌گیری خاک‌ها برای راه‌سازی	T ۸۶	
دانه‌بندی خاک‌ها	T ۸۸	D ۴۲۲
چگالی خاک‌ها	T ۱۰۰	D ۸۵۴
درصد رطوبت خاک		D ۲۲۱۶
تراکم نسبی خاک‌های غیر چسبنده		D ۲۰۴۹
روش چشمی- دستی برای توصیف خاک‌ها		D ۲۴۸۸
حد روانی خاک‌ها	T ۸۹	D ۴۲۳
حد خمیری و دامنه (نشانه) خمیری خاک‌ها	T ۹۰	D ۴۲۴
ضرایب انقباض خاک‌ها	T ۹۲	D ۴۲۷
تعیین میزان تغییر حجم خاک‌ها	T ۱۱۶	
تعیین میزان فشار ناشی از انبساط خاک‌ها	T ۱۹۰	
رده‌بندی خاک‌ها به روش متحد (unified)		D ۲۴۸۷
رده‌بندی خاک‌ها به روش اشتو	M ۱۴۵	

omoorepeyman.ir

ادامه جدول (۴-۶): روش‌های استاندارد انجام آزمایشات مصالح روسازی

موضوع	روش استاندارد	
	AASHTO	ASTM
نفوذپذیری خاک‌های دانه‌ای		D ۲۴۳۴
آزمایش رطوبت – خاصیت موئینه خاک‌ها		D ۲۳۲۵
آزمایش تراکم خاک‌ها	T ۹۹ , T ۱۸۰	D ۶۹۸, D ۱۵۵۷
نسبت باربری کالیفرنیا	T ۱۹۳	D ۱۸۸۳
مقاومت فشاری تک محوری (محدود نشده) خاک‌های چسبنده	T ۲۰۸	D ۲۱۶۶
روش مخروط ماسه برای تعیین تراکم خاک‌ها در محل	T ۱۹۱	D ۱۵۵۶
روش بادکنک لاستیکی برای تعیین تراکم خاک‌ها در محل	T ۲۰۵	D ۲۱۶۷
ضریب برجهندگی خاک‌های ریزدانه و درشت‌دانه	T ۲۷۴	
سایش لوس آنجلس	T ۹۶	C ۱۳۱
آزمایش دوام به روش سولفات سدیم یا منیزیم	T ۱۰۴	C ۸۸
مواد ردشده از الک شماره ۲۰۰	T ۱۱	C ۱۱۷
آزمایش باربری صفحه برای خاک‌ها		D ۱۱۹۵
نمونه‌گیری مصالح دانه‌ای		D ۷۵
آزمایش هم ارز ماسه (ارزش ماسه‌ای)	T ۱۶۷	D ۲۴۱۹
تعیین درصد آهک مخلوط‌های خاک- آهک عمل نیامده		D ۳۱۵۵
آزمایش تراکم مخلوط‌های خاک- سیمان	T ۱۳۴	D ۵۵۸
آزمایش تر و خشک مخلوط‌های خاک- سیمان	T ۱۳۵	D ۵۵۹
آزمایش یخبندان- ذوب یخ مخلوط‌های خاک- سیمان	T ۱۳۶	D ۵۶۰
آزمایش هوبارد- فیلد	T ۱۶۹	D ۱۱۳۸
آزمایش مخلوط‌های خاک- قیر		D ۹۱۵
تاثیر آب در مخلوط‌های آسفالتی	T ۱۶۵	D ۱۰۷۵
مقاومت فشاری	T ۲۲	C ۳۹
مقاومت خمشی	T ۹۷	C ۷۸
چگالی مصالح سنگی درشت	T ۸۵	C ۱۲۷
چگالی مصالح سنگی ریز	T ۸۴	C ۱۲۸
وزن مخصوص مصالح دانه‌ای	T ۱۹	C ۲۹

omoorepeyman.ir

درجه نفوذ قیرها	T ۴۹	D ۵
موضوع	روش استاندارد	
	AASHTO	ASTM
کندروانی مطلق قیرها	T ۲۰۲	D ۲۱۷۱
کندروانی کینماتیکی قیرها	T ۲۰۱	D ۲۰۷۰
درجه نرمی	T ۵۳	D ۳۶
شکل‌پذیری (خاصیت انگمی) قیرها	T ۵۱	D ۱۱۳
افت وزنی قیر در اثر حرارت دیدن	T ۴۷	D ۶
آزمایش فیلم نازک قیر	T ۱۷۹	D ۱۷۵۴
درجه اشتعال قیرها به روش ظرف روباز	T ۴۸	D ۹۲
درجه اشتعال قیرها به روش ظرف روبسته	T ۷۳	D ۹۳
چگالی قیرها	T ۴۳	D ۷۰
کندروانی سی بولت- فیورول قیرها	T ۷۲	D ۸۸
تقطیر قیرهای محلول (پس برگشته)	T ۷۹	D ۴۰۲
آزمایش پیاله شناور	T ۵۰	D ۱۳۹
درجه اشتعال قیرهای محلول	T ۷۸	D ۱۳۱۰
درصد آب قیرها	T ۵۵	D ۹۵
پس مانده تقطیر قیرها با درجه نفوذ معین	T ۵۶	D ۲۴۳
آزمایش‌های مربوط به امولسیون قیرها	T ۵۹	D ۲۴۴
کندروانی انگلر قیرها	T ۵۴	
آزمایش استقامت مارشال		D ۱۵۵۹
آزمایش درجه خلوص قیرها	T ۴۴	D ۲۰۴۲
حداکثر چگالی نظری مخلوط‌های آسفالتی	T ۲۰۹	D ۲۰۴۱
چگالی واقعی بتن آسفالتی متراکم شده	T ۱۶۶	D ۱۱۸۸
مقاومت فشاری مخلوطهای آسفالتی		D ۱۰۷۴
آزمایش تجزیه آسفالت	T ۱۶۴	D ۲۱۷۲
تعیین ضریب برجهندگی آسفالت به روش کشش غیر مستقیم		D ۴۱۲۳
تعیین ضریب دینامیکی آسفالت به روش فشاری		D ۴۳۶۹
نمونه‌گیری قیرها		D ۱۴۰

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل پنجم

رویه‌های شنی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

مقدمه

در بسیاری از کشورهای پیشرفته و در حال توسعه بخش اعظم راه‌های ارتباطی در مناطق روستایی، جنگلی و تفریحی دارای رویه‌های شنی هستند. خرابی اینگونه رویه‌ها نیز نظیر روسازی‌های آسفالتی در اثر عوامل گوناگونی اتفاق می‌افتد که از جمله مهمترین این عوامل عبارتند از:

الف: تعداد و نوع وسایل نقلیه عبوری

ب: نوع و جنس مصالح بستر و روسازی

ج: شرایط جوی

د: شرایط زهکشی

ه: کیفیت اجرا

و: ضوابط و معیارهای طرح و اجرا

ز: نگهداری

نحوه بهسازی و نگهداری رویه‌های شنی معمولاً برحسب اهمیت راه در شبکه راه‌های کشور و همچنین سطح بهره‌برداری قابل انتظار از اینگونه روسازی‌ها تعیین می‌شود. به همین دلیل توصیه می‌شود که بهسازی رویه‌های شنی همواره هماهنگ با ضوابط و معیارهای مندرج در طرح هندسی این گونه راه‌ها باشد. بهسازی بهتر از سطح قابل انتظار برای روسازی راهی که فاقد ضوابط و معیارهای طرح هندسی عالی است به احتمال قوی باعث افزایش سرعت عملی وسایل‌نقلیه استفاده کننده از راه و در نتیجه کاهش ایمنی سفر خواهد شد.

برحسب تعریف قشر روسازی شنی به قشری از مصالح سنگی (خاک، شن و ماسه، سنگ شکسته کوهی و یا مخلوطی از آنها) اطلاق می‌شود که با مشخصات فنی معین و به ضخامت محاسبه شده بر روی بستر راه (خاک بستر و زیراساس) به منظور تحمل بارهای وارده از جانب وسایل‌نقلیه و همچنین مقاومت در برابر عوامل جوی قرار می‌گیرد [۷].

مصالح مصرفی برای اجرای رویه‌های شنی باید عاری از هرگونه مواد آلی، لجنی و یا کودی باشد. علاوه بر آن این مصالح باید دارای استقامت لازم در مقابل بارهای وارده و عمل سایش ناشی از جریان ترافیک و همچنین عوامل جوی نظیر باران، یخبندان و هوای گرم و خشک باشد. در رویه‌های شنی شانه‌ها نیز جزئی از عرض سواره‌رو محسوب می‌شوند و بنابراین شانه راه در رویه‌های شنی معنی و مفهوم ندارند.

حداقل شیب عرضی رویه‌های شنی برابر ۲ درصد و در صورتیکه شیب طولی راه از ۵ درصد تجاوز نماید، به منظور دفع سریع آبهای جاری ناشی از نزولات جوی شیب عرضی راه تا ۴ درصد افزایش داده می‌شود.

در رویه‌های شنی حداکثر ضخامت هر لایه پخش شده حدود ۱۰ سانتیمتر است که پس از کوبیدن آن به ۷/۵ سانتیمتر تقلیل می‌یابد. حداقل ضخامت قشر رویه شنی ۱۵ سانتیمتر است و در هیچ مورد نباید ضخامت این قشر کمتر از این مقدار باشد.

omoorepeyman.ir

مشخصات فنی مصالح مصرفی برای اصلاح، مرمت و یا بهسازی رویه‌های شنی براساس توصیه‌های این دستورالعمل باید منطبق بر ضوابط و معیارهای مندرج در فصل نوزدهم نشریه شماره ۱۰۱ سازمان برنامه و بودجه باشد [۱۴].

برای ارزیابی وضعیت رویه‌های شنی و همچنین انتخاب مناسبترین گزینه اصلاح یا استراتژی ترمیم اینگونه روسازی‌ها ابتدا لازم است که انواع مختلف خرابی‌های رویه‌های شنی شناخته شوند. خرابی‌های رویه‌های شنی نیز مانند روسازی‌های آسفالتی به دو گروه به شرح ذیل تقسیم می‌شوند [۱۳].

۱- خرابی‌های بنیادی (سازه‌ای)

۲- خرابی‌های سطحی (وظیفه‌ای)

خرابی‌های سازه‌ای به آن گروه از خرابی‌ها اطلاق می‌شود که در اثر عدم کفایت باربری سیستم روسازی ایجاد می‌شوند. این خرابی‌ها معمولاً در اثر وارد آمدن تنش بیش از حد مقاومت خاک بستر و یا هر یک از لایه‌های روسازی بوجود می‌آیند. در صورتی که خرابی‌های سطحی به آن گروه از خرابی‌ها اطلاق می‌شود که بهره‌برداری ایمن از روسازی را با اشکال مواجه سازد. این خرابی‌ها بدون آنکه الزاماً سیستم روسازی مقاومت باربری خود را از دست داده باشد به علت ناهموار شدن بیش از حد قشر رویه شنی ایجاد می‌شوند. اینگونه خرابی‌ها باعث کاهش ایمنی و کیفیت سواری‌دهی روسازی می‌شوند. تشخیص نوع خرابی (بنیادی- سطحی) به همراه ویژگی‌های مربوط به آنها امکان تعیین کیفیت بهره‌برداری، نحوه ترمیم و بهسازی روسازی را میسر می‌سازد. برای مرمت خرابی‌های بنیادی، سیستم سازه‌ای روسازی باید تقویت گردد. در صورتی که برای مرمت خرابی‌های سطحی اصلاح وضعیت قشر رویه شنی به منظور افزایش ایمنی و کیفیت سواری‌دهی روسازی ضرورت پیدا می‌کند.

بطور کلی تعمیر و نگهداری رویه‌های شنی باید بطور مداوم و بویژه پس از هر بار بارندگی انجام شود. معمولاً هر چند سال یک بار لازم است که مقداری مصالح به رویه‌های شنی که قسمتی از مصالح آن در اثر گرد و خاک و جابجا شدن دانه‌ها (به دلیل رفت و آمد وسایل‌نقلیه) از دست می‌رود اضافه شود. میزان مصالحی که در اثر رفت و آمد از دست می‌رود بستگی به عوامل زیادی از جمله حجم ترافیک عبوری داشته و مقدار آن ممکن است از ۰/۵ تا ۲/۵ سانتیمتر در هر سال تغییر نماید. یکی از راه‌حل‌های اصولی برای جلوگیری از وقوع بسیاری از اشکالات و خرابی‌های رویه‌های شنی، قیرپاشی نمودن سطح آنها (با قیرهای محلول دیرگیر) و یا استفاده از آسفالت سطحی یک لایه‌ای است. عملیات نگهداری رویه‌های شنی شامل ترمیم شیارها، موج‌ها، چاله‌ها، لغزندگی، غبار نشانی، شن‌ریزی و شخم‌زنی، پروفیله و تسطیح و قیرپاشی می‌شود. تنقیه آبروها، مرمت و پاکسازی قنوهای کناره راه، ترمیم آب شستگی، زهکشی و ... از جمله فعالیت‌های دیگری است که ادارات راه به منظور حفظ و نگهداری راه‌های شنی انجام می‌دهند.

omoorepeyman.ir

۵-۱- خرابی‌های رویه‌های شنی

۵-۱-۱- چین خوردگی یا موج عرضی (Corrugation)

این خرابی معمولاً در اثر جابجا شدن مصالح قشر رویه شنی در تمام عرض راه به دلیل اثر ترکیبی وزن، فشار چرخ و سرعت حرکت وسایل نقلیه ایجاد می‌شود. در مناطق گرم و خشک چین‌خوردگی رویه‌های شنی عمدتاً به دلیل ضعف قشر رویه شنی پوشش راه اتفاق می‌افتد. در این مناطق معمولاً چین خوردگی قشر رویه شنی به فواصل تقریبی نیم تا یک متر و به عمق حداکثر ۳ تا ۵ سانتیمتر عمود بر محور راه و بعضاً با زاویه کمتر از ۹۰ درجه اتفاق می‌افتد. وجود هرگونه ناهمواری در سطح رویه شنی می‌تواند منجر به شروع چین‌خوردگی قشر رویه گردد. شدت موج در رویه‌های شنی بستگی مستقیم به نوع مصالح قشر رویه شنی و میزان ترافیک دارد. در مناطق مرطوب جمع‌شدن آب در ناهمواری‌ها و نفوذ آن به لایه‌های زیرین و بستر راه موجب می‌شود که چین خوردگی به لایه‌های زیرین نیز منتقل شده و تغییر شکل بستر و خرابی سازه‌ای روسازی ایجاد شود. چنانچه چین‌خوردگی قشر رویه با تغییر شکلهای لایه‌های زیرین هم فاز نباشد معمولاً در نقاط ضعیف بین برآمدگی چین‌ها چاله ایجاد می‌شود.

مناسبترین روش مرمت و اصلاح این نوع خرابی تیغ انداختن آن با استفاده از گریدر خودرو است. این وسیله علاوه بر برش موج‌ها و پخش مجدد مصالح آن در پستی‌ها می‌تواند شیب عرضی راه را تامین و کانال‌های طرفین راه را نیز تعبیه نماید. نحوه مرمت چین‌خوردگی به این ترتیب است که ابتدا با استفاده از تیغه گریدر سطح رویه به عمق چین خوردگی کنده شده و سپس مصالح بدست آمده دوباره در سطح راه پخش شده و پس از آب پاشی لازم کوبیده می‌شود تا یک سطح صاف و هموار و با تراکم کافی بدست آید. بهترین زمان برای مرمت و اصلاح این نوع خرابی پس از نزول باران است.

سطوح شدت خرابی

L – ارتفاع موج کمتر از ۲/۵ سانتیمتر است.

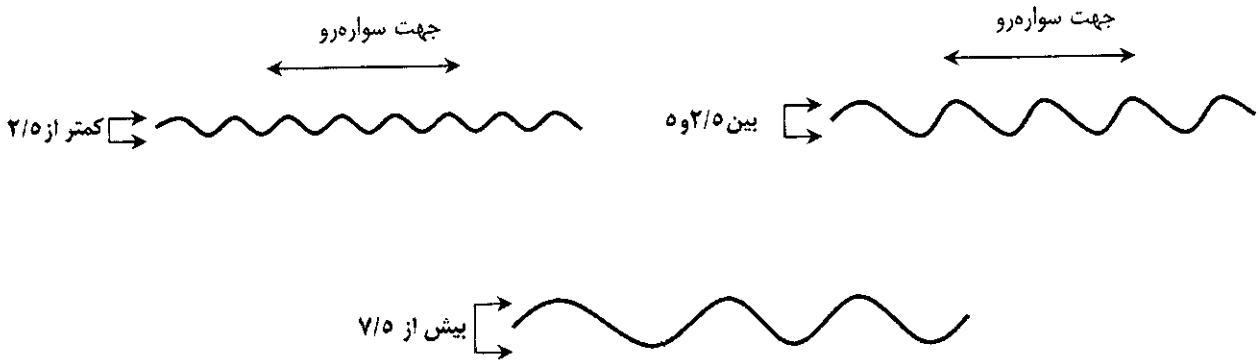
M – ارتفاع موج بین ۲/۵ تا ۷/۵ سانتیمتر است.

H – ارتفاع موج بیشتر از ۷/۵ سانتیمتر است.

نحوه اندازه‌گیری خرابی

موج عرضی برحسب مترمربع سطح رویه به ازاء هر مترمربع واحد نمونه اندازه‌گیری می‌شود. این مقدار نمی‌تواند از سطح کل واحد نمونه تجاوز کند. برای مثال یک واحد نمونه ممکن است دارای ۲۱ متر مربع موج با شدت متوسط و ۵ متر مربع با شدت زیاد باشد.

omoorepeyman.ir



شکل (۵-۱) موج‌زدگی

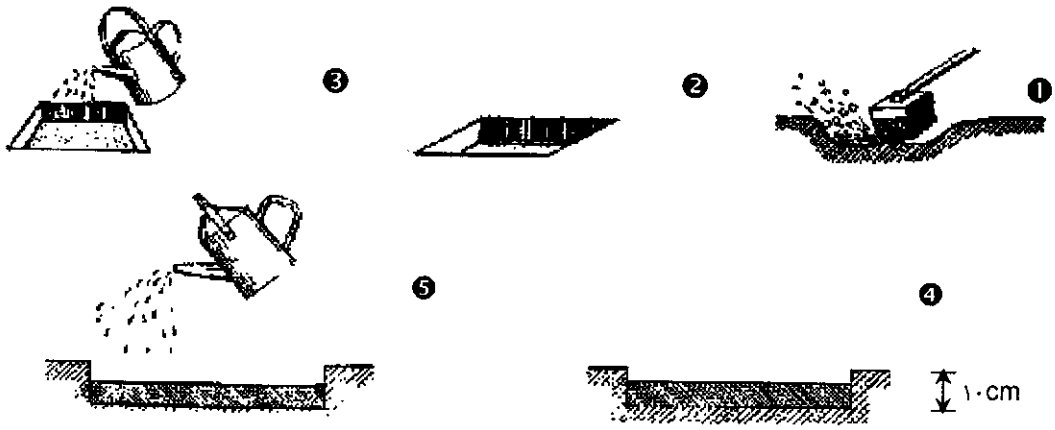
۵-۱-۲- چاله‌ها

این خرابی به گودی‌هائی که در اثر خرد و کنده شدن قسمتی از مصالح رویه و زیراساس روسازی‌های شنی بوجود می‌آیند اطلاق می‌شود. معمولاً چاله‌ها بیشتر در بخش‌هایی از رویه‌های شنی که فاقد شیب عرضی کافی برای دفع آبهای سطحی هستند و یا مناطقی که تراکم لایه کافی نیست اتفاق می‌افتند. در نزدیکی آبروهای کشاورزی و یا پل‌های تیپ که شیب عرضی روسازی کاهش پیدا می‌کند و یا در محلهائی که تغییر جهت مسیر بصورت مارپیچ (S شکل) است و همچنین در تقاطع‌هائی که تامین شیب عرضی برای دفع آبهای سطحی فراهم نیست، ماندآبهای موضعی و نقاط سست ایجاد می‌شود که جریان ترافیک این نقاط را تبدیل به چاله‌های کوچک و بزرگ می‌نماید. مناسبترین روش برای جلوگیری از ایجاد چاله در این گونه مناطق تامین شیب عرضی برای دفع آبهای سطحی و همچنین تثبیت نمودن این بخشها با قیرهای محلول دیرگیر است.

نحوه اصولی برای مرمت این نوع خرابی به این ترتیب است که ابتدا هر چاله از مواد خارجی، آب راکد، دانه‌های سست و شل پاک شود. برای چاله‌های بزرگ و عمیق می‌بایست کناره‌های چاله بصورت عمودی کنده و کف چاله نیز باید تا حصول لایه سفت حفاری شود. برای پرکردن چاله چنانچه مصالح مصرفی خشک باشد ابتدا باید ضمن پخش آب و مرطوب نمودن محل لکه‌گیری، مصالح مصرفی را نیز با آب مخلوط نمود. مقدار رطوبت خاک باید به حدی باشد که پس از فشردن مشتی از خاک در بین انگشتان دست مصالح به هم بچسبد و آب از آن خارج نشود. پس از تکمیل مراحل فوق چاله باید در لایه‌هایی به ضخامت حداکثر ۱۰ سانتیمتر پر شده و سپس با تخماق‌های دستی یا غلطک (ویبره یا استاتیکی) به خوبی متراکم شوند. برای تراکم لایه‌های ۱۰ سانتیمتری استفاده از چرخ کامیون یا تراکتور به هیچوجه مجاز نیست و عملیات تراکم بایستی با تخماق و یا غلطک انجام شود.

لایه نهایی برای لکه‌گیری چاله با ۳ سانتیمتر اضافه ضخامت نسبت به سطح راه اجرا می‌شود به نحوی که پس از اتمام عملیات تراکم سطح لکه‌گیری شده با سطح راه موجود یکسان باشد. شکل (۵- ۲) مراحل اجرایی لکه‌گیری چاله‌ها را بصورت شماتیک نشان می‌دهد:

omoorepeyman.ir



شکل (۵-۲) – مراحل اجرایی لکه‌گیری

سطوح شدت خرابی

سطح شدت خرابی برای چاله‌ها هم براساس قطر و هم براساس عمق چاله با جدول (۵-۱) تعیین می‌شود:

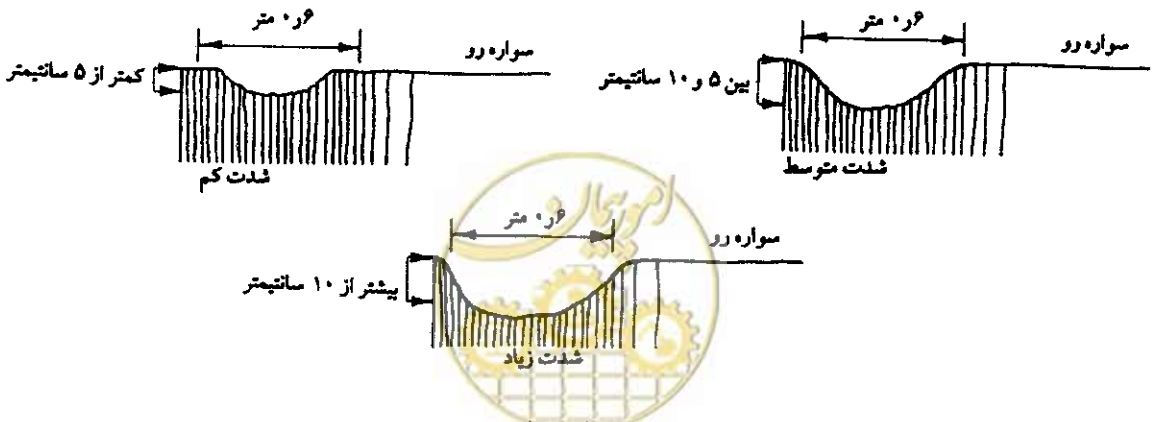
جدول (۵-۱): سطوح شدت خرابی در چاله‌ها

میانگین قطر چاله				
بیشتر از ۱ متر *	از ۰/۶ تا ۱ متر	بین ۰/۳ تا ۰/۶ متر	کمتر از ۰/۳ متر	حداکثر عمق چاله
M	M	L	L	از ۱/۳ تا ۵ سانتیمتر
H	H	M	L	از ۵ تا ۱۰ سانتیمتر
H	H	H	M	بیشتر از ۱۰ سانتیمتر

* چنانچه قطر چاله بزرگتر از ۱ متر باشد، سطح آن باید به متر مربع تعیین شده و بر عدد ۷ تقسیم شود تا عدد هم ارز چاله بدست آید.

نحوه اندازه‌گیری خرابی

چاله‌ها را از طریق شمارش تعداد آنها با شدت‌های کم، متوسط و زیاد در یک واحد نمونه و ثبت آنها بطور جداگانه به تفکیک



شکل(۵-۳) : چاله

omoorepeyman.ir

سطح شدت اندازه‌گیری می‌کنند. برای مثال ممکن است ۱۴ چاله با شدت متوسط و ۸ چاله با شدت کم وجود داشته باشد.

ذکر این نکته لازم است که راه حل اصولی برای رفع معضل چاله‌ها در رویه‌های شنی انجام موارد زیر است:

الف: تامین شیب عرضی راه

ب: تراکم مصالح روسازی

ج: تثبیت رویه با روغن راه

۵-۱-۳- شیار یا گودافتادگی در مسیر عبور چرخ‌ها

شیار یا گودافتادگی در مسیر عبور چرخ‌ها به موجی عرضی که در سطح رویه‌های شنی و در امتداد طول راه در اثر رفت و آمد وسایل نقلیه بوجود می‌آید اطلاق می‌شود. علت بوجود آمدن شیار در مسیر عبور چرخ‌ها تحکیم لایه‌های روسازی و یا خاک بستر راه است. در رویه‌های شنی عوامل موثر در تسریع گودافتادگی در مسیر عبور چرخهای وسایل‌نقلیه عبارتند از:

الف: نامناسب بودن دانه‌بندی مصالح رویه شنی

ب: عدم تراکم کافی لایه‌ها

ج: عدم تامین شیب عرضی به منظور دفع آبهای سطحی

د: وجود بیش از حد مصالح ریزدانه در مصالح روسازی

ه: عدم زهکشی آبهای تحت‌الارضی

و: پایین بودن خط پروژه (کافی نبودن عمق روسازی)

برای اجتناب از این نوع خرابی باید مشخصات فنی مصالح رویه شنی طوری انتخاب شود که مقاومت کافی را در برابر وزن و فشار چرخ وسایل‌نقلیه داشته باشد. برای مرمت شیار در مسیر عبور چرخها ابتدا باید سطح راه به عمق شیار با استفاده از وسایل متداول شخم زده شود و سپس برای تامین شیب عرضی لازم مصالح شخم زده شده در سطح راه پخش و پس از آب پاشی متراکم گردد. در صورتیکه اصلاح دانه‌بندی مصالح شخم زده شده لازم باشد ابتدا باید به مقدار کافی مصالح سنگی در عرض راه پخش و سپس عملیات شخم‌زنی، اختلاط، پخش و تسطیح انجام شود.

سطوح شدت خرابی

L – عمق گودافتادگی کمتر از ۲/۵ سانتیمتر است.

M – عمق گودافتادگی بین ۲/۵ تا ۷/۵ سانتیمتر است.

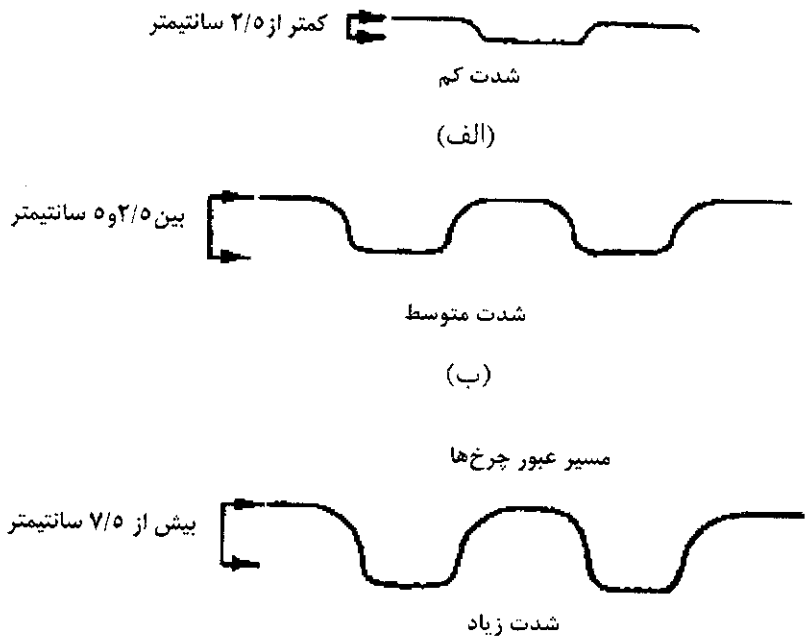
H – عمق گودافتادگی بیشتر از ۷/۵ سانتیمتر است.

نحوه اندازه‌گیری خرابی

گودافتادگی یا شیار برحسب مترمربع سطح رویه بازاء هر مترمربع واحد نمونه بازرسی اندازه‌گیری می‌شود. برای مثال یک واحد

omoorepeyman.ir

نمونه ممکن است ۴ مترمربع شیار با شدت زیاد و ۲۲ مترمربع شیار با شدت متوسط داشته باشد.



شکل(۵-۴) : شیارشدگی

۵-۱-۴- لغزندگی

استفاده از خاک‌هائی که حاوی مواد ریزدانه رسی هستند در قشر رویه باعث لغزنده شدن رویه‌های شنی می‌شود. استفاده از مصالح رودخانه‌ای گرد گوشه و یا مصالح سنگی که دارای سختی کافی نبوده و در اثر جریان ترافیک خرد می‌شوند و یا سطحشان صیقلی می‌شود، موجب لغزنده شدن سطح راه (بالاخص در مناطق مرطوب و باران‌خیز) می‌شود. علاوه بر موارد فوق حمل مواد ریزدانه و خارجی توسط باد و باران به روی رویه‌های شنی ساخته شده با مصالح شنی خوب دانه‌بندی شده نیز می‌تواند منجر به لغزنده شدن سطح راه‌های با رویه شنی گردد. صرفنظر از علت یا علل وقوع این نوع خرابی رویه‌های شنی، باید توجه داشت که سطوح لغزنده راه‌ها کمینگاهی برای رانندگان غافل و یا ناآگاه از وضعیت سطح راه برای ایجاد حوادث می‌باشند. در پیچ‌ها لغزنده بودن سطح راه باعث انحراف وسیله‌نقلیه از جهت اصلی مسیر به سمت پرتگاه یا موانع طبیعی و در شرایط عادی سطوح لغزنده باعث از دست دادن کنترل وسیله‌نقلیه می‌شود.

برای آنکه امنیت عبور و مرور وسایل نقلیه تامین گردد بایستی بخشهای لغزنده قشر رویه شنی اصلاح شوند. راه حل اصولی برای رفع این نوع خرابی برداشت و جایگزین نمودن مصالح قشر رویه با مصالح سنگی سخت، شکسته و خوب دانه‌بندی شده طبق ضوابط و معیارهای مندرج در نشریه ۱۰۱ سازمان برنامه و بودجه می‌باشد [۱۴]. شن‌ریزی و پخش مصالح سنگی تیزگوشه، تمیز و با دوام و تنظیم شیب طولی و عرضی (پروفیله کردن) سطوح لغزنده با گریدر راه حل دیگری برای رفع این نوع خرابی در رویه‌های شنی است.

omoorepeyman.ir

۵-۱-۵- گرد و خاک

جریان ترافیک در راه‌هائی که دارای رویه‌های شنی هستند باعث می‌شود که بخشی از مواد ریزدانه قشر رویه شنی از سطح راه جدا و در هوا پراکنده شوند. این عمل ضمن ایجاد گرد و خاک و تقلیل دید ترددکنندگان باعث آلوده شدن محیط اطراف راه و همچنین فرسایش زودرس رویه شنی می‌شود. عدم جلوگیری از جدا شدن دانه‌های ریز موجب افزایش نفوذپذیری، ظاهر شدن دانه‌های درشت‌تر، کنده و پراکنده شدن آنها، ناهموار شدن سطح راه و همچنین کاهش کیفیت سواری‌دهی رویه‌های شنی می‌شود. برای جلوگیری از گرد و خاک و همچنین کاهش جدا شدن دانه‌ها و از دست رفتن مصالح سنگی قشر رویه شنی راه‌ها، روش‌های گوناگونی وجود دارد که متداولترین آنها استفاده از کلرور کلسیم ($CaCl_2$) بصورت پودر و یا محلول است. میزان کلرور کلسیم مصرفی با توجه به نوع و جنس خاک و شرایط جوی منطقه‌ای که راه از آن عبور می‌کند بین ۰/۲۵ تا ۱/۲۵ کیلوگرم در هر متر مربع متغیر است. با توجه به اینکه کلرور کلسیم عمل غبارنشانی را از طریق جذب رطوبت هوا و مرطوب نگاه داشتن سطح راه انجام می‌دهد، برای افزایش تاثیر کلرور کلسیم بهتر است از این ماده در مناطقی استفاده شود که رطوبت نسبی هوا لااقل بین ۳۰ تا ۴۰ درصد است [۲۵].

در مناطق گرم و خشک، در صورت دسترسی به فرآورده‌های نفت خام ارزان نظیر روغن راه می‌توان از این گونه مواد به عنوان ماده کاهنده گرد و خاک بهره‌برداری نمود. میزان مواد نفتی لازم برای غبارنشانی بین ۲/۵ تا ۴ لیتر در مترمربع متغیر است.

سطوح شدت خرابی

L – جریان ترافیک گرد و غبار رقیقی ایجاد می‌کند. که مانع دید نمی‌شود (ارتفاع گرد و غبار کمتر از ۱ متر است).

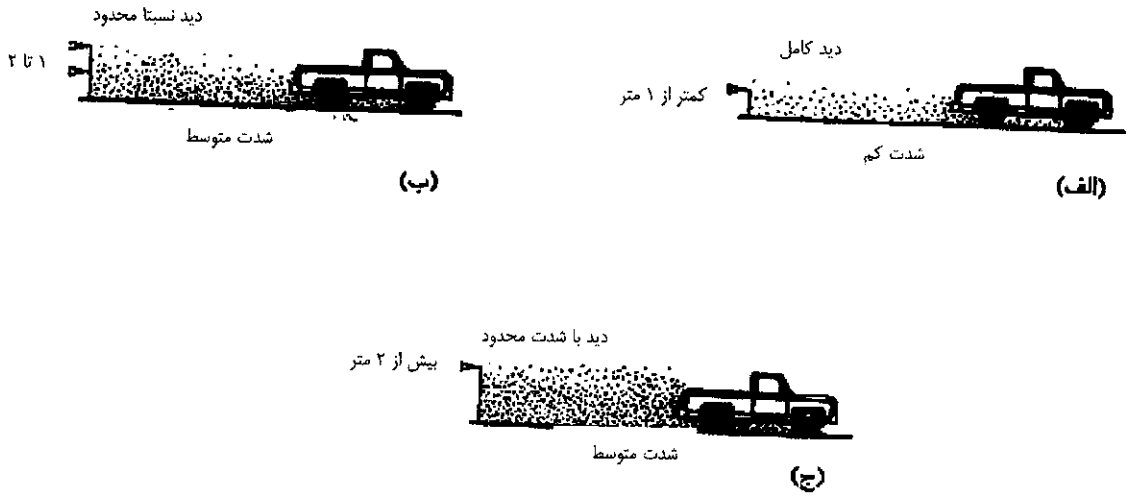
M – جریان ترافیک ابری از گرد و غبار ایجاد می‌کند که دید راننده را قدری محدود نموده و باعث کاهش سرعت جریان ترافیک می‌شود (ارتفاع گرد و غبار بین ۱ تا ۲ متر است).

H – جریان ترافیک ابری از گرد و غبار ایجاد می‌کند که بشدت باعث محدود شدن دید راننده شده و بطور محسوس سرعت جریان ترافیک را کاهش می‌دهد و یا باعث متوقف شدن وسیله‌نقلیه می‌شود (ارتفاع گرد و غبار بیش از ۲ متر است).

نحوه اندازه‌گیری خرابی

با سرعت ۴۰ کیلومتر در ساعت با یک وسیله‌نقلیه (وانت (Pick Up)) رانندگی کنید و ابر گرد و غبار ایجاد شده را ملاحظه کنید. گرد و غبار برای واحد نمونه با شدت های کم، متوسط و زیاد اندازه‌گیری می‌شود.

omoorepeyman.ir



شکل(۵-۵) : گرد و غبار

۵-۱-۶- تجدید شن‌ریزی

شن‌ریزی مجدد رویه‌های شنی به منظور تامین مصالح از دست رفته سطح راه انجام می‌شود. در مواقعی که مصالح خاک بستر در رویه راه نمایان شد باید نسبت به تجدید شن‌ریزی اقدام نمود. با شن‌ریزی مجدد کلیه نواقص راه از قبیل موج‌ها، شیارها، چاله‌ها و همچنین فرسایش‌های موضعی که در اثر آب شستگی ایجاد شده اند برطرف می‌گردد. در هنگام اجرای شن‌ریزی مجدد بایستی به منظور تامین ایمنی ترددکنندگان تمهیدات لازم بکار برده شود. کوپه‌های شن باید در یک طرف راه ریخته شود تا طرف دیگر برای تردد باز باشد. در شن‌ریزی مجدد می‌بایست مشخصات اولیه راه از نظر تحدب رویه شنی و شیب عرضی رعایت و در ضمن قنوهای راه نیز از مصالح ریخته شده پاک گردد. عملیات اجرایی بدواً با آب پاشی سطح راه موجود انجام و سپس مصالح کوپه شده با گریدر پخش می‌شود. مصالح پخش شده باید آنچنان پروفیله شود که پس از آب پاشی و کوبیدن، ابعاد آن برابر با اندازه رقوم، ضخامت و شیب داده شده در نقشه‌های اجرایی باشد.

۵-۱-۷- جدا شدن دانه‌ها

جدا شدن دانه‌ها در رویه‌های شنی معمولاً به دلیل جریان ترافیک و ایجاد و گرد و خاک (جدا شدن بخشی از مصالح ریزدانه) و کمبود مصالح چسبنده اتفاق می‌افتد. جدا شدن و پراکنده شدن دانه‌های درشت مصالح سنگی به مرور زمان و در اثر جریان ترافیک ضمن ایجاد ناهمواری و کاهش کیفیت سواری‌دهی خطرات ناشی از پرتاب سنگ به اطراف را نیز به همراه دارد. جدا شدن دانه‌ها موجب تغییر دانه‌بندی رویه شنی، تغییر در تحدب راه و همچنین افزایش هزینه‌های ناشی از تامین مصالح از دست رفته می‌شود. دانه‌های جدا شده معمولاً در مناطق با تردد کمتر انباشته می‌شوند. (کناره‌های راه و یا در نواحی محور وسط راه). برای رفع این مشکل بایستی موارد توصیه شده برای جلوگیری از گرد و خاک و یا تجدید شن‌ریزی بکار گرفته شوند.

omoorepeyman.ir

سطوح شدت

L – دانه‌های جدا شده بر روی سطح راه و یا کناره‌ها پله ایجاد نموده و یا اینکه بصورت تلی از دانه‌ها به ارتفاع کمتر از ۵ سانتیمتر انباشته شده‌اند.

M – تلی از دانه‌ها به ارتفاع ۵ تا ۱۰ سانتیمتر بر روی شانه‌ها و یا مناطق با تردد کمتر از سطح راه انباشته و خاک‌های ریزتر در سطح سواره‌رو نمایان و مشاهده می‌شوند.

H – تلی از دانه‌ها به ارتفاع بیشتر از ۱۰ سانتیمتر بر روی شانه‌ها و یا مناطق با تردد کمتر از سطح راه انباشته و خاک‌های ریزدانه در سطح سواره رو نمایان و مشاهده می‌شوند.

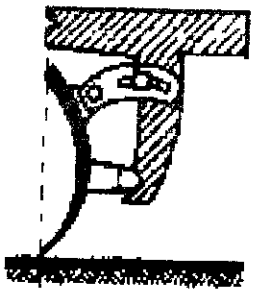
نحوه اندازه‌گیری خرابی

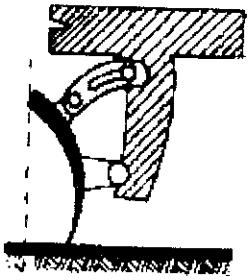
جدا شدن دانه‌ها برحسب متر و به موازات محور راه در واحد نمونه بازرسی اندازه‌گیری می‌شود. هر تل بطور جداگانه اندازه‌گیری می‌شود. برای مثال، چنانچه در یک واحد نمونه که ۳۰ متر طول دارد سه تل از دانه‌های جدا شده با شدت متوسط وجود داشته باشد (دو تل درکناره‌های راه و یک تل در وسط (منطقه با تردد کمتر)). نتیجه ارزیابی معادل ۹۰ متر با شدت متوسط گزارش می‌شود.

۵-۱-۸- تحدب و تسطیح

به منظور رفع ناهمواری‌ها و همچنین برقراری تحدب سطح راه به منظور زهکشی و دفع سریع آب ناشی از نزولات جوی ضرورت دارد که هرازگاهی سطح راه تسطیح و پروفیله گردد. در مواقعی که سطح راه ناهموار و فاقد شیب عرضی کافی باشد ماندآب و جریان ترافیک باعث ایجاد چاله در سطح راه می‌شود. عملیات تسطیح و پروفیله نمودن رویه‌های شنی بوسیله گریدر و یا وسیله‌ای موسوم به دراگ (Drag) که به عقب یک کامیون متصل و بر روی سطح راه کشیده می‌شود انجام می‌شود و بهترین زمان برای انجام این عملیات پس از هر بارندگی می‌باشد. برای رفع ناهمواری‌ها و برقراری تحدب لازم سطح راه، گریدر باید عملیات تسطیح را از یک طرف راه شروع و مصالح تراشیده شده را در عرض کلی راه پخش نماید. چنانچه تعداد گریدر بیشتر باشد، گریدرها بایستی پشت سرهم کار کنند. در اکثر عملیات تسطیح معمولی، تیغه گریدر بایستی تقریباً عمودی باشد لیکن برای برش مصالح، تیغه گریدر بایستی در قسمت فوقانی به سمت عقب کشیده شود تا زاویه برشی اثر بیشتری را برای تراشیدن مصالح داشته باشد. برای پخش و یا تسطیح مصالح، تیغه برشی گریدر بایستی در قسمت بالا به سمت جلو کشیده شود تا لبه تیغه برشی گریدر در سمت پایین به عقب رانده شود. شکل (۵-۶) حالت قرار گرفتن تیغه گریدر را برای مراحل فوق نشان می‌دهد.

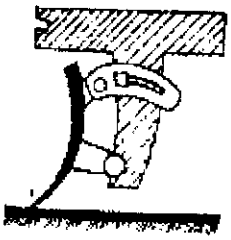
omoorepeyman.ir





الف) قرار گرفتن تیغه گریدردر حالت معمولی

ب) حالت تیغه گریدر در موقع پخش و تسطیح



شکل (۵-۶) نحوهٔ بستن تیغهٔ گریدر

عملیات تیغ‌زنی و تسطیح با گریدر از هر طرف راه که باشد، بایستی از لبه خارجی به سمت محور وسط باشد. معمولاً با یک نوبت عبور گریدر از هر طرف راه می‌توان شخم‌زنی و برش مصالح را انجام و در دومین نوبت عبور نسبت به پخش مصالح از محور راه بطرف شانه‌ها اقدام نمود (تعداد دفعات عبور گریدر بستگی به شدت ناهمواری‌ها و عرض راه دارد).

در حین انجام این عملیات کلیه قطعات سنگی بزرگتر از ۲۵ میلیمتر باید از سطح راه خارج شده و عملیات تراکم بلافاصله پس از تسطیح و تنظیم شیب عرضی راه انجام شود (چنانچه تیغ‌زنی پس از بارندگی نباشد بایستی رطوبت تراکم خاک تامین گردد).

یکی دیگر از روش‌های تسطیح راه‌های شنی بهره‌جویی از دراگ است. دراگ را می‌توان به عقب یک تراکتور و یا هر وسیله‌نقلیه دیگری متصل و روی سطح راه کشید. این عمل باعث کنده و جابجا شدن مصالح و در نتیجه تسطیح ناهمواری سطح راه می‌شود. استفاده از دراگ به منظور تسطیح ناهمواری سطح راه نیز بهتر است پس از هر بارندگی انجام شود. با توجه به اینکه دراگ نمی‌تواند تحدب سطح راه را تامین کند ضرورت دارد که بعد از عملیات دراگ نسبت به گریدرزنی جهت تنظیم شیب عرضی راه اقدام شود.

دراگ باید طوری نصب شود که نسبت به محور راه دارای زاویه باشد تا به این ترتیب بتواند مصالح کنده و جابجا شده از کناره‌های راه را به سمت محور وسط هدایت کند. سرعت وسیله کشنده دراگ نباید بیشتر از ۱۰ کیلومتر در ساعت و یا کمتر از ۵ کیلومتر در ساعت باشد. تعداد دفعات عبور دراگ نیز بستگی به میزان ناهمواری و عرض راه دارد. تحدب راه (شیب عرضی راه) باید در فواصل ۱۰۰ متری با استفاده از ابزار مربوطه (شمشه تراز Camber Board) اندازه‌گیری و کنترل گردد.

سطوح شدت خرابی

L- مقدار کمی آب راکد یا آثاری از آن بر روی سطح راه به چشم می‌خورد و یا اینکه سطح راه فاقد شیب عرضی است.

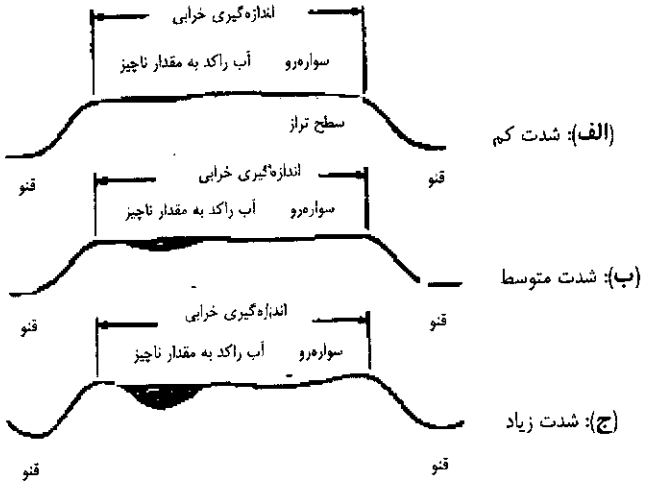
omoorepeyman.ir

M - مقدار متوسطی آب راکد یا آثاری از آن بر روی سطح راه به چشم می‌خورد و یا اینکه سطح راه حالت تقعر پیدا کرده است.

H - مقدار زیادی آب راکد یا آثاری از آن بر روی سطح راه به چشم می‌خورد و یا اینکه سطح راه مقعر شده است.

نحوه اندازه‌گیری خرابی

مقطع عرضی نامناسب برحسب متر بازاء هر متر واحد نمونه (در امتداد طولی محور وسط راه) اندازه‌گیری می‌شود. مقطع عرضی در تمام عرض راه مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد. این احتمال وجود دارد که در درون یک واحد نمونه ارزیابی سطوح شدت گوناگونی وجود داشته باشد. بعنوان مثال ممکن است ۱۸ متر یک واحد نمونه ۳۰ متری دارای سطح شدت متوسط و ۱۲ متر آن دارای سطح شدت کم باشد. حداکثر طول بایستی برابر با طول واحد نمونه باشد.



شکل (۵-۷) مقطع عرضی نامناسب

۵-۱-۹- زهکشی جانبی نامناسب

تامین زهکشی به منظور دفع آبهای سطحی و تحت‌الارضی یکی از مهمترین ارکان در طراحی مسیرها به منظور حفظ جسم راه و روسازی آن می‌باشد. نفوذ آب به جسم راه باعث تخریب زودرس روسازی بالاخص رویه‌های شنی می‌شود. زهکشی جانبی هنگامی مشکل‌آفرین می‌شود که تعداد آبروها و آبگذرها در طرح اولیه کافی نبوده و یا اینکه در اثر تجدید شن‌ریزی یا عدم نگهداری صحیح و مستمر آبروها مسدود شده باشند. عدم تنقیه آبروها باعث می‌شود که نزولات جوی و جریانات سطحی به خوبی هدایت نشوند و جسم راه از نفوذ آب مصون نباشد. تجمع اشجار، سنگ، برف، یخ و مواد زائد در ورودی آبروها باعث کاهش کارآیی آنها می‌شود. برای رفع این نقیصه بایستی یا طراحی آبرو به نحوی باشد که مواد زائد را از خود عبور دهد و یا با تمهیداتی از تجمع مواد زائد در مدخل آبروها جلوگیری نمود. روش‌های متنوعی نظیر نصب شبکه یا نرده در ورودی بالادست آبروها برای جلوگیری از ورود مواد زائد شناور به درون آبرو و یا ایجاد حوضچه مصنوعی جمع‌آوری مواد زائد در ورودی بالادست آبرو توسط خاکریزی و یا ایجاد مسیل انحرافی کارآیی مناسبی جهت رفع این معضل خواهند داشت.

omoorepeyman.ir

سطوح شدت

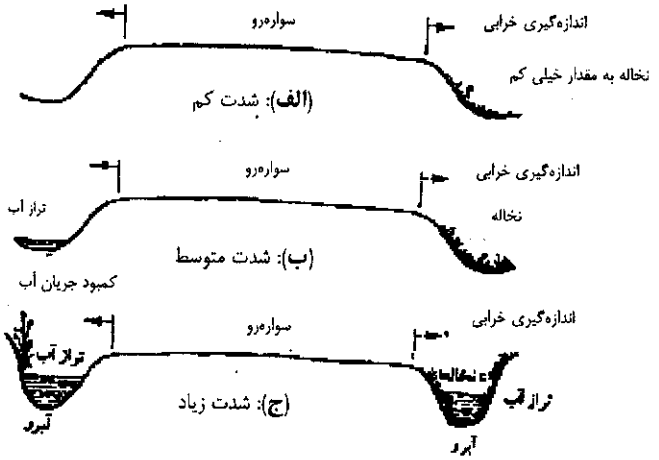
L – مقادیر کمی آب راکد یا آثاری از آن در آبروها به چشم می‌خورد و یا رشد بیش از حد گیاهان یا نخاله‌ها در آبروها مشاهده می‌شود.

M – مقادیر متوسطی آب راکد یا آثاری از آن در آبروها به چشم می‌خورد و یا رشد بیش از حد گیاهان یا نخاله‌ها در آبروها و یا فرسایش و آبشستگی آبروها بطرف شانه‌ها یا سواره رو مشاهده می‌شود.

H – مقادیر زیادی آب راکد یا آثاری از آن در آبروها به چشم می‌خورد و یا اینکه آب از روی سطح راه عبور می‌کند و یا رشد بیش از حد گیاهان یا نخاله‌ها در آبروها ملاحظه می‌شود و یا فرسایش و آبشستگی آبروها بطرف شانه ها یا سواره‌رو مشاهده می‌شود.

نحوه اندازه‌گیری

مسائل مربوط به زهکشی به موازات محور راه و برحسب متر به ازاء هر متر قطعه اندازه‌گیری می‌شود. حداکثر طول انتخابی نباید بیشتر از دو برابر طول واحد نمونه ارزیابی باشد (دو آبرو برای طول واحد نمونه). برای مثال یک واحد نمونه بازرسی ممکن است دارای ۳۶ متر خرابی آبرو با شدت کم و ۱۰ متر با شدت زیاد باشد.



شکل (۵-۸) زهکشی جانبی ناکافی

۵-۲- طرح ضخامت رویه‌های شنی

معمولاً اجرای رویه‌های شنی بصورت چند مرحله‌ای و با این فرض انجام می‌شود که در مرحله نهایی و پس از اجرای ضخامت باقیمانده رویه شنی، سطح راه با یک قشر اندود آب‌بندی (seal coat) و یا آسفالت سطحی یک لایه‌ای و یا دو لایه‌ای (برحسب مورد و به منظور ارتقاء درجه و کیفیت راه) پوشش داده می‌شود. صرفنظر از روش‌های اجرایی رویه‌های شنی (یک یا چند مرحله‌ای) طرح روسازی رویه‌های شنی نیز نظیر انواع دیگر روسازی‌ها بایستی مبتنی بر اصول، ضوابط و معیارهای معتبر و پذیرفته شده انجام شود. به

omoorepeyman.ir

همین دلیل در این مجموعه طرح روسازی رویه‌های شنی براساس اصول، ضوابط و معیارهای پیشنهاد شده در نشریه اشتو توصیه می‌شود [۲۳].

پارامترهای مورد نیاز برای طرح روسازی رویه‌های شنی به روش فوق عبارتند از:

۱- تعداد محور ساده ۸/۲ تنی پیش‌بینی شده در دوره طرح

۲- مدول برجهندگی خاک بستر (M_R) برحسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع

۳- ضریب ارتجاعی مصالح سنگی قشر رویه شنی (E_{BS}) برحسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع

۴- ضریب ارتجاعی مصالح سنگی قشر زیراساس (E_{SB}) برحسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع

۵- اختلاف نشانه خدمت اولیه و نهایی روسازی (ΔPSI) (برای رویه‌های شنی مقدار این پارامتر برابر ۳ پیشنهاد می‌شود)

۶- حداکثر مقدار گودافتادگی یا تغییر شکل مجاز در رویه‌های شنی (برای رویه‌های شنی مقدار این پارامتر بین ۲/۵ الی ۵ سانتیمتر پیشنهاد می‌شود)

۷- مقدار مصالح از دست رفته در اثر جریان ترافیک و عوامل جوی برحسب سانتیمتر

رابطه (۵-۱) به منظور تخمین پارامتر اخیرالذکر پیشنهاد می‌شود لیکن توصیه می‌شود که این پارامتر برحسب مورد و براساس اطلاعات محلی و منطقه‌ای مربوطه تعیین و مورد استفاده قرار گیرد:

$$AGL = ۲/۵\left[\frac{T}{T+۵۰}\right]\left[۴/۲ + ۰/۰۹۲T + ۰/۰۱۳۸R^{۲} + ۱/۸۸V_C\right]\times f \qquad (۵-۱)$$

که در آن:

AGL - مقدار مصالح سنگی از دست رفته در یک دوره یکساله برحسب سانتیمتر

T - حجم ترافیک سالیانه در هر دو جهت برحسب هزار وسیله نقلیه

R – میزان بارندگی سالیانه برحسب سانتیمتر

V_C - شیب متوسط راه در طول قطعه طرح

f – پارامتری است که مقادیر آن برحسب نوع و جنس مصالح قشر رویه شنی بشرح زیر تغییر می‌نماید:

مصالح شنی تهیه شده از خاکهای حاوی اکسید آهن و آلومینیوم $f = ۰/۰۳۷$

مصالح شنی تهیه شده از سنگ‌های کوارتزی $f = ۰/۰۴۳$

مصالح شنی تهیه شده از سنگ‌های آتشفشانی $f = ۰/۰۲۸$

مصالح شنی تهیه شده از سنگ‌های مرجانی $f = ۰/۰۵۹$

با در اختیار داشتن پارامترهای فوق و استفاده از نموگرام‌های اشکال (۵-۹)، (۵-۱۰)، (۵-۱۱) و همچنین استفاده از جدول محاسباتی (۵-۲) امکان محاسبه ضخامت کل روسازی شنی میسر می‌شود.

omoorepeyman.ir

نظر به اینکه در این دستورالعمل معیار مقاومت و یا تحمل باربری خاکها CBR و یا ضریب برجهندگی (ضریب ارتجاعی) آنها است که بر اساس ضوابط و معیارهای مندرج در آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران آزمایش و مشخص می‌شوند، بایستی در مواردی که امکان انجام آزمایش ضریب برجهندگی جهت ارزیابی مقاومت خاک‌ها میسر نباشد از جدول (۵-۳) برای تبدیل CBR خاک بستر به ضریب برجهندگی و همچنین از نموگرام‌های (۵-۱۳) و (۵-۱۴) که به ترتیب برای تبدیل CBR لایه‌های زیراساس و اساس به ضریب ارتجاعی متناظر آنها و یا سایر پارامترهای مورد نیاز جهت طرح رویه‌های شنی ارائه شده‌اند استفاده گردد.

نحوه استفاده از نموگرام‌های اشکال (۵-۹)، (۵-۱۰)، (۵-۱۱) و (۵-۱۲) و همچنین استفاده از جدول محاسباتی (۵-۲) با ذکر یک مثال کاربردی بصورت گام به گام بشرح ذیل تشریح و ارائه می‌گردد:

گام اول: ابتدا چهار ضخامت مختلف (مثلاً ۱۰، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ سانتیمتر) که احتمالاً یکی از آنها ضخامت طرح رویه شنی خواهد بود انتخاب و سپس برای هر یک از ضخامت‌های محتمل یک جدول محاسباتی جداگانه نظیر جدول (۴-۵) تهیه شود. در این مثال کاربردی مراحل محاسباتی فقط برای یک روسازی شنی به ضخامت ۲۰ سانتیمتر ارائه شده است، لیکن ضرورت دارد که طراح مراحل محاسباتی را برای کلیه ضخامت‌های محتمل انجام داده و ضخامت بهینه را برحسب معیارهای خرابی کنترل کننده طرح (گام دوم) انتخاب نماید.

گام دوم: برای هر یک از ضخامت‌های محتمل مقادیر مربوط به حداکثر شیار یا گودافتادگی مجاز در مسیر عبور چرخها و همچنین حداکثر اختلاف بین نشانه خدمت اولیه و نهایی روسازی (معیارهای طرح ضخامت رویه‌های شنی) در جدول محاسباتی وارد می‌شوند. در این مثال حداکثر مقدار گودافتادگی مجاز معادل ۶/۳ سانتیمتر و حداکثر ΔPSI مجاز برابر عدد ۳ در نظر گرفته شده است.

گام سوم: ضرایب برجهندگی خاک بستر و مصالح قشر رویه شنی (M_R و E_{BS}) برحسب مقادیر متناظر آنها در فصول مختلف سال به ترتیب در ستونهای ۲ و ۳ جدول محاسباتی وارد می‌شوند. یادآوری می‌شود که همواره این احتمال وجود دارد که مدول ارتجاعی مصالح قشر رویه شنی متناسب با تغییرات فصلی ضریب برجهندگی خاک بستر راه تغییر نماید. به همین دلیل طراح روسازی بایستی در مراحل مختلف محاسباتی این مطلب را مدنظر داشته باشد. علی‌ایحال در این مثال کاربردی ضرایب ارتجاعی قشر رویه شنی برابر ۲۱۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و برای کلیه فصول سال ثابت و یکسان در نظر گرفته شده است.

گام چهارم: با فرض اینکه توزیع ترافیک برحسب محور ساده ۸/۲ تنی در طول سال یکنواخت باشد، ترافیک هر فصل در ستون چهارم جدول محاسباتی وارد شود (فصل به دوره‌ای اطلاق می‌شود که در طی آن دوره ضریب برجهندگی خاک بستر راه ثابت و یکسان باشد). در مناطق سردسیر در صورتی که خاک بستر راه یخزده و محدودیت تردد وسایل نقلیه وجود داشته باشد می‌بایست کل ترافیک را برحسب دوره هر فصل بین فصولی تقسیم نمود که در آن فصول محدودیت تردد وسایل نقلیه وجود ندارد.

گام پنجم: در جدول محاسباتی مربوط به هر یک از ضخامت‌های محتمل رویه شنی، با استفاده از نموگرام شکل (۵-۹)، تعداد محور ساده ۸/۲ تنی مجاز برای هر فصل براساس اختلاف نشانه خدمت اولیه و نهایی روسازی تخمین و در ستون پنجم جدول

omoorepeyman.ir

محاسباتی وارد می‌شود. در صورتیکه مقدار ضریب برجهندگی خاک بستر بیشتر از ۱۴۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد (در مواردی که خاک یخزده است) همواره این احتمال وجود دارد که تعداد محور ساده ۸/۲ تنی مجاز بیشتر از حد بالایی باشد که در نموگرام شکل (۵-۹) نشان داده شده است. در این‌گونه موارد حداکثر تعداد محور ساده ۸/۲ تنی مجاز برابر ۵۰۰۰۰۰ محور در نظر گرفته شود.

گام ششم: در جدول محاسباتی مربوط به هر یک از ضخامت‌های محتمل رویه شنی، با استفاده از نموگرام شکل (۵-۱۰)، تعداد محور ساده ۸/۲ تنی مجاز برای هر فصل، براساس حداکثر مقدار گودافتادگی مجاز در مسیر عبور چرخها تخمین و در ستون هفتم جدول محاسباتی وارد می‌شود. در این مورد نیز چنانچه مقدار ضریب برجهندگی خاک بستر بیشتر از ۱۴۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد، همواره این احتمال وجود دارد که تعداد محور ساده ۸/۲ تنی مجاز بیشتر از حد بالایی باشد که در نموگرام شکل (۵-۱۰) نشان داده شده است. در این گونه موارد نیز حداکثر تعداد محور ساده ۸/۲ تنی مجاز برابر ۵۰۰۰۰۰ محور در نظر گرفته شود.

گام هفتم: ضریب تخریب هر فصل از تقسیم ترافیک پیش‌بینی شده برای آن فصل (ستون چهارم جدول محاسباتی) به ترافیک مجاز آن فصل (ستونهای پنجم و هفتم جدول محاسباتی) محاسبه و به ترتیب در ستونهای ششم و هشتم جدول محاسباتی وارد می‌شوند.

گام هشتم: ضریب تخریب تجمعی مربوط به هر یک از معیارهای خرابی، از جمع ضرایب تخریب مربوط به هر فصل (جمع ردیف‌های هر یک از ستونهای ششم و هشتم جدول محاسباتی) محاسبه و در زیر هر یک از ستونهای مربوطه (ستون ششم و ستون هشتم) وارد می‌شوند. پس از تکمیل مراحل فوق برای هر یک از چهار ضخامت محتمل، بایستی نسبت به ترسیم منحنی تغییرات ضریب تخریب تجمعی هر یک از معیارهای خرابی برحسب هر یک از ضخامت‌های محتمل رویه شنی اقدام گردد (شکل (۵-۱۱)). با استفاده از این شکل و انتخاب ضریب تخریب تجمعی معادل واحد (برابر با عدد یک) برای هر یک از معیارهای خرابی ضخامت لازم قشر رویه شنی بدست می‌آید. در این مثال کاربردی، اختلاف بین نشانه خدمت اولیه و نهایی رویه شنی (ΔPSI) معیار کنترل کننده طرح است، بنابراین حداقل ضخامت قشر رویه شنی نباید از ۲۵ سانتیمتر کمتر باشد.

گام نهم: ضخامت محاسبه شده در گام هشتم به شرطی می‌تواند انتخاب شود که اولاً مقدار مصالح از دست رفته در طول بهره‌برداری از رویه شنی قابل اغماض باشد (به شن‌ریزی مجدد نیازی نباشد) و ثانیاً حداقل ضخامت رویه شنی تامین شده باشد. در صورتیکه مقدار مصالح قشر رویه شنی که در اثر جریان ترافیک و شرایط جوی از دست می‌روند قابل اغماض نباشد، ضخامت قشر رویه شنی بایستی بشرح ذیل اصلاح شود:

$$D_{BS} = \overline{D_{BS}} + \frac{1}{2}(AGL) \qquad (۵-۲)$$

که در آن:

$\overline{D_{BS}}$ - حداقل ضخامت قشر رویه شنی محاسبه شده در گام هشتم

چنانچه برای این مثال کاربردی، فرض شود که مقدار مصالح از دست رفته برابر ۵ سانتیمتر خواهد بود در نتیجه حداقل ضخامت لازم برای قشر رویه شنی با توجه به معیار کنترل طرح بایستی برابر با ۲۸ سانتیمتر انتخاب شود.

omoorepeyman.ir

گام دهم: به منظور اقتصادی نمودن طرح، استفاده مناسب و حتی‌المقدور بهینه از منابع قرضه طبیعی و همچنین محافظت رویه شنی از مضرات رطوبتی عوامل محیطی توصیه می‌شود که بخشی از ضخامت انتخاب شده در گام نهم به ضخامت معادل مصالح زیراساس تبدیل شود. برای تبدیل بخشی از ضخامت قشر رویه شنی به قشر زیراساس از نموگرام شکل (۵-۱۲) استفاده می‌شود. نحوه استفاده از نموگرام شکل (۵-۱۲) به این ترتیب است که ابتدا با تامین حداقل ضخامت قشر رویه شنی (۱۵ سانتیمتر) و در دست داشتن ضریب ارتجاعی مصالح زیراساس (۱۰۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در این مثال کاربردی) حداکثر کاهش ضخامت قشر رویه شنی (حداکثر ممکن) برابر ۱۳=۱۵-۲۸ سانتیمتر می‌شود.

سپس با در اختیار داشتن این مقدار و همچنین ضریب ارتجاعی قشر رویه شنی حداقل ضخامت لازم برای قشر زیراساس سنگی محاسبه می‌شود (برای این مثال کاربردی حداقل ضخامت قشر زیراساس سنگی برابر ۲۰ سانتیمتر بدست می آید).

جدول (۵-۲): جدول محاسباتی مقدار خرابی تجمعی روسازی (برای حداکثر مقدار شیار یا گودافتادگی مجاز در مسیر عبور چرخ‌ها و حداکثر اختلاف بین نشانه خدمت اولیه و نهایی روسازی) براساس ضخامت اساس

(برحسب سانتیمتر)= D_{BS} ، ضخامت اساس محتمل				حداکثر مقدار گودافتادگی مجاز (برحسب سانتیمتر) = RD		حداکثر اختلاف بین نشانه خدمت اولیه و نهایی ΔPSI =	
(۱) وضعیت رطوبتی فصلی خاک بستر	(۲) مدول برجهندگی خاک بستر M_R (kg/cm^2)	(۳) مدول لایه اساس E_{BS} (kg/cm^2)	(۴) تعداد محور ۸/۲ تنی پیش‌بینی شده $W_{۸.۲}$	(۵) تعداد محور ۸/۲ تنی مجاز $(W_{۸.۲})_{PSI}$	(۶) مقدار خرابی فصلی $\frac{W_{۸.۲}}{(W_{۸.۲})_{PSI}}$	(۷) تعداد محور ۸/۲ تنی مجاز $(W_{۸.۲})_{RUT}$	(۸) مقدار خرابی فصلی $\frac{W_{۸.۲}}{(W_{۸.۲})_{RUT}}$
زمستان (یخزده)							
بهار (اشباع)							
بهار/ پاییز (مرطوب)							
تابستان (خشک)							
= مقدار ترافیک تجمعی				= مقدار خرابی تجمعی		= مقدار خرابی تجمعی	

omoorepeyman.ir

جدول (۵-۳): تبدیل CBR خاک بستر روسازی به ضریب برجهندگی

ردیف	درصد CBR طرح خاک بستر روسازی	ضریب برجهندگی خاک بستر (۱) (kg/cm^2)
۱	$CBR \leq ۵$	۱۰۵ (CBR)
۲	$۵ \leq CBR < ۱۰$	۵۲۵ + ۳۵ (CBR - ۵)
۳	$۱۰ \leq CBR < ۱۵$	۷۰۰ + ۲۱ (CBR – ۱۰)
۴	$۱۵ \leq CBR < ۲۵$	۸۰۵ + ۱۴ (CBR – ۱۵)
		به شکل ۵ – ۱۴ مراجعه شود

(۱) برای CBR = ۴ ضریب برجهندگی برابر است با ۱۰۵× ۴ = ۴۲۰

omoorepeyman.ir

مثال

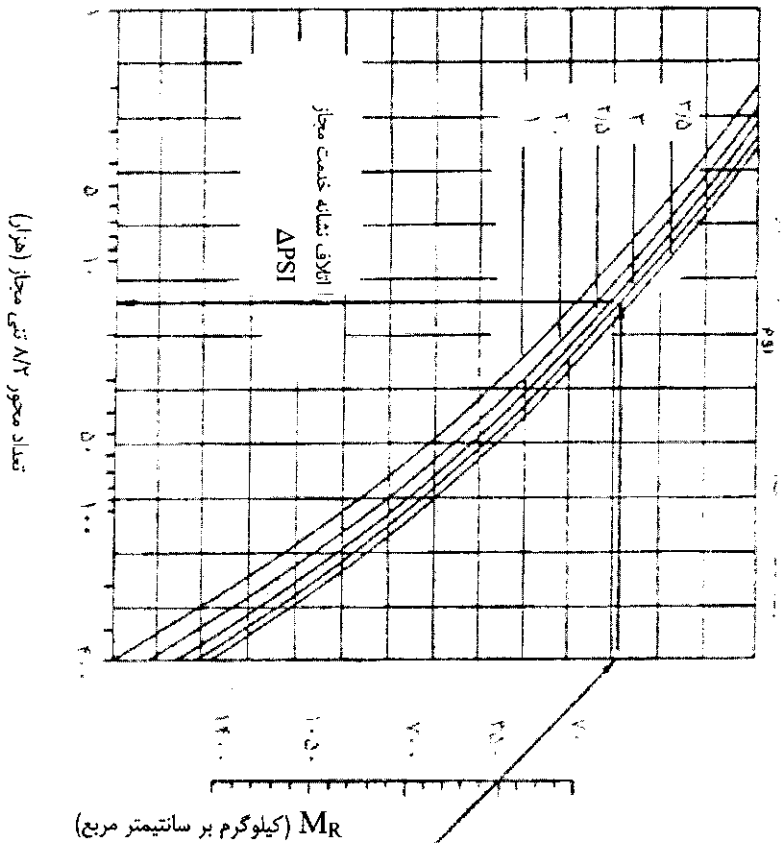
D_{BS}= ۲۰ سانتیمتر

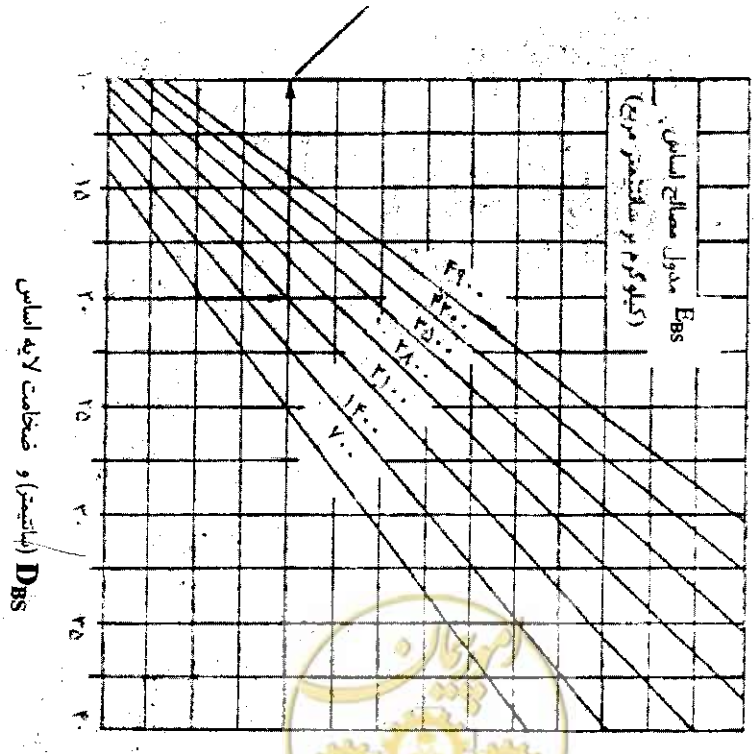
E_{BS}= ۲۱۰۰ کیلوگرم بر سانتیمترمربع

M_R= ۳۴۳ کیلوگرم بر سانتیمترمربع

ΔPSI=۳۰

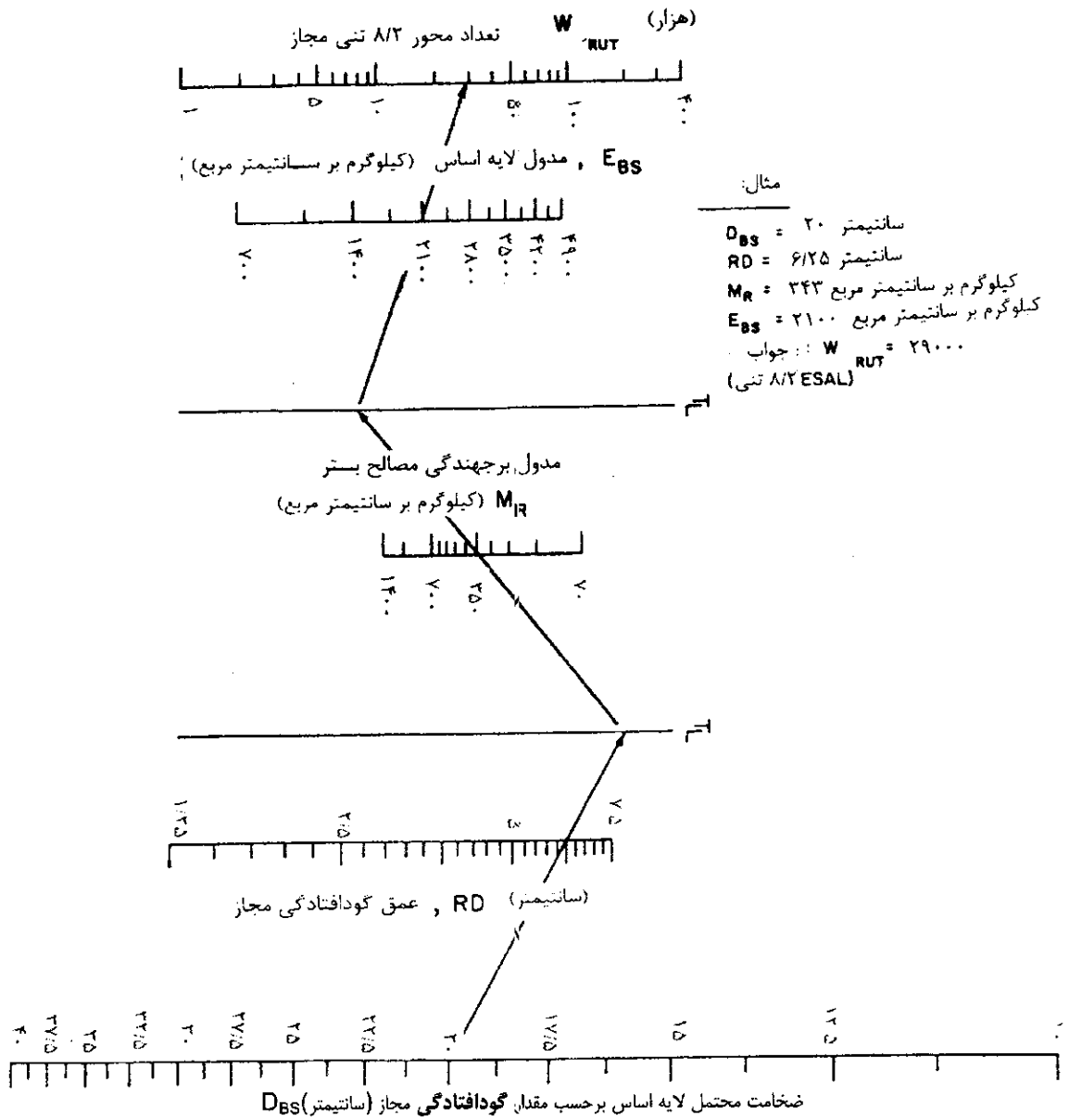
جواب: W_{PSI} =۱۶۰۰۰ تنی (۸/۲EASL)





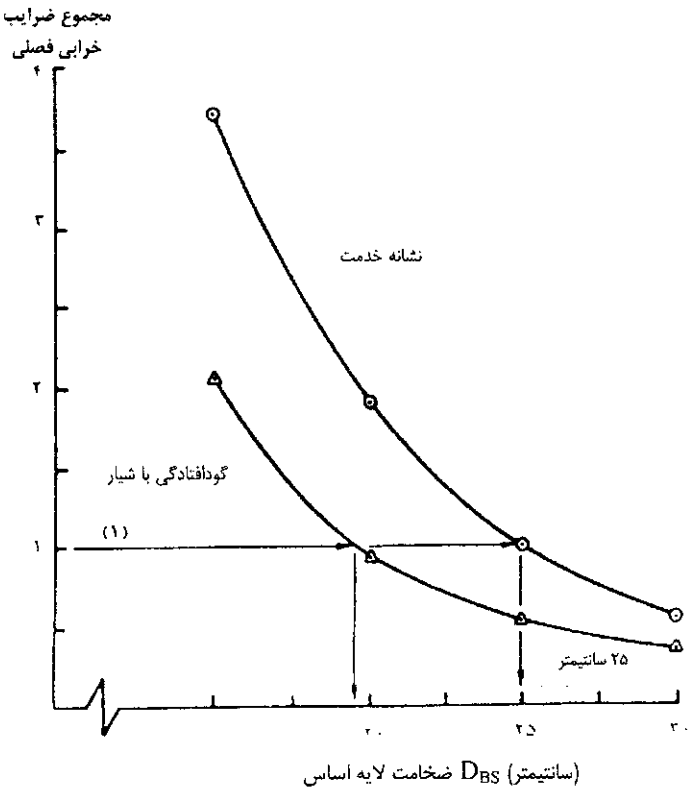
شکل (۵-۹) : نمودار طراحی رویه‌های شنی بر حسب کاهش نشانه خدمت مجاز روسازی [۲۳]

omoorepeyman.ir



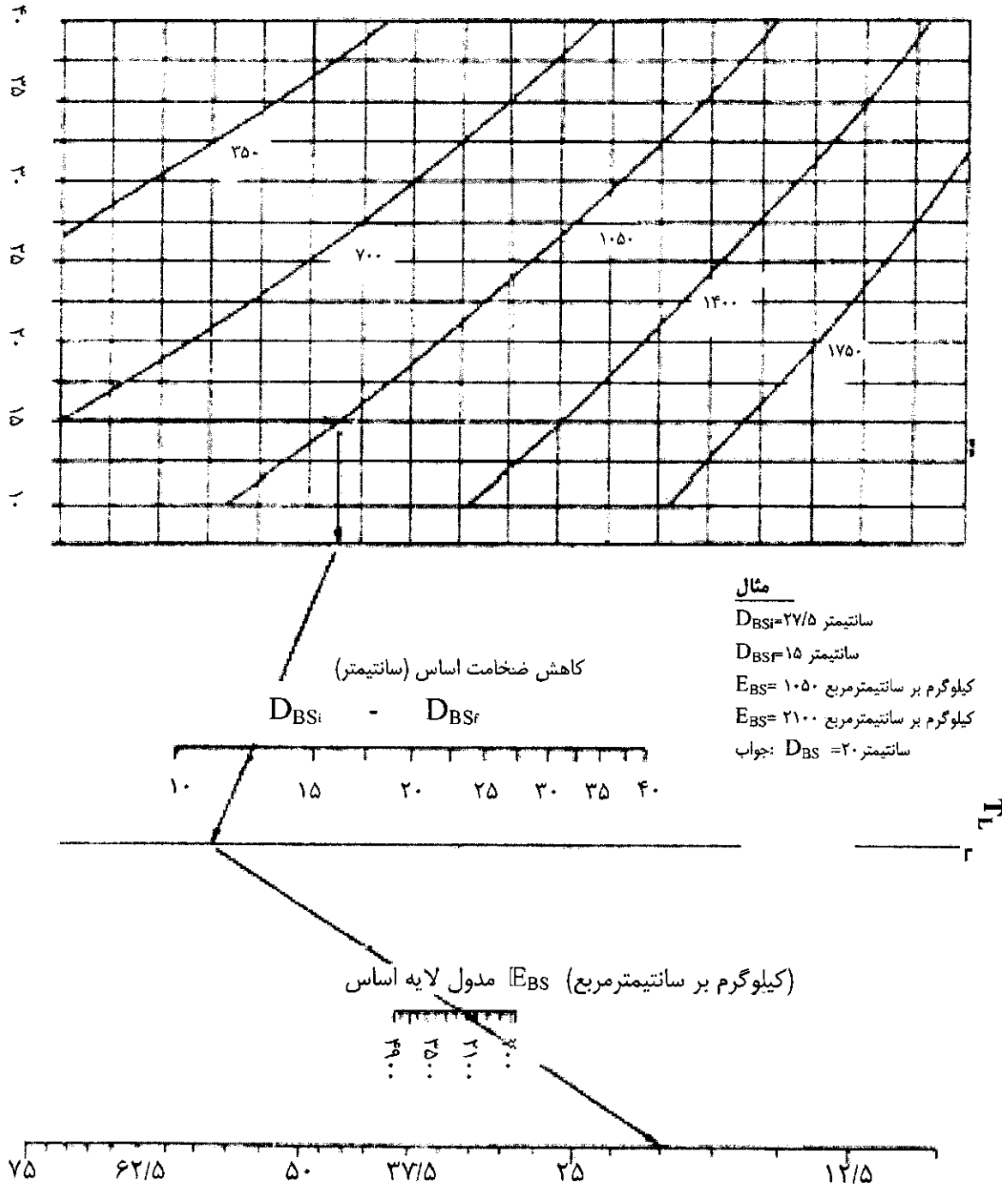
شکل (۵-۱۰) نمودار طرای رویه‌های شنی بر اساس مقدار گودافتادگی مجاز رویه‌های شنی

omoorepeyman.ir



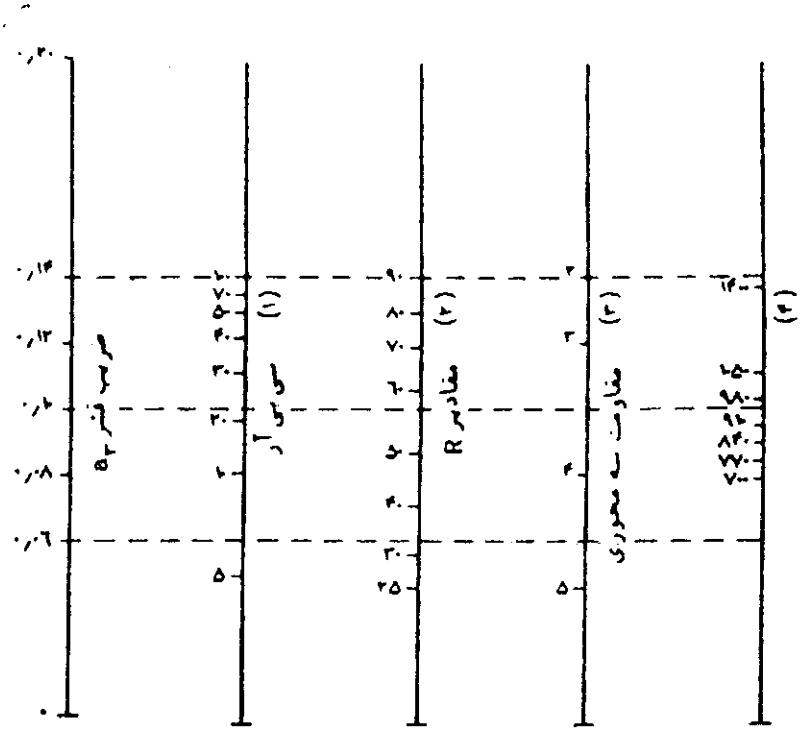
شکل (۵-۱۱) : مثالی از رابطه مجموع ضرایب خرابی فصلی بر حسب ضخامت لایه اساس بر حسب نشانه خدمت و گودافتادگی مجاز [۲۳]

omoorepeyman.ir

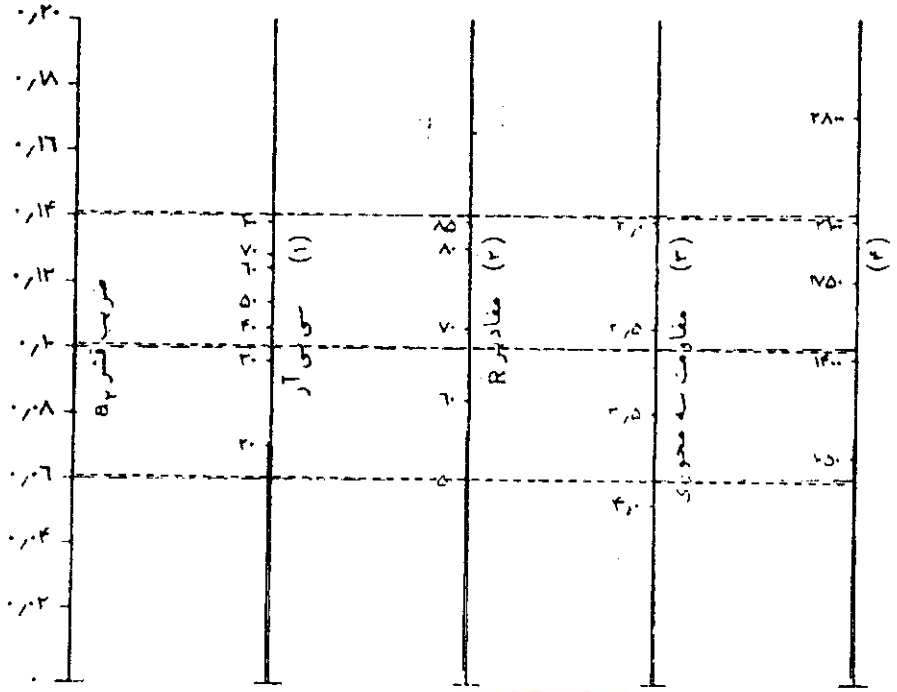


شکل (۵-۱۲) : نمودار تبدیل بخشی از ضخامت لایه اساس به ضخامت لایه زیر اساس معادل [۲۳]

omoorepeyman.ir



شکل(۵-۱۳) : نمودار CBR به ضریب ارتجاعی و همچنین تعیین ضریب لایه‌های زیر اساس(a_2) بر حسب CBR یا ضریب ارتجاعی [۲۳]



شکل(۵-۱۴) : نمودار CBR به ضریب ارتجاعی و همچنین تعیین ضریب لایه‌های زیر اساس(a_2) بر حسب CBR یا ضریب ارتجاعی [۲۳]

omoorepeyman.ir

جدول (۵-۴): مثال کاربردی از جدول محاسباتی مقدار خرابی تجمعی روسازی (برای حداکثر مقدار شیار یا گودافتادگی مجاز در مسیر عبور چرخ‌ها و حداکثر اختلاف بین نشانه خدمت اولیه و نهایی روسازی) براساس ضخامت اساس محتمل

۲۰ =(برحسب سانتیمتر) D_{BS} ، ضخامت اساس محتمل				حداکثر مقدار گودافتادگی مجاز ۶/۲۵ (برحسب سانتیمتر) = RD حداکثر اختلاف بین نشانه خدمت اولیه و نهایی ΔPSI = ۳			
(۱) وضعیت رطوبتی فصلی خاک بستر	(۲) مدول برجهندگی خاک بستر M_R (kg/cm^2)	(۳) مدول لایه اساس E_{BS} (kg/cm^2)	(۴) تعداد محور ۸/۲ تنی پیش‌بینی شده $W_{۸.۲}$	(۵) تعداد محور ۸/۲ تنی مجاز $(W_{۸.۲})_{PSI}$	(۶) مقدار خرابی فصلی $\frac{W_{۸.۲}}{(w_{۸.۲})_{PSI}}$	(۷) تعداد محور ۸/۲ تنی مجاز $(W_{۸.۲})_{RUT}$	(۸) مقدار خرابی فصلی $\frac{W_{۸.۲}}{(w_{۸.۲})_{RUT}}$
زمستان (یخزده)	۱۴۰۰	۲۱۰۰	۴۴۰۰	۴۰۰۰۰۰	۰/۰۱	۱۳۰۰۰۰	۰/۰۳
بهار (اشباع)	۱۰۵	۲۱۰۰	۲۶۰۰	۴۹۰۰	۰/۵۳	۸۴۰۰	۰/۳۱
بهار/ پاییز (مرطوب)	۲۳۱	۲۱۰۰	۷۰۰۰	۸۴۰۰	۰/۸۳	۲۰۰۰۰	۰/۳۵
تابستان (خشک)	۳۴۳	۲۱۰۰	۷۰۰۰	۱۶۰۰۰	۰/۴۴	۲۹۰۰۰	۰/۲۴
۲۱۰۰۰ = مقدار ترافیک تجمعی				۱/۸۱ = مقدار خرابی تجمعی		۰/۹۳ = مقدار خرابی تجمعی	

omoorepeyman.ir

فصل ششم

وسایل و تجهیزات ارزیابی روسازی‌ها

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

مقدمه

یکی دیگر از قابل اعتمادترین روش‌ها برای تعیین وضعیت سازه‌ای روسازی‌های تحت بهره‌برداری استفاده از روش آزمایش‌های غیرمخرب NDT (Non Distructive Testings) است.

آزمایش‌های غیرمخرب در مقایسه با آزمایش‌های مخرب دارای دو مزیت عمده می‌باشند، اول آنکه در آزمایش‌های مخرب به دلیل ماهیت این آزمایش‌ها لایه‌های روی هم قرار گرفته روسازی به دلیل برداشت و حمل مصالح به آزمایشگاه جهت انجام آزمایش دچار دست‌خوردگی می‌شوند در صورتیکه در آزمایش‌های غیرمخرب که در حقیقت یک آزمایش درجا (در محل) است، روسازی بدون هرگونه تغییر در خصوصیات مصالح مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

دومین مزیت آزمایش‌های غیر مخرب در آنست که نسبتاً سریع و کم هزینه بوده و اغلب به دلیل آنکه در روند ترافیک اخلال ایجاد نمی‌کنند، امکان انجام کامل و دقیق آزمایش فراهم می‌گردد.

وسایل و تجهیزات انجام آزمایش‌های غیرمخرب براساس بارگذاری روسازی و اندازه‌گیری حداکثر بازتاب (افت‌وخیز) سطحی حاصله عمل می‌کنند. نتایج حاصل از انجام آزمایش‌های غیرمخرب در روسازی‌های آسفالتی برای تعیین پارامترهای زر می‌توانند مورد استفاده و بهره‌برداری قرار گیرند:

۱- مدول الاستیسیته هر یک از لایه‌های روسازی

۲- کفایت سازه‌ای روسازی

۳- طرح ضخامت روکش برای تقویت روسازی

۴- حدود بارگذاری مجاز و ایجاد محدودیت برای بارهای بیش از مقدار مجاز

۵- تعیین عمر باقی‌مانده روسازی

با توجه به موارد فوق برای انتخاب بهترین گزینه ترمیم و نگهداری و یا بهسازی روسازی باید اطلاعات حاصله از آزمایش‌های غیرمخرب به همراه اطلاعات بدست آمده از اندازه‌گیری خرابیها تواماً بکار برده شوند. یادآوری و توصیه می‌شود که آزمایش‌های غیرمخرب پیش از آزمایش‌های مخرب انجام پذیرند تا انتخاب بهترین محل برای مغزه‌گیری و نمونه‌برداری از مصالح روسازی امکان‌پذیر باشد.

۶-۱- تجهیزات مورد نیاز برای تعیین افت‌وخیز روسازی‌ها

در عصر حاضر دستگاه‌ها و تجهیزات گوناگونی برای انجام آزمایش‌های غیرمخرب روسازی‌ها ابداع و به بازار جهانی عرضه شده است که برحسب توانایی (Function) به چهار گروه به شرح زیر دسته‌بندی می‌شوند:

۱- افت‌وخیزسنج استاتیکی غیر خودکار

۲- افت‌وخیزسنج استاتیکی خودکار

omoorepeyman.ir

۳- افت‌وخیزسنج دینامیکی پایدار

۴- افت‌وخیزسنج ضربه‌ای

به هر نوع وسیله یا دستگاهی که قادر به اندازه‌گیری و ثبت بازتاب (افت‌وخیز) روسازی تحت یک بار ایستا یا متحرک باشد افت‌وخیزسنج استاتیکی اطلاق می‌شود. تیر بنکلمن ساده‌ترین و معروفترین دستگاه افت‌وخیزسنج استاتیکی غیر خودکار (ثبت و برداشت اطلاعات به صورت دستی انجام می‌شود) و دفلکتوگراف (Deflectograph) ساده‌ترین و معروف‌ترین نوع خودکار تیر بنکلمن (افت‌وخیزسنج استاتیکی خودکار) می‌باشد.

به هر نوع وسیله و یا دستگاهی که مجهز به منبع تولید نیروی دینامیکی (Dynamic Force Generator) به منظور ایجاد ارتعاش و ارسال یک موج سینوسی پایدار و یکنواخت به درون روسازی بوده و همچنین قادر به اندازه‌گیری و ثبت بازتاب روسازی باشد افت‌وخیزسنج دینامیکی پایدار اطلاق می‌شود. داینافلکت (Dynaflect) ساده‌ترین و معروفترین دستگاه افت‌وخیزسنج دینامیکی پایدار است.

به هر نوع وسیله و یا دستگاهی که قادر به اعمال یک بار ضربه‌ای به سطح روسازی و اندازه‌گیری و ثبت بازتاب روسازی باشد افت‌وخیزسنج ضربه‌ای اطلاق می‌شود. داینا‌تست (Dynatest) معروفترین نوع افت‌وخیزسنج ضربه‌ای در آمریکا و دستگاه‌های کوآب (Kuab) و فونیکس (Phoenix) معروفترین نوع در اروپا هستند.

۶-۱-۱- تجهیزات افت‌وخیزسنج استاتیکی

تجهیزات افت‌وخیزسنج استاتیکی یک بار استاتیکی و یا یک بار متحرک با سرعت کم را بر سطح روسازی وارد می‌نمایند و افت‌وخیزهای حاصله را اندازه‌گیری می‌کنند. تجهیزات افت‌وخیزسنج استاتیکی رایج عبارتند از (الف) تیر بنکلمن (Bankleman Beam) و (ب) افت‌وخیزنمای لاکروآ (La Croix) [۱۳].

الف) تیر بنکلمن (Benkleman Beam)

این وسیله یا دستگاه یک افت‌وخیزسنج ساده دستی است که شامل یک تیر ثابت و یک میله اندازه‌گیری می‌شود. میله اندازه‌گیری در حدود ۳ متر طول داشته و در نقطه‌ای که در حدود ۲/۴ متر از سر آن فاصله داشته و بر روی سطح روسازی تکیه می‌کند دارای مفصل است. این دستگاه با قرار دادن نوک میله مذکور در بین چرخهای زوج یک کامیون حامل بار (معمولاً بار محوری استاندارد ۸/۲ تنی)، مورد استفاده قرار می‌گیرد. با فاصله‌گیری خودروی حامل بار از تیر تکیه‌گاهی حرکات روسازی به سمت بالا و پایین ثبت می‌شوند [۱۱].

برخی از مشکلاتی که این دستگاه با آن روبرو است عبارتند از:

۱- عدم اطمینان از قرارگیری تکیه‌گاه‌های جلویی در تقعر افت‌وخیز

۲- ناتوانی در تعیین شکل و ابعاد تقعر افت‌وخیز

omoorepeyman.ir

ب) افت‌وخیزسنج لاکروآ (La Croix Deflectograph)

این وسیله از دو دستگاه دارای تیرهای مخصوص تشکیل می‌شود که به کمک یک قاب یا شاسی مشترک بر روی یک کامیون سوار می‌شوند. این تیرها برای اندازه‌گیری افت‌وخیزهایی که بوسیله محور عقب خودرو ایجاد می‌شوند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. در طول آزمایش خودرو با سرعت ثابتی معادل ۴/۲ کیلومتر در ساعت در طول مسیر حرکت می‌کند. قاب دستگاه در مقابل چرخهای در حال حرکت زوج عقب تا تراز سطح روسازی پایین آورده می‌شود. تیرها در اثر افت‌وخیز ناشی از چرخ‌های نزدیک شونده چرخش می‌کنند. این چرخش بوسیله یک حسگر القایی اندازه‌گیری می‌شود و به افت‌وخیز تبدیل می‌گردد. اندازه‌گیری‌ها تا زمان عبور چرخ‌ها از نقطه‌ای که تیرها در تماس با روسازی هستند ادامه پیدا می‌کند. این روش امکان جمع‌آوری و تحلیل خودکار داده‌ها را فراهم می‌سازد. پس از پایان آزمایش، قابی که تیرها را نگه می‌دارد برداشته شده و وسیله‌نقلیه به طرف محل انجام آزمایش‌های بعدی حرکت می‌کند. بوسیله این تجهیزات می‌توان تقعر افت‌وخیز را تا زمانیکه پایه‌های قاب تحت تاثیر این تقعر قرار نگرفته‌اند تحلیل نمود. بارگذاری محور عقب این دستگاه را می‌توان از ۵/۴ تا ۱۱/۸ تن تغییر داد [۱۳].

۶-۱-۲- تجهیزات افت‌وخیزسنج دینامیکی پایدار

کلیه دستگاه‌های افت‌وخیزسنج دینامیکی با حالت پایدار براساس یک روش مشابه عمل می‌کنند. هنگامی که از این‌گونه دستگاه‌ها برای سنجش بازتاب روسازی استفاده می‌شود، ابتدا روسازی تحت یک پیش بارگذاری استاتیکی نسبتاً سنگین قرار می‌گیرد و یک ارتعاش سینوسی بوسیله یک مولد نیروی دینامیکی ایجاد می‌شود. مولد نیروی دینامیکی می‌تواند از نوع الکترومکانیکی و یا الکتروهیدرولیکی باشد. معمولاً برای ایجاد یک بار نوسانی، در سیستم الکترومکانیکی از جرم‌هایی که برخلاف جهت یکدیگر دوران دارند استفاده می‌شود، در حالیکه سیستم الکتروهیدرولیکی از جرمی که شتاب آن بوسیله یک فعال کننده هیدرولیکی با کنترل‌کننده Servo کم و زیاد می‌شود استفاده می‌نماید. یادآوری می‌شود که سیستم الکتروهیدرولیکی نسبت به سیستم الکترومکانیکی قادر به اعمال بارهای سنگین‌تری است.

دامنه نوسانات نیروی دینامیکی بین نقطه اوج تا نقطه زیر باید کمتر از نیروی استاتیکی باشد زیرا در غیر اینصورت دستگاه از سطح روسازی پرش خواهد کرد. در اغلب دستگاه‌های لرزشی حالت پایدار، امکان تغییر دامنه نوسان و فرکانس موج بنحوی که مقادیر گوناگون بار را تولید نماید وجود دارد. زمانی که یک قطعه روسازی بوسیله این تجهیزات مورد آزمایش قرار می‌گیرد می‌توان اطلاعات مربوط به افت‌وخیزها را برای مقادیر گوناگون بار بدست آورد. بطور کلی در روسازی ها رابطه بار- افت‌وخیز یک رابطه غیرخطی است. به همین دلیل با تغییر مقدار بار می‌توان شناخت بهتری از پاسخ روسازی نسبت به بارگذاری بدست آورد. مشکل بزرگ این تجهیزات در آن است که نیاز به پیش بارگذاری‌های استاتیکی نسبتاً سنگین دارد که این پیش بارگذاری ممکن است دقت آزمایش را بنحو محسوسی مخدوش نماید. معمولاً مصالح روسازی نسبت به اعمال تنش حساسیت نشان می‌دهند، به این معنی که منحنی آنها نسبت به سطح تنش وارده تغییر می‌نماید بنابراین یک پیش بارگذاری سنگین سختی مصالح را تغییر می‌دهد و اطلاعاتی را در مورد

omoorepeyman.ir

افت‌وخیزها تولید می‌کند که معرف چگونگی پاسخ واقعی روسازی تحت بار چرخ متحرک نخواهد بود. در ادامه به معرفی انواع تجهیزات افت‌وخیزسنج دینامیکی حالت پایدار پرداخته می‌شود:

الف) داینافلکت (Dynaflect)

داینافلکت از نخستین دستگاه‌های افت‌وخیزسنج دینامیکی حالت پایدار است که به بازار جهانی عرضه شده است. این دستگاه بر روی یک تریلر که به وسیله یک اتومبیل استاندارد قابل کشیده شدن است، سوار می‌شود. داینافلکت یک سیستم الکترومکانیکی است که مولد نیروی سیکلی از یک جفت چرخ لنگر بالانس نشده که در جهت های مختلف با سرعتی معادل ۴۸۰ دور در دقیقه یا ۸ سیکل در ثانیه دوران می‌کنند، تشکیل می‌شود. مولفه قائم شتاب جرم بالانس نشده این نیروی سیکلی را بوجود می‌آورد.

در سیستم داینافلکت یک وزن استاتیکی در حدود ۹۰۰ کیلوگرم به روسازی وارد می‌شود. در این سیستم از یک مولد نیروی دینامیکی برای ایجاد یک نیروی دینامیکی با نیرویی با دامنه‌ای در حدود ۴۵۰ کیلوگرم که دارای یک فرکانس ثابت بارگذاری برابر با ۸ سیکل در ثانیه باشد استفاده می‌شود. این بار به وسیله دو چرخ صلب فولادی اعمال می‌شود و افت‌وخیزهای حاصله به وسیله ۵ تبدیل کننده سرعت (ژئوفون) ثبت می‌گردند. تبدیل‌کننده‌ها به یک میله نصب و آویزان هستند و معمولاً یکی از آنها در بین دو چرخ و ۴ تبدیل کننده باقیمانده به فواصل ۳۰ سانتیمتری از یکدیگر قرار دارند.

برای انجام آزمایش این واحد را به محل مورد نظر انتقال می‌دهند و چرخ‌های بارگذاری و تبدیل کننده‌ها را تا تراز سطح روسازی پایین می‌آورند. پس از اتمام هر آزمایش، حساسه‌ها و چرخ‌های صلب فولادی را بالا برده و وسیله را به محل بعدی انتقال می‌دهند. در صورتی که محل‌های انجام آزمایش در فاصله کمی از یکدیگر قرار داشته باشند، واحد مذکور را می‌توان بر روی چرخ های صلب فولادی با حداکثر سرعت ۹/۶۵ Km/h جابجا نمود. در اغلب مدلهای جدید کلیه مراحل آزمایش‌ها بصورت کاملاً خودکار صورت می‌گیرد. محدودیت‌های قابل توجهی که این دستگاه از لحاظ فنی با آنها روبرو است عبارتند از (۱) حداکثر دامنه نیرو (از اوج تا زیر) در حدود ۴۵۰ کیلوگرم است که به عقیده بسیاری از دست‌اندرکاران این دامنه کم است و برای روسازی‌های تحت بارهای سنگین کفایت و دقت کافی را برای انجام آزمایش ندارد و (۲) نه مقدار بارگذاری و نه فرکانس آن را می‌توان تغییر داد. با همه این موارد سازمان‌هایی که سالها است از داینافلکت استفاده می‌کنند، موفق به ایجاد بانک اطلاعاتی قابل ملاحظه‌ای شده‌اند که استفاده بهتر از داده‌ها را تسهیل می‌نماید [۱۳].

ب) راه‌سنج (Road Rater)

در دستگاه راه‌سنج از یک سیستم الکتروهیدرولیکی مولد نیروی دینامیکی استفاده می‌شود. از این دستگاه مدل‌های گوناگونی وجود دارند از جمله مدل‌های B۴۰۰، B۲۰۰۰، B۲۰۰۸.

تفاوت این مدل‌ها در وهله نخست از لحاظ مقدار باری است که می‌توانند به روسازی وارد نمایند. مدل B۴۰۰ دارای طیف بارگذاری اوج تا زیر ۲۲۵ تا ۴۵۰ کیلوگرم است. در حالیکه این رقم برای مدل B۲۰۰۰ از ۴۵۰ تا ۲۵۰۰ کیلوگرم و برای مدل B۲۰۰۸ از ۴۵۰ تا ۳۶۰۰ کیلوگرم تغییر می‌نماید. صفحات بارگذاری در این دستگاه‌ها ابعاد مختلفی دارند. در هر دستگاه مقدار نیروی تولید شده

بوسیله یک تبدیل‌کننده کرنشی اندازه‌گیری می‌شود. فرکانس بارگذاری (با تناوب ۰/۱ سیکل در ثانیه) از ۵ تا ۷۰ سیکل در ثانیه تغییر می‌کند. طیف معمولی این تغییرات بین ۱۰ تا ۶۰ سیکل در ثانیه است. افت‌وخیز با استفاده از ۴ تبدیل کننده سرعت اندازه‌گیری می‌شود که همزمان با صفحه بارگذاری تا سطح روسازی پایین آورده می‌شوند. یکی از این حساسه‌ها را در مرکز سطح بارگذاری شده قرار می‌دهند در حالیکه ۳ حساسه دیگر به فواصل ۳۰ سانتیمتری از یکدیگر به یک میله متصل شده‌اند. مدلهای جدیدتر این دستگاه مجهز به یک کامپیوتر به منظور کنترل داده‌های برداشتی هستند و جمع‌آوری اطلاعات و عملیات آنها بطور کاملاً خودکار صورت می‌گیرد. محدودیت‌های فنی که این دستگاه با آنها روبرو است شامل محدود بودن سطح بارگذاری در برخی مدل‌ها و پیش بارگذاری استاتیکی بالا در مدلهای سنگین‌تر می‌باشد[۲۳].

ج) لرزاننده ۱۶ کیلو پوندی مدل WES (Waterways Experiment Station)

لرزاننده ۱۶ کیلو پوندی WES در یک نیم تریلر ۱۱ متری قرار می گیرد. این دستگاه در ((آزمایشگاههای WES)) متعلق به ارتش ایالات متحده ساخته شده است. در این وسیله یک پیش بارگذاری استاتیکی ۷۲۵۷ کیلوگرمی و یک بارگذاری دینامیکی با طیف اوج تا زیر حدود ۱۳۶۰۰ کیلوگرمی اعمال می‌شود. فرکانس بارگذاری را می‌توان از ۵ تا ۱۰۰ سیکل در ثانیه تغییر داد. آزمایش‌ها معمولاً در فرکانس ۱۵ سیکل در ثانیه انجام می‌شوند. بار دینامیکی اعمال شده توسط مجموعه‌ای از ۳ بارسنج که بر روی یک صفحه بارگذاری ۴۵/۷ سانتیمتری (۱۸ اینچی) سوار می‌شوند، اندازه‌گیری می‌شود. تبدیل کننده‌های سرعت، افت‌وخیزها را در زیر صفحه بارگذاری و در فواصل از پیش تعیین شده‌ای از آن اندازه‌گیری می‌کنند. با استفاده از این دستگاه کل عملیات بصورت خودکار انجام می‌شود. یادآوری می‌شود که این دستگاه مخصوص ارزیابی فرودگاه‌ها طراحی شده است و موسسه WES بر این عقیده است که برای مدل کردن پاسخ روسازی نسبت به بارهای وارده سنگین، اعمال یک پیش بارگذاری سنگین ضرورت دارد [۱۳].

۶-۱-۳- تجهیزات افت‌وخیزسنج ضربه‌ای

دستگاه افت‌وخیزسنج ضربه‌ای عبارتست از نوعی افت‌وخیزسنج که براساس سقوط یک وزنه کار می‌کند. نیروی لازم به وسیله یک جرم (وزنه سقوط کننده) که به سیستم هدایت کننده متصل است ایجاد می‌شود. این جرم تا ارتفاع از پیش تعیین شده بالا آورده شده و سپس رها می‌شود. منحنی ضربانی حاصله که به روسازی منتقل می‌شود به یک موج نیمه سینوسی شباهت دارد. شکل منحنی بارگذاری و مدت زمان ضربه اثر قابل ملاحظه‌ای بر افت‌وخیز اندازه‌گیری شده دارد.

تجهیزات ضربه‌ای قادرند باری معادل ۱۳۶۰ تا بیش از ۲۲۰۰۰ کیلوگرم را برحسب نوع دستگاه به روسازی وارد نمایند. دستگاه‌های افت‌وخیزسنج ضربه‌ای، دارای پیش بارگذاری‌های استاتیکی نسبتاً کمی هستند. در این نوع دستگاه‌ها پیش بارگذاری‌ها ممکن است از چند صد تا چند هزار کیلوگرم بسته به نوع دستگاه تغییر نماید. این انعطاف‌پذیری در نوع پیش بارگذاری برای دستگاه‌های ضربه‌ای باعث می‌شود که بتوان از تاثیرات منفی یک پیش بارگذاری سنگین (که در بازتاب روسازی موثر است) اجتناب کرد.

omoorepeyman.ir

در ادامه به معرفی سه مدل مختلف از دستگاه‌های بارگذاری ضربه‌ای پرداخته می‌شود:

الف) مدل دایناتست (Dynatest)

افت‌وخیزسنج وزنه‌ای مدل دایناتست ۸۰۰۰ (Dynatest ۸۰۰۰) سیستمی است که بر روی یک تریلر (یدک) که به وسیله اتوموبیلی با ابعاد استاندارد کشیده می‌شود، سوار می‌گردد. با تغییر ارتفاع سقوط آزاد وزنه و همچنین مقدار وزنه، می‌توان مقدار نیروی وارده را از ۶۸۰ تا ۱۰۸۰۰ کیلوگرم تغییر داد. در مدل‌های جدید این مقدار به بیش از ۲۲۶۰۰ کیلوگرم می‌رسد. این سیستم برای ۴ ارتفاع سقوط آزاد متفاوت بدون آنکه محل ماشه تغییر نماید با دست قابل تنظیم است. سیستم ضربه‌گیری که وزنه با آن برخورد می‌کند براساس اندازه وزنه تغییر می‌نماید. به این ترتیب یک ضربان بار با موج تقریباً نیمه سینوسی تولید می‌شود. این ضربان به یک صفحه بارگذاری به قطر ۳۰ سانتیمتر منتقل شده و توسط یک تبدیل کننده کرنشی مقدار بار وارده اندازه‌گیری می‌شود.

افت‌وخیزها با استفاده از تعدادی تبدیل کننده سرعت (Velocity Transducers) (معمولاً ۷ عدد) اندازه‌گیری می‌شوند که همگی بر روی میله‌ای که بطور خودکار همراه با صفحه بارگذاری تا سطح روسازی پایین آورده می‌شود قرار دارند. یادآوری می‌شود که یکی از تبدیل کننده‌ها در مرکز صفحه بارگذاری قرار دارد.

دستگاه دایناتست مجهز به یک کامپیوتر است که درون خودروی یدک کش مستقر شده و کل عملیات را تحت کنترل داشته و اطلاعات رسیده از حساسه‌ها (Sensors) را ضبط می‌کند [۱۱].

ب) مدل فونیکس (Phoenix)

افت‌وخیزسنج وزنه‌ای مدل فونیکس نیز نظیر مدل دایناتست یک سیستم تک جرمی است که در دوران نخست پیدایش دستگاه‌های افت‌وخیزسنج ضربه‌ای ابداع و به بازار اروپا و آمریکا عرضه شد.

نحوه بارگذاری در این سیستم نظیر سیستم دایناتست است، با این تفاوت که علی‌رغم آنکه ارتفاع سقوط آزاد وزنه قابل تغییر است مقدار وزنه ثابت و غیر قابل تغییر می‌باشد. علاوه بر آن در این افت‌وخیزسنج فقط از سه عدد تبدیل‌کننده سرعت برای اندازه‌گیری بازتاب روسازی استفاده می‌شود [۱۳].

ج) مدل کوآب (Kuab)

سیستم افت‌وخیزسنج کوآب یک بازتاب سنج دوجرمی است که سیستم بکار رفته در آن یک سیستم مولد نیرو می‌باشد. در یک سیستم تک جرمی، جرم بر روی ضربه‌گیرهای لاستیکی که بار را به صفحه بارگذاری منتقل می‌کنند، سقوط می‌کند. در یک سیستم دوجرمی جرم اول بر روی ضربه‌گیرهای لاستیکی سقوط می‌کند که به نوبه خود نیرو را به یک جرم دوم (جرم میانگیر) منتقل می‌نمایند. جرم میانگیر نیرو را به زوج دیگر ضربه‌گیرهای لاستیکی منتقل می‌نماید که به نوبه خود آنرا به صفحه بارگذاری انتقال می‌دهند [۱۳].

استفاده از سیستم دوجرمی باعث ایجاد یک ضربان ملایم‌تر از ضربان تولید شده به وسیله یک سیستم تک جرمی می‌گردد. ضربانی که دستگاه کوآب ایجاد می‌کند از ۱۳۶۰ تا ۳۰۰۰۰ کیلوگرم بسته به نوع و مدل دستگاه تغییر می‌کند. بارگذاری ضربانی را در

omoorepeyman.ir

این دستگاه می‌توان از طریق دو نوع صفحه بارگذاری به قطرهای ۳۰ یا ۴۵ سانتیمتری به روسازی وارد نمود. هر صفحه بارگذاری به ۴ قطعه ربع دایره تقسیم شده است که به یک اتاقک فشار هیدرولیکی معمولی منتهی می‌شوند تا به این ترتیب هریک از قطعات صفحه بارگذاری بتوانند شکل خود را بطور آزاد بر شکل سطح لایه روسازی تحت آزمایش انطباق دهند.

ضربان بار بوسیله یک بارسنج اندازه‌گیری می‌شود، در صورتی‌که افت‌وخیزها با استفاده از یک تبدیل‌کننده جابجایی یا تغییر مکان از نوع لرزه ای محض (لرزه سنج) اندازه‌گیری می‌شوند. برای این منظور یک لرزه سنج را در مرکز صفحه قرار می دهند. سایر لرزه سنج‌ها را بر روی یک میله سوار می‌کنند که بطور خودکار به همراه صفحه بارگذاری تا سطح روسازی پایین آورده می‌شود. علائم صادره از بارسنج و لرزه سنج‌ها بوسیله کامپیوتری که در خودروی کشنده مستقر می‌باشد و عملکرد دستگاه را بطور کامل کنترل می‌کند پردازش می‌شوند. بطور کلی و برای ارزیابی بازتاب روسازی در اثر ضربه بهتر است از تجهیزاتی استفاده شود که ضربان بار تولید شده بوسیله آنها قادر به شبیه سازی بار چرخ متحرک باشد. یادآوری می‌شود که هم زمان اوج گیری ضربان بار و هم مقدار بار دارای اهمیت هستند و بنظر می‌رسد که دستگاه‌های افت‌وخیزسنج ضربه‌ای، تاثیر کامیون‌های سنگین در حال حرکت را بهتر از سایر دستگاه‌ها شبیه‌سازی کنند. ذکر این نکته ضرورت دارد که در استفاده از دستگاه‌های افت‌وخیزسنج ضربه‌ای برای بارگذاری سبک باید جانب احتیاط بیشتری رعایت شود، زیرا که رابطه بار- افت‌وخیز در شرایط بارگذاری سبک لزوماً خطی نبوده و بارهای سبک ممکن است دقت پاسخ واقعی روسازی را که تحت بارهای سنگین بدست می‌آیند ارائه ندهند.

۶-۱-۴- موارد استفاده از آزمایش‌های غیرمخرب در تعمیر و نگهداری روسازی راه‌ها

از آزمایش‌های غیرمخرب در سطوح گوناگون برای ارزیابی و متعاقباً بازسازی، تعمیر و نگهداری روسازی‌های مختلف استفاده می‌شود. در سطح شبکه از آزمایش‌های غیرمخرب برای طبقه‌بندی قطعات روسازی به زیربخشهایی که دارای قابلیت‌های سازه‌ای مشابه هستند استفاده می‌شود. علاوه بر آن از آزمایش‌های غیرمخرب می‌توان برای پیش‌بینی وضعیت روسازی و همچنین تعیین زیربخشهایی از روسازی که باید در سطح پروژه آزمایش و ارزیابی شوند، استفاده نمود. بدون انجام آزمایش‌های غیرمخرب همواره این احتمال وجود دارد که برای دسته‌بندی روسازی به زیربخشهای یکسان، قطعه‌بندی فقط براساس خرابی‌های ظاهری و سطحی بدون آنکه مقاومت و وضعیت سازه‌ای قطعه در دسته‌بندی لحاظ و رعایت شده باشد انجام شود که برخلاف واقعیت و فرضیاتی است که برای قطعه‌بندی یا تقسیم روسازی به زیربخش‌های یکسان ملاک دسته‌بندی قرار می‌گیرد. علاوه بر آن دسته‌بندی بدون تعیین وضعیت سازه‌ای قطعه ممکن است منجر به اشتباه در برنامه‌ریزی به منظور نگهداری، تعمیر یا بازسازی روسازی شود و یا اینکه منجر به جمع‌آوری اطلاعات کمتر و یا بیشتر از آنچه مورد نیاز است گردد.

در سطح شبکه طبقه بندی روسازی به زیربخشهایی که از نظر سازه‌ای به یکدیگر شباهت دارند برای مواردیکه نیاز به مدلهای منطقی پیش‌بینی وضعیت روسازی است اهمیت ویژه دارد. در سطح پروژه نیز از آزمایش‌های غیرمخرب برای تشخیص محل و علت گسیختگی ها در روسازی های انعطاف‌پذیر استفاده می‌شود.

omoorepeyman.ir

از آزمایش‌های غیرمخرب هم در سطح شبکه و هم در سطح پروژه می‌توان برای انجام محاسبات معکوس به منظور تعیین مدول لایه‌ها و همچنین تعیین حدود بار مجاز و عمر باقیمانده روسازی و طراحی روکش استفاده نمود. در محاسبات معکوس برای تعیین مدول لایه‌ها معمولاً از روشهای تئوریک استفاده می‌شود. به این ترتیب که ابتدا با یافتن مدول‌هایی که افت‌وخیز یکسانی را با مقادیر اندازه‌گیری شده در محل ایجاد می‌کنند، انجام می‌شود. با این وجود در این فرآیند محاسبات به قضاوت مهندسی نیز نیاز است، زیرا این امکان وجود دارد که ترکیب‌های متعددی از مدول لایه‌ها وجود داشته باشند که با تقریب کافی و حتی زیادی با افت‌وخیزهای اندازه‌گیری شده در محل مطابقت داشته باشند. هرچه تعداد لایه‌ها بیشتر باشد انجام این کار مشکلتر خواهد شد. پس از برآورد مدول اولیه لایه‌ها، تنش‌ها و کرنش‌های ناشی از ترافیک، محاسبه و عمر خستگی روسازی پیش‌بینی می‌شود. از این داده‌ها می‌توان در آینده برای تخمین ضخامت لازم برای روکش و یا تعیین حدود بارگذاری مجاز برای روسازی استفاده نمود.

۶-۲- تجهیزات مورد نیاز برای اندازه‌گیری و تحلیل ناهمواری‌ها

ناهمواری یک شاخص با اهمیت در رابطه با راحتی سواری و ایمنی روسازی است. برای راننده اتوموبیل، رانندگی در راه‌های ناهموار به معنی فقدان راحتی و کاهش سرعت، خرابی احتمالی وسیله‌نقلیه و افزایش هزینه‌های عملیاتی است. بنابراین ناهمواری یک نوع شاخص وضعیت است که باید به هنگام ارزیابی روسازی راه‌های اصلی به دقت مورد مطالعه قرار گیرد.

امروزه بکارگیری و بهره‌برداری از ناهمواری‌های اندازه‌گیری شده برای تعمیر و نگهداری روسازی‌ها چه در سطح شبکه و چه در سطح پروژه استفاده فراوان می‌شود. استفاده از این شاخص در سطح شبکه بمنظور تقسیم شبکه به زیربخشهای یکنواخت، تعیین حدود رواداری وضعیت قابل قبول و تعیین اولویت‌های ترمیم و نگهداری صورت می‌گیرد. در تعدادی از سازمان‌ها نشانه وضعیت ناهمواری را با سایر نشانه‌های وضعیت نظیر نشانه وضعیت خرابی، ترکیب می‌کنند تا نشانه مرکبی که از آن در فعالیت‌های گوناگون استفاده می‌شود بدست آید. در عین حال تشخیص این نکته دارای اهمیت است که اگرچه ناهمواری معیاری برای راحتی استفاده‌کنندگان و نشانه‌ای برای ایمنی در رانندگی است لیکن این پارامتر بخودی خود الزاماً شاخص مناسبی برای تعیین ضرورت کلی ترمیم و نگهداری نمی‌باشد. علاوه بر این ممکن است شاخص ناهمواری مناسبترین زمان‌بندی رااز نظر اقتصادی برای اجرای ترمیم اساسی بدست ندهد. برای مثال یک روسازی آسفالتی ممکن است که از لحاظ سازه‌ای دارای نقص بوده و دچار ترک‌های پوست سوسماری با شدت کم شده باشد لیکن از نظر راحتی سواری‌دهی هنوز در سطح قابل قبولی باشد. با این وجود این روسازی باید قبل از اینکه زمان بهینه برای ترمیم آن سپری شود، در فهرست ارزیابی فوری و تفصیلی در سطح پروژه و ترمیم سازه‌ای قرار گیرد.

اندازه‌گیری ناهمواری‌ها در سطح پروژه به منظور تعیین مکان سطوح دارای ناهمواری بیش از حد مجاز و همچنین کنترل کیفیت روسازی در مرحله ساخت است. سطوح دارای ناهمواری بیش از حد را می‌توان با بررسی منحنی تغییرات نشانه ناهمواری نسبت به مسافت شناسایی نمود. اجرای کنترل کیفیت در مرحله ساخت را نیز می‌توان با تعیین حدود رواداری قابل قبول برای ناهمواری‌ها اعمال نمود. این حدود باید در رابطه با روش‌های خاص تحلیلی بکار برده شوند که در بخش ارزیابی روسازی‌ها به آنها اشاره شده

omoorepeyman.ir

است. یادآوری می‌شود که اندازه‌گیری ناهمواری‌ها برای همه موارد تحلیل پروژه نه تنها ضرورت ندارد بلکه اقتصادی نیز نیست. برای مثال در بازسازی یک روسازی اندازه‌گیری ناهمواریها جز برای سوابق اطلاعاتی ارزش دیگری ندارد.

۶-۲-۱- سیستم های اندازه‌گیری ناهمواری ها

در حال حاضر سازمان‌های مسئول حفظ و نگهداری روسازی راه‌ها از نشانه‌های ناهمواری متعددی برای ارزیابی روسازی‌ها استفاده می‌کنند. این نشانه‌ها یا براساس تحلیل نیمرخ طولی روسازی و یا براساس اندازه‌گیری‌های یک راه‌سنج است که بر روی یک وسیله‌نقلیه نصب می‌شود. این روش اندازه‌گیری به سیستم اندازه‌گیری ناهمواری براساس پاسخ روسازی موسوم است. نشانه‌های بدست آمده از سیستم نوع پاسخ به نوع وسیله‌نقلیه وابسته هستند و بدلیل آنکه ویژگی‌های وسیله‌نقلیه در طول زمان تغییر می‌کنند، بنابراین حتی اگر مجدداً از همان وسیله‌نقلیه برای آزمایش استفاده شود معمولاً همان نتایج اولیه حاصل نمی‌شود. به عبارت دیگر نتایج غیر قابل تکرارخواهد بود، در حالیکه نشانه‌های حاصل از تحلیل نیمرخ طولی سطح روسازی قابل تکرار هستند زیرا براساس مدلهای ریاضی نیمرخ طولی اندازه‌گیری شده می‌باشند.

در گذشته نشانه‌های ناهمواری بدست آمده از نیمرخ به دلیل هزینه زیاد وسایل اندازه‌گیری نیمرخ کاربری چندانی نداشتند. امروزه این موضوع دیگر صدق نمی‌کند و تعداد بیشتری از سازمانهای مسئول راه در جهان به سیستم‌های اندازه‌گیری نیمرخ روی آورده اند.

۶-۲-۲- وسایل اندازه‌گیری نیمرخ

۶-۲-۲-۱- میر نقشه‌برداری، ترازیاب و متر

این وسیله اندازه‌گیری سنتی شامل یک میر نقشه‌برداری برای اندازه‌گیری دقیق پستی و بلندی پروفیل طولی سطح روسازی، یک ترازیاب برای تعیین تراز سطح (خط افق) و یک متر برای علامت‌گذاری فاصله طولی نقاط اندازه‌گیری شده می‌شود.

۶-۲-۲-۲- نیمرخ سنج استاتیکی آزمایشگاه تحقیقات راه و حمل و نقل

این وسیله از یک تیر آلومینیومی ۳ متری که به منظور تراز کردن در هر انتها بر روی یک سه پایه قابل تنظیم قرار دارد، تشکیل می‌شود. یک چرخ به قطر ۲۵۰ میلیمتر بین دو انتهای تیر حرکت می‌کند و تغییر مکان‌های قائم را به فواصل افقی هر ۱۰۰ میلیمتر با دقتی معادل ۱ میلیمتر در راستای قائم ثبت می‌نماید. با تغییر محل تیر بر روی قطعات متوالی ۳ متری یک نیمرخ پیوسته بدست می آید [۱۳].

omoorepeyman.ir

۶-۲-۲-۳- نیمرخ سنج عصایی (Dipstick Auto-Rend Round Profiler)

طرز کار این دستگاه به این صورت است که فرد کاربر در حالیکه نیمرخ‌یاب را مانند عصایی در دست گرفته است آنرا روی روسازی و در راستای خط نقشه‌برداری راه می‌برد و در عین حال دستگاه را حول هر یک از پایه‌هایی که دستگاه روی آنها تکیه دارد به نوبت می‌چرخاند. به این ترتیب اختلاف ارتفاع بین دو تکیه‌گاه نیمرخ سنج تعیین شده و بطور خودکار ثبت می‌شود. این وسیله دارای دقتی معادل ۰/۱۵ میلیمتر بازاء هر قرائت است. تحلیل داده‌ها برای محاسبه نشانه ناهمواری بین‌المللی IRI مورد استفاده قرار می‌گیرد که معمولاً به صورت کامپیوتری انجام می‌شود و یک نمودار پیوسته از نیمرخ سطحی چاپ می‌شود [۱۳].

۶-۲-۲-۴- نیمرخ سنج مدل DNC- ۶۹۰ ساخت شرکت K.J.Law

این نیمرخ سنج نمونه پیشرفته‌ای از نیمرخ سنج اولیه GM است که در سال‌های ۱۹۶۰ با استفاده از ایده نیمرخ سنج ثابت ساخته شد. مدل اولیه شامل دو چرخ است که به یک فنر فشرده متصل شده که روی بازوهایی در زیر وسیله‌نقلیه نصب است. این بازوها بوسیله نیروی ۱۳۶ کیلوگرمی اعمال شده به فنر با سطح راه در تماس نگه داشته می‌شوند. یک اندازه‌گیر الکترونیکی مخصوص (پتانسیل سنج خطی)، تغییر مکان نسبی بین سطح راه و یک مبنای ثابت را اندازه‌گیری می‌کند. حرکات شاسی یا قاب وسیله‌نقلیه براساس انتگرال‌گیری مضاعف از سیگنال شتاب سنج‌ها که بر روی قاب بالای هر یک از چرخ‌های عقب سوار شده‌اند اندازه‌گیری می‌شوند. این شتاب‌ها حرکات قائم وسیله‌نقلیه را نسبت به مبنای ثابت اندازه‌گیری و حرکات قاب را به تغییر مکانهای نسبی اضافه می‌نمایند. به این ترتیب دو نیمرخ حاصل می‌شود که یکی برای مسیر چرخ راست و دیگری برای مسیر چرخ چپ است.

اصلاحاتی که بوسیله مهندسین شرکت K.J.Law نسبت به مدل اولیه صورت گرفته است شامل دیجیتالی‌نمودن سیستم اندازه‌گیری ناهمواری است که با تعبیه یک حسگر بدون تماس (حسگر دیجیتالی که برای اندازه‌گیری و ثبت ناهمواری سطح روسازی نیازی به تماس با روسازی ندارد) و بکار بردن روشی خاص برای پردازش دیجیتالی داده‌ها به منظور محاسبه نیمرخ اندازه‌گیری و برداشت شده سطح راه می‌باشند. در روش پردازش فوق که به عنوان یک ابتکار نیز به ثبت رسیده است، نیمرخ‌هایی تولید می‌شوند که مستقل از سرعت اندازه‌گیری و تغییرات سرعت در طول اندازه‌گیری هستند [۱۳].

کلمه اختصاری ((Digital Noncontacting (DNC) در مدل فوق به معنی «دیجیتالی بدون تماس» است. نیمرخ‌ها بوسیله یک سیستم اندازه‌گیری بینایشگر (Optical) تغییر مکان‌ها را بطور دقیق در امتداد مسیر حرکت چرخ‌های طرف راست و چپ اندازه‌گیری می‌شوند. لازم به ذکر است که نرم افزار تهیه شده برای خواندن داده‌های برداشت شده توسط این دستگاه می‌تواند شاخص IRI روسازی را نیز محاسبه نماید.

۶-۲-۲-۵- ناهمواری‌سنج مدل ۸۳۰۰ ساخت شرکت K.J.Law

این بسته سخت افزاری از یک سیستم ماورای صوت و یک شتاب سنج قائم تشکیل می‌شود و قابلیت نصب بر روی اغلب اتومبیل‌های سواری را دارد [۱۳].

omoorepeyman.ir

ناهمواری‌یاب مدل ۸۳۰۰ یک نیمرخ سنج تک مسیری (Single-Track Profilometer) است که منحصراً برای اندازه‌گیری نشانه ناهمواری روسازی طراحی شده است. این وسیله نیمرخ را ثبت نمی‌کند بلکه بجای آن نشانه ناهمواری روسازی را ضمن اندازه‌گیری نیمرخ طولی محور راه محاسبه می‌نماید.

۶-۲-۲-۶- نیمرخ یاب داکوتای جنوبی (South Dakota Profiler)

این سیستم از یک حسگر ماورای صوت که همراه با یک شتاب سنج قائم بر روی سپر جلوی یک وسیله‌نقلیه نصب می‌شود تشکیل شده است. در این سیستم از یک کامپیوتر و یک وضعیت سنج الکترونیکی که در داخل وسیله‌نقلیه قرار می‌گیرد نیز استفاده می‌شود.

سیستم نیمرخ سنج داکوتای جنوبی از یک روش منحصر به فرد برای محاسبه نیمرخ استفاده می‌نماید. سیگنال شتاب سنج به فواصل زمانی ثابت (که بوسیله ساعت کامپیوتر کنترل می‌شوند) ارسال و نمونه‌های برداشت شده به روش انتگرال‌گیری عددی مضاعف ارتفاع مطلق وسیله‌نقلیه را در هر فاصله زمانی محاسبه و به هنگام می‌کند. در این روش برای محاسبه ارتفاع وسیله‌نقلیه، اندازه‌گیری سرعت حرکت وسیله‌نقلیه ضرورتی ندارد. فواصل نسبی که به وسیله ارتفاع‌سنج ماورای صوت اندازه‌گیری می‌شوند، در امتداد طول راه برداشت شده و به این ترتیب ارتفاع نسبی وسیله‌نقلیه (بصورتی که بوسیله حسگر ماورای صوت اندازه‌گیری شده است) از آخرین ارتفاع مطلق وسیله‌نقلیه کسر می‌شود تا به این ترتیب ارتفاع نیمرخ بدست آید [۱۳].

۶-۲-۲-۷- سیومتر (Siometer)

دستگاه سیومتر براساس فرآیند خودواسنجی واکر (Walker Self-Calibration) عمل می‌کند. قبل از اینکه ناهمواری نیمرخ طولی راه با این دستگاه اندازه‌گیری شود، از شتاب‌هایی که به هنگام عبور وسیله‌نقلیه در یک قطعه آزمایشی بدست می‌آیند به منظور تهیه یک مدل آماری و همچنین برای تعیین سهمی که وسیله‌نقلیه در این شتاب‌ها داشته است، استفاده می‌شود. این فرآیند را بخصوص هنگامیکه خصوصیات وسیله‌نقلیه تغییر می‌کنند، مثل موقعی که وزن وسیله‌نقلیه در اثر اضافه شدن مسافرین اضافه می‌شود، می‌توان در هر زمان تکرار نمود. از پارامترهای مدلی که در این روش واسنجی دینامیکی بدست می‌آیند، در طی فرآیند اندازه‌گیری، برای تغییر ویژگیهای وسیله‌نقلیه استفاده می‌شود [۱۳].

۶-۲-۲-۸- آزمایشگر لیزری مدل VTI ساخت کشور سوئد

آزمایشگر لیزری مدل VTI توسط انستیتو ملی تحقیقات راه و ترافیک سوئد (VTI) برای اندازه‌گیری عمق شیار، ناهمواری، بافت و اصطکاک روسازی ساخته شده است [۱۳]. برای این منظور از یک ردیف حساسه لیزری که روی سپر جلوی یک وانت معمولی نصب شده‌اند استفاده و به این ترتیب وضعیت سطح رویه راه را اندازه می‌گیرند. شتاب سنج‌های نصب شده روی سپر از طریق

omoorepeyman.ir

حساسه‌های لیزری ارتفاع برآمده شیار را درک و به منظور انجام محاسبات به نرم‌افزار موجود در دستگاه ارسال می‌کنند. کامپیوتر موجود در دستگاه VTI وظیفه دریافت، پردازش و ذخیره‌سازی داده‌ها را برعهده دارد.

۶-۲-۲-۹- تحلیلگر طولی نیمرخ (Longitudinal Profile Analyzer)

آزمایشگاه مرکزی پل و راه‌های فرانسه (Laboratorie Central des Ponts et Chaussees (LCPC)) یک تحلیل‌گر طولی نیمرخ (Analyser de Profil en Long (APL)) ساخته است که توسط یک وسیله‌نقلیه کشیده می‌شود. به کمک ترکیبی از دستگاه‌ها و مکانیسمی خاص اندازه‌گیری نیمرخ طولی روسازی انجام می‌شود[۱۳]. در این سیستم برای تشخیص سطح مبنای نیمرخ روسازی از یک آونگ موسوم به آونگ اینرسی استفاده شده است. این آونگ از نوع فنری و مغناطیسی است که در یک وضعیت خاص در دستگاه جاسازی شده و بصورت مغناطیسی تقویت می‌شود. یک تبدیل کننده تغییر مکان با ولتاژ کم بین آونگ و بازوی متصل به چرخ و سطح راه قرار می‌گیرد. این سیستم طوری طراحی شده است که سیگنال تبدیل کننده در طیف فرکانس‌های ۶۵ تا ۲۰ هرتز متناسب با تغییرات نیمرخ عمل نماید. در این سیستم علاوه بر مسافت پیموده شده، سرعت حرکت نیز اندازه‌گیری می‌شود. قاب وسیله بصورت یک جرم معلق سوار بر چرخهایی نظیر چرخهای دوچرخه روی سطح راه را کشیده می‌شود. نیمرخ سطح راه با توجه به تغییر مکان زاویه‌ای چرخ و آونگ اندازه‌گیری می‌شود. طول موجهایی که توسط این دستگاه حس می‌شوند بستگی به سرعت حرکت دستگاه دارد. چنانچه دستگاه با سرعت ۲۲ کیلومتر در ساعت حرکت کند طول موجهایی تا ۰/۳ متر را می‌توان توسط دستگاه جذب و تحلیل نمود و چنانچه دستگاه با سرعت ۱۵۰ کیلومتر در ساعت حرکت کند طول موجهایی تا ۱۰۰ متر را می‌توان توسط این دستگاه تحلیل نمود.

۶-۲-۲-۱۰- سیستم اندازه‌گیری ناهمواری آران (ARAN)

شرکت ساخت ماشین‌آلات جاده ای انتاریو در کانادا سیستمی را به بازار عرضه کرده است که به سیستم اندازه‌گیری ناهمواری آران (ARAN) موسوم است. این سیستم در یک وانت معمولی نصب و جاسازی می‌شود.

دستگاه آران شامل دو شتاب‌سنج معمولی، یک شتاب‌سنج فوق حساس، یک فیلتر تعادل سیگنال، یک تقویت‌کننده (آمپلی فایر) سیگنال و یک خط مبناسنج ثقلی است که در محفظه قرار می‌گیرند. یک محفظه بر روی بدنه وسیله‌نقلیه سوار شده و محفظه دیگر بر روی محور عقب قرار دارد. یک تبدیل‌کننده سیگنال به رقم در کامپیوتر آران، سیگنال‌های شتاب‌سنج را می‌خواند. شتاب محور، شتاب بدنه، تغییر مکان محور و اندازه ناهمواری‌ها در کامپیوتر موجود وانت ذخیره می‌شوند. بوسیله این داده‌ها می‌توان نیمرخ راه را تحلیل و خلاصه آمار ناهمواری‌ها را نیز محاسبه و تحلیل نمود [۲۴].

omoorepeyman.ir

۶-۲-۲-۱۱- نیمرخ سنج لیزری TRRL

این نیمرخ سنج لیزری در آزمایشگاه تحقیقاتی اداره راه و حمل و نقل انگلستان ساخته شده است و شامل یک تیر صلب مجهز به حساسه‌های لیزری است که به یک تریلر وصل و کشیده می‌شود [۱۳]. فاصله تیر نسبت به سطح راه را حساسه‌ها در سه نقطه در امتداد تریلر اندازه‌گیری می‌کنند. ارتفاع سطح راه از حساسه اول با ارتفاع راهی که بوسیله سایر حساسه‌ها در طول حرکت تریلر اندازه‌گیری می‌شود مقایسه می‌شود تا به این ترتیب بتوان یک نیمرخ طولی و پیوسته از سطح راه بدست آورد. سیگنال‌های لیزری بنحوی پردازش می‌شوند که حرکات تیر را که بهنگام کشیده شدن آن بر سطح روسازی بوقوع می پیوندند، خنثی نمایند.

۶-۲-۲-۱۲- سیستم‌های اندازه‌گیری ناهمواری‌ها براساس پاسخ وسیله‌نقلیه

(Vehicular Response-Roughness Measuring Systems)

این سیستم‌ها از یک وسیله‌نقلیه یا تریلر، متعلقات وسیله‌نقلیه و دستگاهی موسوم به راه‌سنج که پاسخ وسیله‌نقلیه را نسبت به ناهمواری‌ها اندازه‌گیری می‌کند، تشکیل می‌شود.

راه‌سنج‌ها یا بر روی بدنه یک سواری (بالای محور عقب و در وسط محور سوار می‌شوند) یا در وسط شاسی یک تریلر تک چرخ قرار می‌گیرند. اغلب راه‌سنج‌ها حرکات نسبی محور را نسبت به بدنه وسیله‌نقلیه اندازه‌گیری می‌کنند لیکن برخی از آنها شتاب قائم بدنه وسیله‌نقلیه یا محور را نیز اندازه‌گیری می‌نمایند. اندازه‌گیری‌های گزارش شده از این سیستم‌ها معمولاً برحسب متر در کیلومتر ارائه می‌شوند که از تقسیم حرکات + تجمعی قسمت آویخته بین محور و بدنه بر مسافت پیموده شده نتیجه می‌شود [۱۳].

یک نمونه از این سیستم‌ها که براساس پاسخ وسیله‌نقلیه کار می‌کنند ناهمواری‌سنج موسوم به رایدومتر (May's (MRM Ride Meter) است که بر روی یک وسیله‌نقلیه سوار می‌شود و بیش از هر دستگاه دیگری که در این مجموعه از دستگاه‌ها قرار می‌گیرد مقبولیت پیدا کرده است. MRM شامل یک تبدیل‌کننده داده‌ها است که در پشت وسیله‌نقلیه تعبیه می‌شود و یک چاپگر کوچک که معمولاً روی صندلی جلو قرار داده می‌شود.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل هفتم

بهسازی و احیای رویه‌های آسفالتی و شنی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

مقدمه

کلیه روسازی‌ها پس از آنکه برای مدت معینی زیر عبور وسایل نقلیه قرار گرفتند دچار خرابی‌هایی می‌شوند. شدت و وسعت این خرابی‌ها بستگی به حجم ترافیک، شرایط جوی و توپوگرافی منطقه‌ای دارد که راه از آن عبور می‌کند. انتخاب نوع و روش بهسازی و احیاء رویه‌های آسفالتی و شنی علاوه بر اهمیت راه (نوع روسازی، حجم ترافیک و ...) بستگی به وضعیت روسازی در زمان بررسی و ارزیابی آن دارد. در آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران دو پارامتر PCI و PSI بعنوان شاخص سنجش وضعیت روسازی راه‌های ایران معرفی شده‌اند. براساس توصیه‌های آیین‌نامه مذکور بهسازی سازه‌ای روسازی راه‌های سریع‌السیر، اصلی و فرعی باید زمانی آغاز شود که حداقل نشانه خدمت روسازی (PSI) این گونه راه‌ها به ترتیب برابر ۳، ۲/۵ و ۲ گردد [۱۱]. علاوه بر پارامتر PSI، در این دستورالعمل حداقل حدود کیفی PCI نیز برای انجام روکش تقویتی روسازی‌های انعطاف‌پذیر بشرح جدول (۷-۱) پیشنهاد می‌شود [۲۶].

۷-۱- انواع بهسازی

صرفنظر از مسائل بودجه‌ای و اعتباری اختصاص یافته به منظور بهسازی روسازی‌ها، در نگرش فنی انتخاب نوع و روش بهسازی روسازی یک راه معین تابع کمیت، کیفیت و گستره خرابی‌های روسازی با توجه به علل بوجود آمدن آنها می‌باشد و عمدتاً به دو نوع بهسازی سطحی و بهسازی سازه‌ای تفکیک می‌شود.

۷-۲- بهسازی سطحی

بهسازی سطحی روسازی اصولاً به منظور رفع ناهمواری‌ها و آسیب دیدگی‌های سطحی جهت تامین رانندگی راحت، سریع و ایمن انجام می‌شود. آسیب‌دیدگی‌های سطحی شامل کلیه خرابی‌ها و نارسائی‌هایی می‌شود که موجب کاهش کیفیت سواری‌دهی و یا کاهش ایمنی استفاده‌کنندگان از راه می‌شود. عوامل عمده بروز ناهمواری‌ها و خرابی‌های سطحی روسازی و همچنین روش‌های عمومی ترمیم و اصلاح آنها در فصول سوم و پنجم این دستورالعمل برای رویه‌های آسفالتی و شنی تشریح شده است. بنابراین در این فصل به منظور هماهنگی و انطباق طراحی و اجرای انواع آسفالت حفاظتی که به منظور پوشش و محافظت جسم راه در مقابل عوامل جوی و فرسایش سطح راه بکار می‌روند با دستورالعملهای طراحی و اجرای توصیه شده در آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران برگزیده‌ای از آیین‌نامه مذکور ارائه و تشریح می‌شود. بهسازی سازه‌ای در فصل هشتم این دستورالعمل تشریح شده است.

omoorepeyman.ir

جدول (۷-۱): حدود PCI پیشنهادی برای انجام روکش تقویتی [۲۷]

نوع راه	حدود حداقل PCI برای انجام روکش	حدود PCI پیشنهادی در برنامه ۵ ساله طرح روکش
آزاد راه	۶۰-۶۵	۶۰-۸۰
بزرگراه	۵۵-۶۰	۵۵-۷۵
راه اصلی	۵۰-۵۵	۵۰-۷۰
راه فرعی	۴۵-۵۰	۴۵-۶۵
راه روستایی	۴۰-۴۵	۴۰-۶۰

۷-۲-۱- آسفالت‌های حفاظتی

آسفالت‌های حفاظتی به آن دسته از مخلوط‌های قیر و مصالح سنگی اطلاق می‌شود که به منظور ایمنی حرکت و همچنین پوشش و محافظت جسم راه در برابر عوامل جوی و جلوگیری از فرسایش سطح روسازی مورد استفاده قرار می‌گیرند. لفظ آسفالت سطحی به عملیاتی همچون قیرپاشی راه‌های شنی، آسفالتی و یا بتنی نیز اطلاق می‌شود.

حداکثر ضخامت آسفالت‌های حفاظتی ۲/۵ سانتیمتر است و به هیچ عنوان جزء سازه باربر روسازی محسوب نمی‌شود و عملکرد سازه‌ای ندارد. برای تهیه و ساخت آسفالت‌های حفاظتی از قیرهای محلول، قیرهای امولسیونی و یا قیرهای خالص با کندروانی کم استفاده می‌شود. آسفالت‌های حفاظتی به منظور اهداف زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند:

۱- تامین رویه‌ای کم هزینه برای رفت و آمد کم تا متوسط

۲- تامین لایه‌های نفوذناپذیر برای جلوگیری از نفوذ آب به لایه‌های زیرین

۳- افزایش زبری سطح روسازی به منظور تامین رویه‌ای مقاوم در برابر لغزندگی

۴- احیای رویه‌های هوازده و خشک

۵- تامین پوشش موقتی برای عبور و مرور وسایل نقلیه در راه‌هائی که تکمیل ضخامت روسازی آنها در چند مرحله انجام می‌شود.

۶- احیای رویه‌های قدیمی و فرسوده

۷- متمایز کردن شانه‌ها از سواره‌روی روسازی

۸- افزایش دوام روسازی

omoorepeyman.ir

۷-۲-۱-۱- دامنه کاربرد آسفالت‌های حفاظتی

آسفالت‌های حفاظتی برای غیر قابل نفوذ کردن بستر راه، افزایش تاب سایشی و لغزشی آن و نیز بهسازی موقت رویه‌های موجود آسفالتی و بتنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نوع رویه سازی به علت هزینه کمتر، 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 به ترافیک سبک و متوسط محدود می‌گردد و هر یک نیز به منظور خاصی، بشرح زیر اجرا می‌شود:

۷-۲-۱-۲- 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 معمولاً با یک یا دو لایه آسفالت سطحی روسازی می‌کنند.

۷-۲-۱-۳- افزایش تاب سایشی

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

۷-۲-۱-۴- افزایش تاب لغزشی

سطوح آسفالتی قیرزده و لغزنده، به علت فقدان تاب لغزشی، به ویژه بعد از 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 دارای زبری در این راه‌ها موجب افزایش مقاومت لغزندگی و در نتیجه افزایش ایمنی ترافیک می‌شود.

۷-۲-۱-۵- 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 غیر آسفالتی لایه‌های روسازی و زیرسازی جلوگیری می‌کند.

۷-۲-۱-۶- 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. حسن این روش آن است که قبل از اجرای

omoorepeyman.ir

لایه‌های بتن آسفالتی، هرگونه نقص غیر قابل پیش‌بینی مشخص شده و پس از اصلاح آن می‌توان نسبت به اجرا بتن آسفالتی اقدام کرد.

۷-۲-۱-۷- بهسازی راه

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

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

۷-۲-۱-۸- افزایش خاصیت بازتابندگی رویه راه

سطوح تیره رنگ رویه‌های سیاه آسفالتی به علت محدود کردن وسعت دید برای رانندگان وسایل‌نقلیه در شب خطراتی ایجاد می‌کنند. این نقص عمده با اجرای یک قشر آسفالت سطحی با مصالح شفاف و روشن که بطور صحیح طرح و اجرا شده باشد، مرتفع می‌شود.

۷-۲-۲- انواع آسفالت‌های حفاظتی

آسفالت‌های حفاظتی انواع متنوعی را در بر می‌گیرند که از یک قیرپاشی ساده تا پخش آسفالت‌های سطحی چند لایه‌ای را شامل می‌شوند. هر یک از انواع آسفالت‌های سطحی ویژگی خود را داشته و به منظور خاصی در سطح راه پخش می‌شوند. انواع آسفالت‌های حفاظتی به شرح زیر تقسیم می‌شوند:

۱- آسفالت سطحی یک یا چند لایه‌ای

۲- سیل‌کت‌ها یا اندودهای آب‌بندی

۳- مخلوط‌های آسفالت متخلخل

۴- غبارنشانی و روغن‌پاشی (جلوگیری از گرد و غبار و نشست رویه‌های شنی)

۷-۲-۲-۱- آسفالت‌های سطحی یک یا چند لایه‌ای

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

omoorepeyman.ir

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

۷-۲-۲-۲- مواد قیری

در آسفالت‌های سطحی از قیرابه‌ها، قیرهای محلول و قیرهای خالص با کندروانی 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 ضخامت این پوشش ثابت بماند و به تناسب شیب عرضی و طولی مسیر در سطح راه جاری نشود.

ب- بعد از پخش، کندروانی لازم و کافی را برای اندود کردن یکنواخت سنگدانه‌هایی که روی آن پخش می‌شود، تامین کند.

ج- در صورت مصرف قیرهای محلول و یا قیرابه‌ها، لازم است به ترتیب مواد حلال و یا آب آن در فرصت مناسب تصعید و تبخیر شود تا چسبندگی لازم بین سنگدانه‌ها و قیر پخش شده تامین گردد.

د- بعد از تصعید مواد فرار و تکمیل عملیات تراکم، سنگدانه‌ها را در بستر قیری سطح راه فرو نشاند و از حرکت و جابجایی آنها در مقابل ترافیک جلوگیری کند.

ه- وقتی که به مقدار پیش‌بینی شده پخش می‌شود، در برابر تغییرات دمای محیط و شرایط ترافیکی محور، موجب قیرزدگی نشود و در سطح راه تغییر شکل بوجود نیاید. انواع قیرهای مورد استفاده در آسفالت‌های سطحی یک یا چند لایه‌ای در جدول (۷-۲) نشان داده شده است. این قیرها باید با مشخصات مشروحه در آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران برابری داشته باشند.

در شرایطی که ترافیک جاده سنگین و راه در مناطق یا شرایط سخت جوی واقع شده باشد بهتر است از قیرهای اصلاح شده با مشخصات ذکر شده در آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران استفاده شود.

omoorepeyman.ir

جدول (۷-۲): قیرهای معمولی مورد استفاده در آسفالت‌های سطحی یک یا چند لایه‌ای [۱۱]

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

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

۷-۲-۲-۳- سنگدانه‌ها

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

۷-۲-۲-۳-۱- خواص فیزیکی و مقاومتی

سنگدانه‌ها از نظر مقاومت سایشی و مکانیکی و دوام در مقابل شرایط جوی و نیز مقدار مواد مضر موجود در آنها دارای شرایط مندرج در جدول (۳-۷) باشد.

omoorepeyman.ir

جدول (۳-۷): حداقل مشخصات سنگدانه‌های آسالت سطحی [۱۱]

آزمایش / مشخصه	حدود	روش آزمایش	
		آشتو	ای اس تی ام
مقاومت سایشی با آزمایش لوس‌آنجلس - حداکثر	۴۰ درصد	T ۶۹	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
درصد شکستگی در دو جبهه – مانده روی الک شماره ۴ – حداقل	۶۰ درصد	-	-
وزن واحد حجم مصالح چنانچه از نوع سنگ سرباره کوره آهن‌گدازی باشد – حداقل	۱۱۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب	T ۱۹	C ۲۹
وزن کلوخه‌های رسی و سنگدانه‌های سست و شکننده – حداکثر	۳ درصد	T ۱۱۲	C ۱۴۲
وزن مواد شناور در مایع با وزن مخصوص ۲ – حداکثر	۱ درصد	T ۱۱۳	C ۱۲۳
ضریب تورق سنگدانه‌ها	۲۵ درصد	BS ۸۱۲	

۷-۲-۲-۳-۲- دانه‌بندی

دانه‌بندی سنگدانه‌های آسفالت سطحی یک یا چند لایه‌ای می‌تواند از 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 (۷-۴) آورده شده است.

ب- دانه‌بندی باز که انواع آن در جدول (۷-۵) نشان داده شده است. 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 دانه‌بندی باز جدول (۷-۵) استفاده می‌شود ترتیب انتخاب نوع دانه‌بندی در هر یک از لایه‌های آسفالت سطحی یک یا دو یا سه لایه‌ای بشرح جدول (۷-۶) می‌باشد.

۷-۲-۲-۳-۳- 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.

omoorepeyman.ir

جدول (۴-۷): دانه‌بندی‌های یک اندازه مصالح آسفالت سطحی [۱۱]

اندازه الک	درصد مواد عبورکرده از الک		
	دانه‌بندی الف	دانه‌بندی ب	دانه‌بندی ج
۲۵ میلیمتر (۱ اینچ)	۱۰۰		
۱۹ میلیمتر ($\frac{۳}{۴}$ اینچ)	۸۵-۱۰۰	۱۰۰	
۱۲/۵ میلیمتر (۰/۵ اینچ)	۰-۲۰	۸۵-۱۰۰	۱۰۰
۹/۵ میلیمتر ($\frac{۳}{۸}$ 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
لک شماره ۸ (۲/۳۵ میلیمتر)	۰-۱	۰-۱	۰-۱
الک شماره ۲۰۰ (۰/۰۷۵ میلیمتر)	۰-۰/۵	۰-۰/۵	۰-۰/۵

جدول (۷-۵) دانه‌بندی‌هایی باز مصالح آسفالت سطحی [۱۱]

حداکثر اندازه اسمی مصالح	۲۵ میلیمتر	۱۹ میلیمتر	۱۲/۵ میلیمتر	۹/۵ میلیمتر	۴/۷۵ میلیمتر
شماره دانه‌بندی / اندازه الک	۱	۲	۳	۴	۵
	درصد موادعبور کرده از الک				
۳۷/۵ میلیمتر ($۱\frac{۱}{۲}$ اینچ)	۱۰۰				
۲۵ میلیمتر (۱ اینچ)	۹۰-۱۰۰	۱۰۰			
۱۹ میلیمتر ($\frac{۳}{۴}$ اینچ)	۲۰-۵۵	۹۰-۱۰۰	۱۰۰		
۱۲/۵ میلیمتر ($\frac{۱}{۲}$ اینچ)	۰-۱۰	۲۰-۵۵	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	
۹/۵ میلیمتر ($\frac{۳}{۸}$ اینچ)	۰-۵	۰-۱۵	۴۰-۷۰	۸۵-۱۰۰	۱۰۰
۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۳)	-	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

omoorepeyman.ir

جدول (۶-۷) : ترتیب انتخاب دانه‌بندی‌ها برای آسفالت سطحی یک تا سه لایه‌ای [۱۱]

نوع آسفالت سطحی	لایه‌های آسفالت سطحی	شماره دانه‌بندی از جدول (۵-۷)	حداکثر اندازه اسمی مصالح (میلیمتر)
یک لایه‌ای	لایه اول	۱	۲۵-۱۲/۵
		۲	۱۹-۹/۵
		۳	۱۲/۵-۲/۷۵
		۴	۹/۵-۲/۳۶
		۵	۲/۷۵-۱/۱۸
دو لایه‌ای	لایه اول	۱	۲۵-۱۲/۵
	لایه دوم	۳	۱۲/۵-۴/۷۵
	لایه اول	۲	۱۹-۹/۵
	لایه دوم	۴	۹/۵-۲/۳۶
سه لایه‌ای	لایه اول	۱	۲۵-۱۲/۵
	لایه دوم	۳	۱۲/۵-۴/۷۵
	لایه سوم	۵	۴/۷۵-۱/۱۸
	لایه اول	۲	۱۹-۹/۵
	لایه دوم	۴	۹/۵-۲/۳۶
	لایه سوم	۵	۴/۷۵-۱/۱۸

۷-۲-۲-۴- رابطه انتخاب نوع قیر و سنگدانه‌ها

انتخاب قیر برحسب شرایط آب و هوایی منطقه صورت می‌گیرد. برای یک منطقه آب و هوایی، معمولاً هر قدر سنگدانه‌های مصرفی درشت‌تر باشد از قیرهای با کندروانی بیشتر استفاده می‌شود (و بالعکس). جدول (۷-۷) رابطه انتخاب سنگدانه‌ها با دانه‌بندی‌های مختلف را با قیر مناسب برای مناطق سرد و گرم نشان می‌دهد.

omoorepeyman.ir

جدول (۷-۷) : راهنمای انتخاب نوع قیر برای سنگدانه‌ها با دانه‌بندیهای متفاوت [۱۱]

ردیف	مواد قیری در شرایط اقلیمی		سنگدانه‌ها
	سرد ۱۰ تا ۲۷ درجه سانتیگراد	گرم بیش از ۲۷ درجه سانتیگراد	شماره دانه‌بندی از: جدول (۵-۷)
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 حداکثر اندازهٔ اسمی ۲۵ تا ۱۲/۵ میلیمتر (یک تا ۰/۵ 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 اندازه اسمی ۱۹ تا ۹/۵ میلیمتر ($\frac{۳}{۴}$ تا $\frac{۳}{۸}$ 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 اندازه اسمی ۱/۵ تا ۴/۷۵ میلیمتر (۰/۵ 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 اندازهٔ اسمی ۹/۵ تا ۲/۳۶ میلیمتر ($\frac{۳}{۸}$ 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 اندازه اسمی ۴/۷۵ تا ۱/۱۸ میلیمتر (شماره ۴ تا شماره ۱۶)

www.noorepeyman.ir

۷-۲-۲-۵- 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 با یک اندازه نیز صادق است:

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

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

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

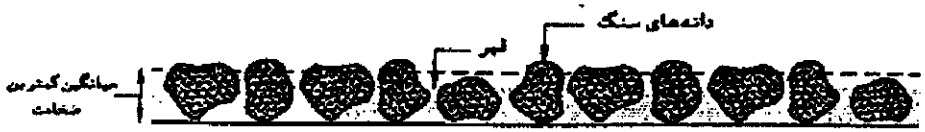
د- برای آنکه رویه آسفالت سطحی عملکرد مفید و بادوامی داشته باشد، لازم است ۶۰ تا ۸۰ درصد فضای خالی باقیمانده (که ٪۲۰ فرض شده است)، با توجه به نوع ترافیک با قیر پر شود و فضای خالی نهایی رویه آسفالتی با توجه به شرایط ترافیکی محور بشرح زیر باشد [۱۱]:

برای ترافیک روزانه ۱۰۰ تا ۵۰۰ وسیله‌نقلیه: $۲۰ - (۸۰ \times ۲۰/۱۰۰) = ۴٪$

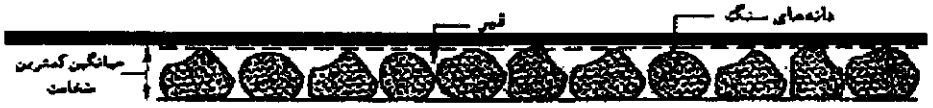
برای ترافیک روزانه ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ وسیله‌نقلیه: $۲۰ - (۷۰ \times ۲۰/۱۰۰) = ۶٪$

برای ترافیک روزانه ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ وسیله‌نقلیه: $۲۰ - (۶۵ \times ۲۰/۱۰۰) = ۷٪$

برای ترافیک روزانه ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ وسیله‌نقلیه: $۲۰ - (۶۰ \times ۲۰/۱۰۰) = ۸٪$



الف- موقعیت ناپایدار و نامنظم سنگدانه‌ها بلافاصله بعد از پخش روی لایه قیری راه و قبل از غلتک‌زنی



الف- موقعیت پایدار و تثبیت شده سنگدانه‌ها بلافاصله بعد از آمدوشد نسبتاً طولانی که بر روی جبهه‌های پهن و مستوی خود در لایه قیری راه و قبل از غلتک‌زنی

شکل (۷-۱) : موقعیت سنگدانه‌ها در بستر قیری راه قبل و بعد از غلتک زنی و عبور ترافیک

omoorepeyman.ir

۷-۲-۲-۵-۱- محاسبه مقادیر قیر و سنگ

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

۷-۲-۲-۵-۱-۱- مقدار سنگدانه‌ها

برای تعیین مقدار سنگدانه‌های مصرفی در واحد سطح برای هر یک از لایه‌های آسفالت سطحی یک یا چند لایه‌ای رابطه زیر کاربرد دارد [۱۱]:

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

که در آن:

C – وزن سنگدانه‌ها برحسب کیلوگرم در متر مربع سطح راه

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

$$V = ۱ - W / ۱۰۰۰G \qquad (۲-۷)$$

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 بعد سنگدانه برحسب میلی‌متر که بشرح زیر و با آزمایش‌های لازم در آزمایشگاه مشخص می‌شود:

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.

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

E – ضریب هدر رفتن 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 ۷-۸).

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

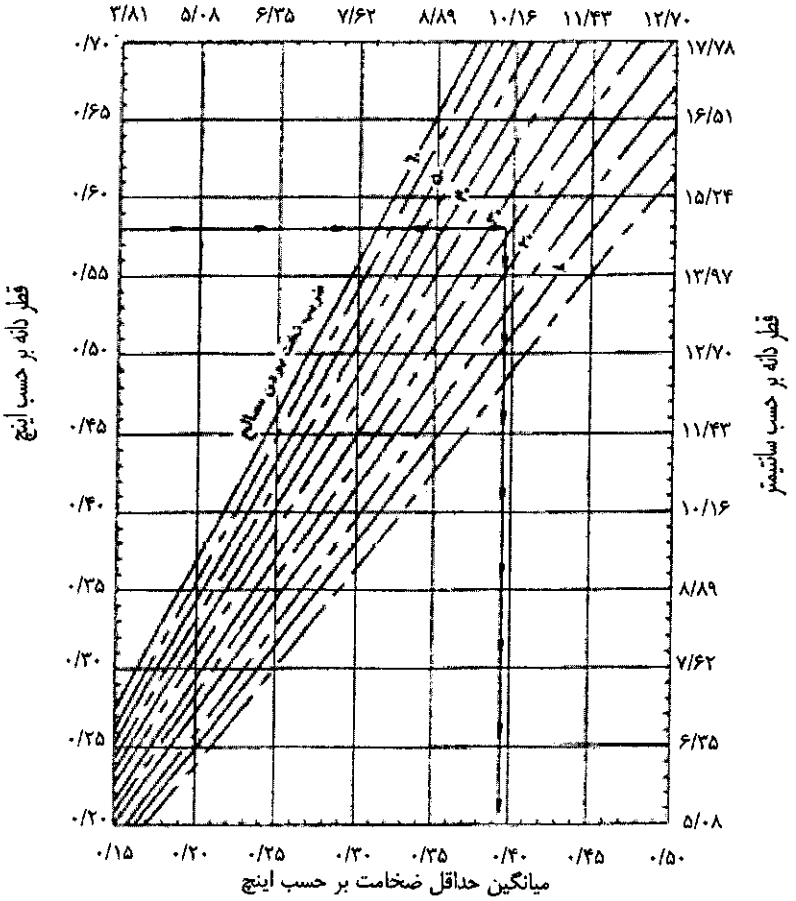
۷-۲-۲-۵-۱-۲- مقدار قیر

مقدار قیر لازم برای رویه‌های آسفالت سطحی یک لایه‌ای، دولایه‌ای و یا بیشتر از رابطه (۷-۳) بدست می‌آید [۱۱]:

omoorepeyman.ir

$$B = K (۰/۴ \times HTV + S + A) / R \qquad (۳-۷)$$

که در آن:



شکل (۷-۲): تعیین میانگین کمترین بعد سنگدانه‌ها [۱۱]

جدول (۷-۸): ضریب هدر رفتن سنگدانه‌ها [۱۱]

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

omoorepeyman.ir

B – مقدار قیر برحسب لیتر در متر مربع (در شرایط 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 براساس استاندارد ASTM D-۷۰ اندازه‌گیری و سپس ضریب اصلاح حجم قیر با استفاده از شکل (۷-۳) تعیین می‌گردد.

H – میانگین کمترین بعد سنگدانه برحسب میلیمتر بشرح آنچه 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 (۷-۹) تغییر می‌کند.

جدول (۷-۹): ضریب ترافیک برای محاسبه مقادیر [۱۱]

میزان آمد و شد روزانه	ضریب ترافیک
کمتر از ۱۰۰ وسیله	۰/۸۵
۱۰۰-۵۰۰	۰/۷۵
۵۰۰-۱۰۰۰	۰/۷
۱۰۰۰-۲۰۰۰	۰/۶۵
۲۰۰۰-۴۰۰۰	۰/۶

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

S – عامل متغیر مربوط به اصلاح میزان قیر برحسب وضعیت سطح راه موجود، برحسب لیتر در متر مربع و بشرح شرایط متفاوت زیر که فقط در دومین یا سومین لایه آسفالت سطحی و یا بستر آسفالتی موجود که روی آن آسفالت سطحی اجرا می‌شود منظور می‌شود:

- سطح قیرزده راه: از ۰/۰۴- تا ۰/۲۷- لیتر در متر مربع (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 متر مربع (قیر اضافه می‌شود)
- بافت سطحی خیلی متخلخل و زیاد اکسیده شده: ۰/۴ لیتر در متر مربع (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 می‌باشند، صفر منظور می‌گردد. در صورتی‌که مصرف سنگدانه‌های خیلی متخلخل با منافذ و ریزه سوراخهای سطحی اجتناب

omoorepeyman.ir

ناپذیر باشد می‌توان از رقم اضافی ۰/۱۵ – ۰/۱ لیتر در متر مربع استفاده کرد و در موارد حاد و بحرانی رقم دقیق توسط آزمایشگاه اندازه‌گیری و تعیین می‌شود.

R – مقدار قیر برجای مانده پس از تصعید و تبخیر که توسط آزمایشگاه تعیین می‌شود. در صورتی‌که قیرهای محلول و یا قیرابه‌ها مورد استفاده قرار گیرد و دسترسی به نتایج حاصل از آزمایش‌های آزمایشگاهی مقدور نباشد، از جدول (۷-۱۰) می‌توان به عنوان راهنما استفاده کرد.

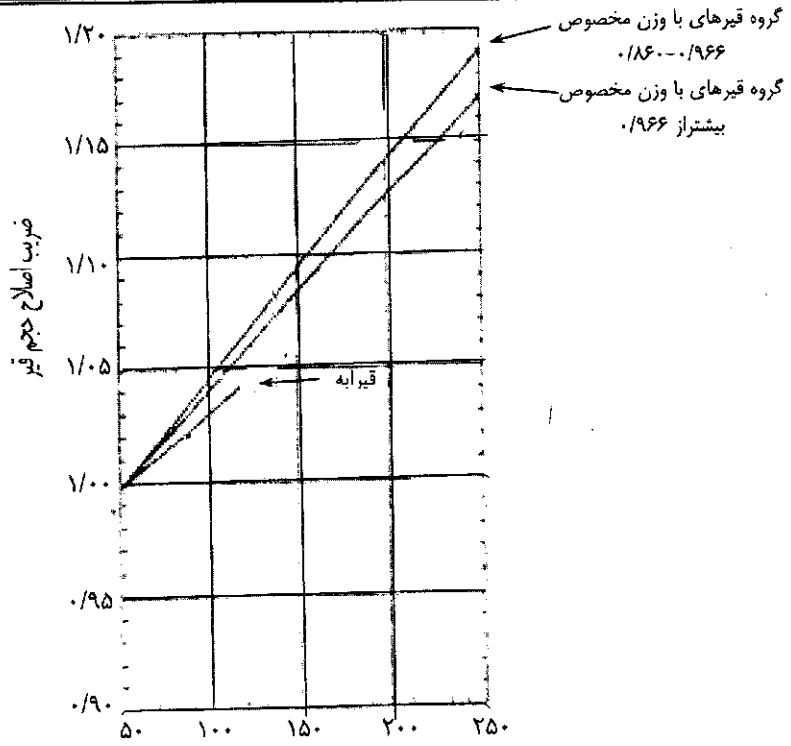
جدول (۷-۱۰): درصد قیر باقیمانده بعد از تبخیر مواد فرار قیرهای محلول و قیرابه ها [۱۱]

انواع قیر	ضریب R
قیرهای خالص در انواع درجات	۱
قیرهای محلول: RC ۷۰	۰/۷۱
RC ۲۵۰ ،MC ۲۵۰	۰/۷۹
RC ۸۰۰ ،MC ۸۰۰	۰/۸۴
RC ۳۰۰۰ ،MC ۳۰۰۰	۰/۸۷
قیرابه ها: RS-۱	۰/۵۵
RS-۲	۰/۶۴
MS-۱	۰/۵۵
HFMS-۱	۰/۵۵
CRS-۱	۰/۶
CRS-۲	۰/۶۵

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 می‌شود. این ضریب می‌تواند کوچکتر یا بزرگتر از یک باشد. تجربه نشان داده است که در مورد کاربرد قیرابه‌ها و در شرایط اقلیمی سرد ارزش عددی این ضریب حدود ۱/۲ است.

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.

omoorepeyman.ir



شکل (۷-۳): تعیین ضریب اصلاح حجم قیر

۷-۲-۲-۵-۲- اصلاح مقادیر طرح

در استفاده از روابط (۷-۱) الی (۷-۳) مربوط به محاسبه میزان پخش سنگدانه‌ها و قیر، بهتر است موارد زیر رعایت شود:

الف- در مورد آسفالت‌های سطحی یک لایه‌ای و یا سیل‌کت (اجرای آسفالت سطحی بر روی بستر آسفالتی موجود)، سنگدانه‌ها و قیر مصرفی در متر مربع برای لایه مورد نظر به ترتیب از روابط (۷-۱) و (۷-۳) استفاده شود.

ب- فرض بر اینست 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 هر یک از لایه‌ها با توجه به کیفیت سنگدانه‌ها و مواد قیری هر لایه که در آزمایشگاه ارزیابی و تعیین خواهد شد، از روابط (۷-۱) و (۷-۳) استفاده شود.

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

د- 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 بر اینست که در محاسبات مربوط به تعیین قیر لایه قبلی، کلیه عوامل برای تعیین و محاسبه قیر بهینه و پخش آن درسطح راه در محدوده رواداری اجرایی لحاظ شده است.

ه- 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:

omoorepeyman.ir

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

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

۷-۲-۲-۵-۳- نمونه محاسبه

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

برای اجرای یک آسفالت سطحی یک لایه‌ای، سنگدانه‌های شکسته منطبق با دانه‌بندی شماره ۲ جدول (۷-۵) با قیر ۸۰۰-MC 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 متر مربع 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 رد شده را نشان می‌دهد برابر ۱۰ میلیمتر است. آزمایش ضریب تورق این مصالح به روش B.S-۸۱۲ حدود ۲۰ درصد محاسبه گردید. میانگین کمترین ضخامت سنگدانه‌ها از محور افقی شکل (۷-۲)، ۷/۴ میلیمتر است.

ب- W یا وزن حجمی غیرمتراکم مصالح

با آزمایش آشتو T-۱۹ در آزمایشگاه برابر با ۱۵۰۸/۳ کیلوگرم در متر مکعب و وزن مخصوص حقیقی این مصالح با آزمایش آشتو T-۸۵، معادل ۲/۶ اندازه‌گیری شد.

لذا فضای خالی مصالح (V) مساوی است با:

$$V = ۱ - ۱۵۰۸/۳ / (۱۰۰۰ \times ۲/۶) = ۰/۴۲$$

ج- ضریب هدر رفتن سنگدانه‌ها (E) با توجه به تجربیات مهندس طراح ۱/۰۴ انتخاب گردید.

د- تعداد ترافیک روزانه طرح معادل ۸۰۰ وسیله‌نقلیه می‌باشد که با توجه به جدول (۷-۹)، ضریب T مساوی ۰/۷ خواهد بود.

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

و- ضریب R با مصرف قیر ۸۰۰-MC از جدول (۷-۱۰) برابر ۰/۸۴ استخراج گردید و در صورت لزوم ضریب R در آزمایشگاه با آزمایش آشتو T-۷۸ تعیین می‌شود.

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

omoorepeyman.ir

ح- ضرایب M و K هر یک از معادلات سنگدانه‌ها و قیر ۱ فرض شده است. بشرح فوق خواهیم داشت:

- مقدار سنگدانه‌ها:

$$C = M\,(\,۱ - ۰/۴\,V\,)\,HGE$$

$$C = ۱\,(۱ - ۰/۴ \times ۰/۴۲) \times ۷/۴ \times ۲/۶ \times ۱/۰۴$$

$$C = ۱۶/۶\ kg/cm^۲$$

- مقدار قیر:

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

$$B = ۱\,(\,۰/۴ \times ۷/۴ \times ۰/۷ \times ۰/۴۲ + ۰ + ۰)\,/\,۰/۸۴$$

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

با انجام آزمایش استاندارد ASTM D-۷۰ (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 خواهد بود. ضریب اصلاح برای تبدیل حجم قیر از ۱۵ به ۱۱۰ درجه سانتیگراد، با توجه به اینکه 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:

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

در ادامه مطلب با توجه به تفاوت طرح آسفالت سطحی چندلایه‌ای با آسفالت سطحی یک لایه‌ای در زیر مثالی برای طرح آسفالت سطحی دو لایه‌ای ارائه می‌شود.

با استفاده از دانه‌بندیهای شماره ۲ و ۴ جدول (۷-۶) و با استفاده از قیر RC-۸۰۰ برابر داده‌های طرح، مقادیر سنگدانه‌ها و قیر مصرفی برای هر متر مربع سطح راه و برای هر لایه بشرح زیر محاسبه می‌شود:

الف- با انجام آزمایش دانه‌بندی روی سنگدانه‌ها و رسم نمودار مربوطه، قطر دانه‌هایی که روی این نمودار ۵۰ درصد مواد رد شده را نشان می‌دهد به ترتیب برای لایه اول ۱۲ میلیمتر و برای لایه دوم برابر ۱۵ میلیمتر است. آزمایش ضریب تورق این مصالح به روش B.S-۸۱۲ حدود ۲۰ درصد محاسبه گردید. میانگین کمترین ضخامت سنگدانه‌ها به ترتیب برای لایه‌های اول و دوم از محور افقی شکل (۷-۲)، ۸/۵ و ۱۰/۷ میلیمتر بدست می‌آید.

ب- با انجام آزمایش آشتو T-۱۹ در آزمایشگاه وزن حجمی غیر متراکم مصالح برای دو لایه به ترتیب برابر با ۱۷۵۰ و ۱۵۵۰ کیلوگرم در متر مکعب و وزن مخصوص حقیقی این مصالح با آزمایش آشتو T-۸۵، معادل ۲/۷۲ اندازه‌گیری شد.

لذا فضای خالی مصالح (V) برای هر یک از لایه‌ها مساوی است با:

لایه اول $V = ۱ - ۱۷۵۰ / (۱۰۰۰ \times ۲/۷۲) = ۰/۳۶$

لایه دوم $V = ۱ - ۱۵۵۰ / (۱۰۰۰ \times ۲/۷۲) = ۰/۴۳$

ج- ضریب هدر رفتن سنگدانه‌ها (E) با توجه به تجربیات مهندس طراح برای لایه اول ۱/۰۵ و برای لایه دوم با توجه به توصیه آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران مساوی ۱ انتخاب گردید.

د- تعداد ترافیک روزانه طرح معادل ۱۵۰۰ وسیله‌نقلیه می‌باشد که با توجه به جدول (۷-۹)، ضریب T مساوی ۰/۶۵ خواهد بود.

ه- چون بستری که روی آن آسفالت سطحی انجام می‌شود، قشر اساس شکسته است لذا ضریب بافت سطحی راه یا S برای لایه دوم معادل صفر و با توجه به توصیه آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران برای لایه اول نیز صفر است.

و- ضریب R با مصرف قیر RC-۸۰۰ از جدول (۷-۱۰) برابر ۰/۸۴ استخراج گردید و در صورت لزوم ضریب R در آزمایشگاه با آزمایش آشتو T-۷۸ تعیین می‌شود.

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

ح- ضرایب M و K هر یک از معادلات سنگدانه‌ها و قیر ۱ فرض شده است. بشرح فوق برای هر یک از لایه‌ها خواهیم داشت:

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

$C_۱ = ۱\,(۱ - ۰/۴ \times ۰/۳۶) \times ۸/۵ \times ۲/۷۲ \times ۱/۰۵$

$C_۱ = ۲۰/۷۸\ kg/cm^۲$

- مقدار سنگدانه‌های لایه دوم:

$C_۲ = ۱\,(۱ - ۰/۴ \times ۰/۴۳) \times ۱۰/۷ \times ۲/۷۲ \times ۱$

$C_۲ = ۲۴/۱\ kg/cm^۲$

- مقدار قیر محاسباتی برای لایه اول:

$B_۱ = K\,(۰/۴ \times HTV + S + A) / R$

$B_۱ = ۱\,(۰/۴ \times ۸/۵ \times ۰/۶۵ \times ۰/۳۶ + ۰ + ۰) / ۰/۸۴$

$B_۱ = ۰/۹۵\ lit/m^۲$ در حرارت ۱۵ درجه سانتیگراد

- مقدار قیر محاسباتی برای لایه اول:

$B_۲ = ۱\,(۰/۴ \times ۱۰/۷ \times ۰/۶۵ \times ۰/۴۳ + ۰ + ۰) / ۰/۸۴$

$B_۲ = ۱/۴۲\ lit/m^۲$ در حرارت ۱۵ درجه سانتیگراد

- مجموع قیر محاسباتی برای دولایه:

$B = B_۱ + B_۲ = ۲/۳۷\ lit/m^۲$

omoorepeyman.ir

با انجام آزمایش استاندارد ASTM D-۷۰ (T-۲۳۸ آشتو) وزن مخصوص قیر مصرفی RC-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 ۲/۳۷ لیتر در۱۵درجه سانتیگراد خواهد بود. ضریب اصلاح برای تبدیل حجم قیر از ۱۵ به ۱۱۰ درجه سانتیگراد، با توجه به اینکه 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:

$$B = ۲/۳۷ \times ۱/۰۶۸ = ۲/۵۳ \ lit/m^۲$$

اگر زمان اجرای رویه آسفالت سطحی در شهریور ماه باشد ۴۰ درصد قیر در لایه اول و ۶۰ درصد قیر در لایه دوم بشرح زیر استفاده می‌شود:

$B_۱ = ۰/۴ \times ۲/۵۳ = ۱/۰۱ \ lit/m^۲$ لایه اول

$B_۱ = ۰/۶ \times ۲/۵۳ = ۱/۵۲ \ lit/m^۲$ لایه دوم

۷-۳- اندودهای آب بند

اجرای آسفالت‌های حفاظتی بشرح ذکر شده 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 آب بند یا سیل‌کت نامیده می‌شود.

۷-۳-۱- انواع اندودهای آب‌بند

اندودهای آب بند بشرح زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

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

مشخصات فنی هر یک از انواع فوق بشرح زیر است:

۷-۳-۱-۱- آب‌بندی سنگدانه‌ای

اجرای آسفالت سطحی یک یا چند لایه‌ای منطبق با کلیه مشخصات ذکر شده سیل‌کت سنگی نام دارد. مقادیر سنگ و قیر برای هر لایه، با توجه به سنگدانه‌ها و قیر انتخاب شده، براساس روابط (۷-۱) الی (۷-۳) تعیین می‌شود.

omoorepeyman.ir

۷-۳-۱-۲- آب‌بندی ماسه‌ای

اندود ماسه‌ای مشابه آسفالت سطحی یک لایه‌ای با قیرهای جدول (۷-۲) و مصالح ماسه‌ای منطبق با دانه‌بندی جدول (۷-۱۱) اجرا می‌گردد. ارزش ماسه‌ای مصالح مصرفی نباید کمتر از ٪۷۵ باشد.

جدول (۷-۱۱): دانه‌بندی ماسه برای اندود ماسه ای [۱۱]

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

مقادیر قیر و سنگدانه‌ها برای اندود آب‌بندی ماسه ای بشرح زیر است:

سنگدانه‌ها: ۸-۵ کیلوگرم در متر مربع

قیرهای محلول: ۷۰۰-۴۰۰ گرم در متر مربع

قیرابه ها: ۹۰۰-۶۰۰ گرم در متر مربع

۷-۳-۱-۳- اندود آب‌بندی قیری

اندودهای قیری با پخش قیر بر روی بستر آسفالتی و یا بتنی مورد نظر، بدون مصرف سنگدانه‌ها و نظیر اندودهای سطحی 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 (۷-۱۲) نشان داده شده‌اند.

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 متر مربع تغییر می‌کند. حدود مصرف قیرهای محلول ۵۵۰-۲۵۰ گرم در متر مربع می‌باشد.

omoorepeyman.ir

جدول (۷-۱۲): قیرهای مصرفی برای اندود قیری [۱۱]

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

۷-۴- آسفالت متخلخل

این نوع آسفالت از اختلاط قیر با سنگدانه‌های شکسته دارای دانه‌بندی باز، در کارخانه آسفالت تهیه می‌شود و سپس با ضخامت کمی (حدود ۲۰ میلیمتر) در سطح راه پخش می‌گردد. فضای خالی این آسفالت تقریباً ۲۰ درصد است که موجب می‌شود آب‌های سطحی از طریق آن سریعاً تخلیه شده و به خارج از عرض سواره رو راه هدایت گردد. این مخلوط آسفالتی از پدیده جمع‌شدن آب در سطح راه جلوگیری کرده و آب را از خلل و فرج خود به بیرون هدایت می‌کند. به این ترتیب آب مانعی بین لاستیک چرخ وسایل‌نقلیه و سطح راه نخواهد بود. در نتیجه برای ترافیک و استفاده‌کنندگان از راه، ایمنی بیشتری را تامین می‌کند. افزایش تاب لغزشی راه، کاهش پخش آب به هنگام ترافیک وسایل‌نقلیه در موقع بارندگی از دیگر امتیازات این رویه آسفالتی است. مشخصات فنی آسفالت متخلخل بشرح زیر می‌باشد:

۷-۴-۱- سنگدانه‌ها

سنگدانه‌های مصرفی باید حداقل مشخصات مندرج در جدول (۷-۳) را داشته باشند. وقتیکه از این آسفالت برای راه‌های با ترافیک متوسط استفاده می‌شود، درصد شکستگی آن دریک جبهه باید حداقل ۹۰ درصد و در دو جبهه حداقل ۷۵ درصد باشد. ارزش ماسه ای مصالح حداقل ۴۵ درصد و نشانه خمیری آن کمتر از ۴ درصد باشد. دانه‌بندی مصالح می‌تواند از جدول (۷-۱۳) انتخاب شود.

omoorepeyman.ir

جدول (۷-۱۳) دانه‌بندی پیشنهادی مصالح آسفالت متخلخل [۱۱]

اندازه الک‌ها	درصد مواد رد شده از الک	
	دانه‌بندی ۱	دانه‌بندی ۲
۱۹ میلیمتر ($\frac{۳}{۴}$ اینچ)	۱۰۰	
۱۲/۵ میلیمتر ($\frac{۱}{۲}$ اینچ)	۹۰-۱۰۰	۱۰۰
۹/۵ میلیمتر ($\frac{۳}{۸}$ اینچ)	۶۰-۱۰۰	۹۰-۱۰۰
۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴)	۱۵-۴۰	۴۰-۵۰
۲/۳۶ میلیمتر (شماره ۸)	۴-۱۲	۵-۱۵
۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰)	۲-۵	۲-۵
درصد قیر خالص بر حسب وزن مخلوط آسفالتی – حداقل	۴/۵+	۵+

۷-۴-۲- مواد قیری

آسفالت متخلخل، مخلوطی است که در کارخانه آسفالت بطریق سرد و یا گرم تهیه می‌شود. قیرهای مصرفی برای این آسفالت در صورت استفاده از قیرهای معمولی (بدون مواد افزودنی) می‌تواند برحسب مورد از جدول (۷-۱۴) انتخاب شود. اما از آنجا که این آسفالت‌ها فضای خالی زیادی دارند و ممکن است از یک طرف در هوای گرم زیر بار ترافیک سنگین فشرده شده و فضای خالی آنها تقلیل یابد (و دیگر به عملکرد اصلی خود نتوانند عمل کنند) و از طرف دیگر قیر بکار رفته در یخبندان‌های زمستانی انعطاف‌پذیری لازم را نداشته باشد لازم است در اکثر موارد (بخصوص در جاده‌های با ترافیک متوسط و سنگین) از قیرهای اصلاح شده مطابق مشخصات مندرج در آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران استفاده شود [۱۱].

۷-۴-۳- طرح آسفالت متخلخل

مقدار قیر مصرفی در این مخلوطها با توجه به تجربه و سوابق عملکرد آنها و براساس فضای خالی مورد نظر 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 دانه‌بندی نوع ۱ و ۲ در جدول (۷-۱۳) نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir

جدول (۷-۱۴): راهنمای انتخاب قیرهای معمولی برای آسفالت متخلخل [۱۱]

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 -۲۵	MS-۲۵
HFMS -۲۵	HFMS -۲۵

۷-۵- غبارنشانی

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

۷-۵-۱- مواد قیری

مواد قیری برای مصرف به عنوان غبارنشانی و روغن پاشی را می‌توان برحسب مورد (شرایط جوی، ترافیکی و دسترسی به قیر) از جدول (۷-۱۵) انتخاب کرد.

omoorepeyman.ir

جدول (۷-۱۵) : راهنمای انتخاب قیر برای غبارنشانی و روغن پاشی راه [۱۱]

قیر مناسب	
غبار نشانی	روغن‌پاشی 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-۱۵	SS-۱۵
CSS-۱	CSS-۱
CSS-۱۵	CSS-۱۵

۷-۵-۲- مقدار قیر

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

۷-۵-۲-۱- 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 متر مربع تغییر می‌کند. در صورت مصرف قیرابه که مقدار آن ۲/۵-۰/۷۵ کیلوگرم در متر مربع می‌باشد، قیر را با یک تا پنج برابر حجم آن با آب رقیق کرده و سپس در دو یا سه مرحله پخش می‌کنند.

۷-۵-۲-۲- قیر پاشی

مقدار قیر تقریبی مصرفی، از میان قیرهای محلول، برای قیر پاشی سطح راه در اولین سال اجرا ۴-۳ کیلوگرم در مترمربع و برای قیرابه‌ها ۵-۴ کیلوگرم در مترمربع خواهد بود. در صورت مصرف قیرابه‌ها آن را با یک تا پنج برابر حجم آن با آب رقیق می‌کنند. بطور 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 قیر حداقل ۴-۳ هفته است.

omoorepeyman.ir

۷-۶- اجرای آسفالت‌های حفاظتی

۷-۶-۱- آماده کردن سطح راه

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

۷-۶-۱-۱- راه‌های شنی

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

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

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

ج- 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 گردد.

د- سطح آماده شده از هر حیث با مشخصات و نقشه‌های اجرایی منطبق باشد.

ه- اندود نفوذی این سطح قبل از عملیات آسفالت سطحی طبق دستورالعمل‌های آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران اجرا شود.

و- برای غبارنشانی و روغن پاشی، هرگونه ناهمواری سطحی و شیارهای طولی و عرضی و نیز فراز و نشیب‌های موضعی با گریدر و در صورت لزوم با پخش مصالح مناسب، تسطیح و اصلاح شود. شیب‌های طولی و عرضی لازم برای تخلیه و هدایت سریع آب از سطح راه و جلوگیری از جمع شدن آب، تامین گردد.

۷-۶-۱-۲- 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.

ج- قیرزدگی‌ها باید تراشیده شود.

د- سطح راه باید از گرد و خاک و مواد خارجی کاملاً پاک شود و در صورت لزوم با آب شستشو و تمیز گردد.

ه- در صورتیکه از قیرهای محلول برای قیرپاشی استفاده می‌شود، سطح راه باید خشک باشد.

omoorepeyman.ir

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

ز- چنانچه اجرای رویه شامل پخش مخلوط‌های آسفالتی نظیر دوغاب قیری و یا مخلوط آسفالتی متخلخل باشد، باید قبلاً اندود سطحی آن طبق دستورالعملهای آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران اجرا شده باشد.

۷-۶-۲- قیرپاشی

قیرپاشی برای انواع عملیات حفاظتی، اعم از آسفالت‌های سطحی یک یا چند لایه‌ای و یا اندودهای آب‌بندی، بر روی سطوح شنی و یا آسفالتی آماده‌سازی شده، باید براساس دستورالعمل‌های آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران، موضوع اندودهای نفوذی (راه‌های شنی) و اندودهای سطحی (روی راه‌های آسفالتی) انجام گیرد. عملیات قیرپاشی باید با قیرپاش انجام شود. مقدار قیر پخش شده باید با آزمایش سینی کنترل شده و نتیجه آن بیش از ۱۰ درصد با مقدار طرح تفاوت نداشته باشد. درجه حرارت انواع قیرهای مصرفی برای پخش در راه‌های شنی و یا آسفالتی نیز در جدول (۷-۱۶) نشان داده شده است. رعایت کلیه ملاحظات ایمنی برای گرم کردن قیرها ضروری است.

۷-۶-۳- پخش و کوبیدن سنگدانه‌ها

پخش سنگدانه‌ها با وسایل مکانیکی انجام می گیرد. 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 غلتک زنی را شروع کرد. عملیات غلتک زنی با غلتک‌های چرخ لاستیکی باید آنقدر ادامه یابد تا سنگدانه‌ها کاملاً در قیر و فضای خالی بین سنگدانه‌ها ی لایه قبلی فرو نشیند.

پس از پخش سنگدانه‌ها و تکمیل عملیات غلتک‌زنی، باید مصالح اضافی را از سطح راه جارو کرد. چنانچه در نقاطی قیرزدگی ظاهر شود باید سنگدانه‌ها روی آن پخش و مجدداً متراکم گردد، بطوریکه سطح نهایی آسفالت سطحی کاملاً یکنواخت شود.

omoorepeyman.ir

جدول (۱۶-۷) درجه حرارت راهنما برای گرم کردن قیر[۱۱]

نوع قیر	درجه حرارت در واحد مخلوط کننده		درجه حرارت پخش قیر	
	دانه‌بندی پیوسته	دانه‌بندی باز	آسفالت مخلوط در محل	آسفالت سطحی
قیرهای خالص				
۴۰/۵۰	۱۳۰-۱۷۵	۸۰-۱۲۰	۰	۱۵۰+ (۶)
۶۰/۷۰	۱۳۰-۱۷۰	۸۰-۱۲۰	۰	۱۳۰+(۶)
۸۵/۱۰۰	۱۲۰-۱۶۵	۸۰-۱۲۰	۰	۱۳۰+(۶)
۱۵۰/۲۰۰	۱۲۰-۱۵۵	۸۰-۱۲۰	۰	۱۴۵+(۶)
۲۰۰/۳۰۰	۱۱۵-۱۵۰	۸۰-۱۲۰	۰	۱۵۰+(۶)
قیرابه‌ها				
RS-۱	-		-	۶۰-۲۰
RS-۲	-		-	۸۵-۵۰
HFRS-۲	-		-	۸۵-۵۰
MS-۱	(۲)۷۰-۱۰		۷۰-۲۰	۷۰-۲۰
MS-۲	(۲)۷۰-۱۰		۷۰-۲۰	-
MS-۲۵	(۲)۷۰-۱۰		۷۰-۲۰	-
HFMS-۱	(۲)۷۰-۱۰		۷۰-۲۰	۷۰-۲۰
HFMS-۲	(۲)۷۰-۱۰		۷۰-۲۰	-
HFMS-۲۵	(۲)۷۰-۱۰		۷۰-۲۰	-
HFMS-۲۶	(۲)۷۰-۱۰		۷۰-۲۰	-
SS-۱	(۲)۷۰-۱۰		۷۰-۲۰	-
SS-۱۵	(۲)۷۰-۱۰		۷۰-۲۰	-
CRS-۱	-		-	۸۵-۵۰
CRS-۲	-		-	۸۵-۵۰
CMS-۲	(۲)۷۰-۱۰		۷۰-۲۰	-
CMS-۲۵	(۲)۷۰-۱۰		۷۰-۲۰	-
CSS-۱	(۲)۷۰-۱۰		۷۰-۲۰	-
CSS-۱۵	(۲)۷۰-۱۰		۷۰-۲۰	-
قیرهای محلول				
MC-۳۰	-	-	-	۳۰+(۶)
RC-MC-SC-۷۰	-	-	۲۰+(۶)	۵۰+(۶)
RC-MC-SC-۲۵۰	۸۰-۵۵(۳)	-	۴۰+(۶)	۷۵+(۶)
RC-MC-SC-۸۰۰	۱۰۰-۷۵(۳)	-	۵۵+(۶)	۹۵+(۶)
RC-MC-SC-۳۰۰۰	۱۱۵-۸۰(۳)	-	-	۱۱۰+(۶)

omoorepeyman.ir

۱) درجه حرارت قیر باید به گونه‌ای تنظیم شود که درجه حرارت مخلوط آسفالتی که بلافاصله از مخلوط کننده تخلیه می‌شود با اعداد ارائه شده و جدول تطبیق کند

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

۳) قیرهای زودگیر برای مصرف در مخلوطهای آسفالتی تهیه شده در کارخانه 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 دودی متصاعد نشود.

۶) حداقل درجه حرارت

۷-۷- تهیه و اجرای آسفالت متخلخل

مخلوط‌های آسفالتی متخلخل بشرح ذکر شده و برحسب اینکه از نوع آسفالت سرد و یا آسفالت گرم باشند باید با توجه به مشخصات آسفالت سرد و آسفالت گرم ذکر شده در آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران تهیه و اجرا شوند. در صورتی که برای تهیه این رویه از آسفالت گرم استفاده شود، درجه حرارت مخلوط با توجه به اینکه مصالح با دانه‌بندی باز استفاده می‌شود تا قیر از سنگدانه‌ها جدا نشده و در مخلوط آسفالتی به شکل آزاد جریان نیابد، حداکثر ۱۲۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. قبل از پخش این آسفالت، رویه راه موجود آماده‌سازی شده و اندود سطحی آن مطابق دستورالعملهای آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران اجرا می‌شود.

۷-۸- اجرای غبارنشانی و روغن پاشی

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 غیر قابل نفوذ ایجاد کند. بستری که بشرح فوق تثبیت می‌شود، ممکن است طی سالهای دوم و یا سوم نیاز به قیرپاشی مجدد داشته باشد که بهتر است برنامه‌ریزی شود.

۷-۹- 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 شود:

الف- برای آسفالت‌های سطحی یک و یا چند لایه‌ای و نیز اندودهای آب‌بندی شامل پخش قیر و سنگدانه‌ها و نیز عملیات اجرایی دوغاب قیری و آسفالت‌های متخلخل، حداقل درجه حرارت سطح راه باید ۲۵ درجه سانتیگراد باشد.

omoorepeyman.ir

ب- آسفالت‌های حفاظتی محدود به پخش قیر، شامل اندود آب‌بندی بدون سنگدانه‌ها، باید در شرایطی انجام شود که دمای محیط حداقل ۱۵ درجه سانتیگراد باشد. عملیات غبارنشانی و روغن پاشی سطح راه ضرورتاً در هوای گرم (تابستان) انجام می‌شود.

ج- آسفالت‌های حفاظتی که با قیرابه‌ها اجرا می‌شوند، در شرایطی که احتمال بارش در حین اجرای کار یا بلافاصله بعد از آن، با توجه به نوع قیرابه، تا حداقل ۱۲ ساعت وجود داشته باشد اجرا نمی‌شوند.

د- اجرای اندودهای آب‌بندی باید در شرایطی انجام گیرد 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 نخواهد بود.

۷-۱۰- کنترل ترافیک

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

۷-۱۰-۱- آسفالت‌های سطحی و اندودهای آب‌بندی

الف- بعد از اجرای هر یک از لایه‌های آسفالت سطحی و یا اندودهای آب‌بندی، تا عمل آمدن کامل قیر، باید از عبور وسایل نقلیه ممانعت شود. در صورتیکه عبور این وسایل بلافاصله بعد از اتمام غلتک‌زنی و یا قبل از گیرش نهایی و سفت شدن قیر اضطراری باشد، سرعت باید به ۱۰ تا ۳۰ کیلومتر در ساعت (برحسب مورد) محدود شود.

ب- چنانچه آسفالت سطحی و یا اندودهای آب‌بندی در راهی که زیر عبور ترافیک قرار دارد انجام شود، از راه‌های انحرافی استفاده می‌شود و یا اینکه عملیات در نصف عرض راه انجام می‌گیرد.

۷-۱۰-۲- آسفالت‌های متخلخل

هدایت وسایل نقلیه برای اجرای آسفالت متخلخل، برحسب اینکه از نوع آسفالت سرد و یا آسفالت گرم باشد، بشرح بند ۷-۱۸ این فصل و ذکر شده در آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران می‌باشد.

۷-۱۰-۳- غبارنشانی و روغن پاشی

از عبور وسایل‌نقلیه از سطح قیرپاشی شده راه برای عملیات غبارنشانی و روغن پاشی، حداقل تا قبل از ۴۸ ساعت باید ممانعت بعمل آید. هرگاه عبور و مرور اضطراری باشد، باید قیر کاملاً به جسم راه نفوذ کرده و خشک شده باشد و در صورتی‌که قبل از تامین شرایط فوق باز کردن مسیر به روی ترافیک ضروری باشد لازم است روی سطح قیرپاشی شده ماسه پخش شود.

omoorepeyman.ir

۷-۱۱- آسفالت‌های سرد

آسفالت‌های سرد به مخلوطی از مصالح سنگی و قیرابه (قیر مخلوط یا امولسیون قیر) اطلاق می‌شود که در دمای محیط تهیه و در حرارت محیط پخش و متراکم می‌شود. چنانچه برای تهیه آسفالت سرد از امولسیون قیر استفاده شود سنگدانه‌ها می‌توانند مرطوب باشند، لیکن در صورتی‌که از قیرهای محلول برای تهیه آسفالت سرد استفاده شود سنگدانه‌ها باید در دمای محیط و یا تحت اثر حرارت خشک شده باشند. مخلوط‌های آسفالت سرد که با قیرهای غلیظ مانند MC-۳۰۰۰ و یا SC-۳۰۰۰ تهیه می‌شوند عملاً مانند آسفالت گرم باید در حرارت ۹۵ درجه سانتیگراد یا بیشتر با قیر مخلوط شده و در محدوده همین دما پخش و متراکم شوند. بدلیل آنکه برای تهیه آسفالت‌های سرد از مصالح سنگی با دانه‌بندی های پیوسته یا باز استفاده می‌شود و همچنین می‌توان این نوع آسفالت را در ضخامت‌های مختلف پخش و متراکم نمود، بنابراین این نوع آسفالت جزئی از سازه باربر روسازی محسوب می‌شود. ضرایب هم ارزی آسفالت سرد نسبت به آسفالت گرم برحسب اینکه آسفالت سرد کارخانه‌ای (در این نوع آسفالت سرد مصالح سنگی در دمای محیط با قیر در کارخانه آسفالت مخلوط می‌شود) یا مخلوط در محل و با دانه‌بندی درشت یا ماسه‌ای باشد (در این نوع آسفالت سرد مصالح سنگی در کنار راه ریسه شده و روی آن قیر پاشیده می‌شود و سپس در سطح راه عمل اختلاط انجام می‌شود) متفاوت است و در محدوده ۱/۳ تا ۲ تغییر می‌کند. آسفالت سرد را می‌توان برای راه‌های با ترافیک سبک و یا متوسط (راه‌های فرعی و یا شنی) طراحی و چنانچه در آینده ترافیک جاده بیشتر و سنگین‌تر شد آن را با آسفالت گرم روکش نمود.

۷-۱۱-۱- انواع آسفالت‌های سرد

آسفالت سرد را برحسب روش تهیه و اجرا می‌توان به دو دسته بشرح زیر تقسیم نمود:

۱- آسفالت سرد کارخانه‌ای

۲- آسفالت سرد مخلوط در محل

۷-۱۱-۱-۱- 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 اختلاط دانه‌بندی، توزین سنگدانه‌ها و اختلاط با قیرها با مشخصاتی که در این فصل ذکر خواهد شد، کنترل‌های لازم آنطور که در تهیه آسفالت گرم در آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران تشریح شده است، رعایت می‌شود. البته هنگامیکه از قیرابه‌ها استفاده می‌شود مراحل حرارت دادن و یا خشک کردن سنگدانه‌ها دیگر انجام نمی‌شود، مشروط بر آنکه رطوبت مصالح بیش از ۳ درصد نباشد.

omoorepeyman.ir

۷-۱۱-۱-۲- 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.

۷-۱۱-۲- سنگدانه‌ها

سنگدانه‌ها در آسفالت سرد اعم از کارخانه‌ای یا مخلوط در محل را می‌توان از اختلاط مصالح درشت‌دانه حاصل از شکستن سنگ کوهی، شن رودخانه‌ای، سرباره کوره آهن‌گدازی، ماسه شکسته، ماسه شسته و یا مخلوط این دو و در صورت لزوم فیلر، تهیه کرد. مخلوط مصالح مصرفی باید مشخصات مندرج در جدول (۷-۱۷) را داشته و موارد ذیل در آن رعایت شده باشد:

الف- دانه‌بندی سنگدانه‌ها برحسب اینکه پیوسته یا باز انتخاب شود باید در محدوده یکی از دانه‌بندیهای جداول (۷-۱۸) و (۷-۱۹) باشد. دانه‌بندی با توجه به ضخامت قشر آسفالتی، ترافیک و شرایط جوی – اقلیمی منطقه تعیین می‌شود. منحنی دانه‌بندی بهتر است علی‌الخصوص بعد از الک شماره ۸ (بخش ریزدانه) بصورت میانی بین محدوده‌های بالا و پایین دانه‌بندی قرار گیرد.

ب- دانه‌بندی اجزای دانه‌درشت و دانه‌ریز نیز برای اختلاط و تامین دانه‌بندی مشخصات، با توجه به حداکثر قطر سنگدانه‌ها، باید مطابق جداول (۷-۲۰) و (۷-۲۱) برای دانه‌بندی درشت‌دانه و ریزدانه باشد. انتخاب دانه‌بندی‌های درشت و ریز دیگر که بتواند دانه‌بندی مشخصات را تامین کند، قابل قبول خواهد بود.

ج- چنانچه برای تامین دانه‌بندی مخلوط سنگدانه‌ها از فیلر استفاده شود، دانه‌بندی آن باید با جدول (۷-۲۲) مطابقت داشته باشد.

د- 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 (۷-۱۷) منطبق بوده و در غیر اینصورت اصلاحات لازم برای تطابق با مشخصات فوق روی آن انجام گیرد.

omoorepeyman.ir

جدول (۱۷-۷): مشخصات سنگدانه‌ها برای استفاده در آسفالت سرد [۱۱]

آزمایش	مشخصات	روش آزمایش		
		آشتو	ای‌اس‌تی‌ام	بی‌اس
مقاومت سایشی با آزماش 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	-
ارزش ماسه‌ای – حداقل	۳۵ درصد	T۱۷۶	D۲۴۱۹	-
نشانه خمیری – حداکثر	۴ درصد	T۹۰	D۴۸۱۳	-
شکستگی یک جبهه سنگدانه‌های مانده روی الک شماره ۴ با ۴/۷۵ میلیمتر – حداقل	۶۵ درصد	-	-	-
ضریب تورق – حداکثر	۳۵ درصد	-	-	۸۱۲
جرم واحد حجم سنگدانه‌های سرباره کوره آهن‌گدازی – حداقل	۱۱۲۰ Kg/m^3	T۱۹	C۲۹	-

omoorepeyman.ir

جدول (۷-۱۸): انواع دانه‌بندی پیوسته مصالح مخلوطهای بتن آسفالتی

شماره‌بندی / اندازه الک	درصد وزنی رد شده از هر الک						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
	اساس قیری	اساس قسری و آستر	اساس قیری و آستر	آستر و رویه	رویه	رویه	رویه
۵۰ میلیمتر (۲ اینچ)	۱۰۰	–	–	–	–	–	–
۳۷/۵ میلیمتر ($1\frac{1}{2}$ اینچ)	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	–	–	–	–	–
۲۵ میلیمتر (۱ اینچ)	–	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	–	–	–	–
۱۹ میلیمتر ($\frac{3}{4}$ اینچ)	۵۶-۸۰	–	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	–	–	–
۱۲/۵ میلیمتر ($\frac{1}{2}$ اینچ)	–	۵۶-۸۰	–	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	–	–
۹ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ 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	۶۵-۱۰	۹۵-۱۰۰
۱/۱۸ میلیمتر (شماره ۱۶)	–	–	–	–	–	۲۰-۸۰	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

omoorepeyman.ir

جدول (۱۹-۷) : انواع دانه‌بندی غیر پیوسته مصالح آسفالت گرم [۱۱]

اندازه اسمی میلیمتر	درصد وزنی رد شده از هر الک (با سوراخهای چهارگوش)					
	۳۷/۵	۲۵	۱۶	۱۲/۵	۹/۵	۴/۷۵
شماره دانه‌بندی / اندازه الک	I	II	III	IV	V	VI
۵۰ میلیمتر (۲ اینچ)	۱۰۰					
۳۷/۵ میلیمتر ($1\frac{1}{2}$ 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 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
۱/۱۸میلیمتر (شماره ۱۶)	-	-	-	۳-۱۹	۵-۲۵	۵۰-۷۵
۰/۵ 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

omoorepeyman.ir

جدول (۷-۲۰) : دانه‌بندی مصالح سنگی درشت دانه مخلوطهای بتن آسفالتی [۱۱]

اندازه اسمی میلیمتر	درصد وزنی رد شده از هر الک								
	۳۷/۵	۲۵	۲۵	۱۹	۱۹	۱۹	۱۲/۵	۹/۵
شماره دانه‌بندی اندازه الک	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
۵۰ م م (۲ اینچ)	۱۰۰	–	–	–	–				
۳۷/۵م م (۱ $\frac{۱}{۲}$ اینچ)	۹۰–۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	–	–				
۲۵ م م (۱ اینچ)	۲۰–۵۵	۹۰–۱۰۰	۹۰–۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	–	–	–
۱۹ م م ($\frac{۳}{۴}$ اینچ)	۰–۱۵	۲۰–۵۵	–	۹۰–۱۰۰	۹۰–۱۰۰	۹۰–۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	–
۱۲/۵ م م ($\frac{۱}{۲}$ اینچ)	–	۰–۱۰	۲۵–۶۰	۲۰–۵۵	–	–	۹۰–۱۰	۹۰–۱۰۰	۱۰۰
۹/۵ م م ($\frac{۳}{۸}$ اینچ)	۰–۵	۰–۵	–	۰–۱۵	۰۲–۵۵	۳۰–۶۵	۲–۷۰	۴۰–۷۵	۸۵–۱۰۰
۴/۷۵ م م (شماره ۴)	–	–	۰–۱۰	۰–۵	۰–۱۰	۰–۱۵	۰–۱۵	۵–۲۵	۱۰–۳۰
۲/۳۶ م م (شماره ۸)	–	–	۰–۵	–	۰–۵	۰–۵	۰–۵	۰–۱۰	۰–۱۰
۱/۱۸ (شماره ۱۶)	–	–	–	–	–	–	–	۰–۵	۰–۵
۰/۳ م م (شماره ۵۰)	–	–	–	–	–	–	–	–	–

omoorepeyman.ir

جدول (۷-۲۱): دانه‌بندی مصالح ریزدانه مخلوطهای بتن آسفالتی [۱۱]

اندازه الک	درصد وزنی ردشده از هر الک			
	I	II	III	IV
۹/۵ م م ($\frac{۳}{۸}$ اینچ)	۱۰۰	–	–	۱۰۰
۴/۷۵ م م (شماره ۴)	۹۵–۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۰–۱۰۰
۲/۳۶ م م (سماره ۸)	۷۰–۱۰۰	۷۵–۱۰۰	۹۵–۱۰۰	۶۵–۱۰۰
۱/۱۸ م م (شماره ۱۶)	۴۰–۸۰	۵۰–۷۴	۸۵–۱۰۰	۴۰–۸۰
۰/۶ م م (شماره ۳۰)	۲۰–۶۵	۲۸–۵۲	۶۵–۹۰	۲۰–۶۵
۰/۳ م م (شماره ۵۰)	۷–۴۰	۸–۳۰	۳۰–۶۰	۷–۴۰
۰/۱۵ م م (شماره ۱۰۰)	۲–۲۰	۰–۱۲	۵–۲۵	۲–۲۰
۰/۰۷۵ م م (شماره ۲۰۰)	۰–۱۰	۰–۵	۰–۵	۰–۱۰

جدول (۷-۲۲) دانه بندی فیلر [۱۱]

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

۷-۱۱-۳- مواد قیری

مشخصات مواد قیری مصرفی در آسفالت سرد در صورتی که صرفاً استفاده از قیرهای خالص مدنظر باشد بشرح زیر می‌باشد:

۷-۱۱-۳-۱- قیرهای محلول

مشخصات قیرهای محلول بشرح جداول (۷-۲۳) الی (۷-۲۵) باید رعایت شود.

omoorepeyman.ir

جدول (۷-۲۳): محدوده مشخصات قیرهای محلول زودگیر [۱۱]

آزمایش		روش آزمایش		درجه قیر زودگیر							
		ای‌اس‌تی‌ام	آشتو	RC-۷۰		RC-۲۵۰		RC-۸۰۰		RC-۳۰۰۰	
				حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
کندروانی سینماتیک در ۶۰C		D ۲۱۷۰	T۲۰۱	۷۰	۱۴۰	۲۵۰	۵۰۰	۸۰۰	۱۶۰۰	۳۰۰۰	۶۰۰۰
نقطه اشتعال (ظرف روباز) C		D۳۱۴۳	T۷۹	-	-	۲۷	-	۲۷	-	۲۷	-
مقدار آب ٪		D۹۵	T۵۵	-	۰/۲	-	۰/۲	-	۰/۲	-	۰/۲
درصد حجمی موادقطیر شده در درجه‌حرارتهای رویرو به مواد تقطیر شده در ۳۶۰ C	۱۹۰C	D۴۰۲	T۷۸	۱۰	-	-	-	-	-	-	-
	۲۲۵			۵۰	-	۳۵	-	۵	-	-	-
	۲۶۰			۷۰	-	۶۰	-	۴۵	-	۲۵	-
	۳۱۵			۸۵	-	۸۰	-	۷۵	-	-	-
درصد حجمی قیر باقیمانده از تقطیر C ۳۶۰				۵۵	-	۶۵	-	۷۵	-	۸۰	-
آزمایش روی قیر باقیمانده از تقطیر	درجه نفوذ(۰/۱ م م)	D۵	T۴۹	۸۰	۱۲۰	۸۰	۱۲۰	۸۰	۱۲۰	۸۰	۱۲۰
	خاصیت‌انگمی(سانتیمتر)	D۱۱۳	T۵۱	۱۰۰	-	۱۰۰	-	۱۰۰	-	۱۰۰	-
	حلالیت در تری کلرور اتیلن(٪)	D۲۰۴۳	T۴۴	۹۹	-	۹۹	-	۹۹	-	۹۹	-

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

omoorepeyman.ir

جدول (۷-۲۴) محدوده مشخصات قیرهای محلول کندگیر [۱۱]

آزمایش			روش آزمایش		درجه قیـــر زودگیر									
			ای اس تی ام	آشتو	MC-۳۰		MC-۷۰		MC-۲۵۰		MC-۸۰۰		MC-۳۰۰۰	
					حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
کندروانی سینماتیک در ۶۰°C			D۲۱۷۰	T۲۰۱	۳۰	۶۰	۷۰	۱۴۰	۲۵۰	۵۰۰	۸۰۰	۱۶۰۰	۳۰۰۰	۶۰۰۰
نقطه 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 تقطیر شده در درجه حرارت‌های روبرو به مواد تقطیر شده در ۳۶۰°C	۲۲۵		D۴۰۲	T۷۸	-	۲۵	۰	۲۰	۰	۱۰	-	-	-	-
	۲۶۰				۴۰	۷۰	۲۰	۶۰	۱۵	۵۵	۰	۳۵	۰	۱۵
	۳۱۵				۷۵	۹۳	۶۵	۹۰	۶۰	۸۷	۴۵	۴۵	۱۵	۷۵
درصد حجمی قیر باقیمانده از تقطیر در ۳۶۰°C					۵۰	-	۵۵	-	۶۷	-	۷۵	-	۸۰	-
آزمایش روی قیر باقیمانده از تقطیر	درجه نفوذ(۰/۱ میلیمتر)		D۵	T۴۹	۱۲۰	۲۵۰	۱۲۰	۲۵۰	۱۲۰	۲۵۰	۱۲۰	۲۵۰	۱۲۰	۲۵۰
	خاصیت انگسی(سانتیمتر)		D۱۱۳	T۵۱	۱۰۰	-	۱۰۰	-	۱۰۰	-	۱۰۰	-	۱۰۰	-
	حلالیت در (تری‌کلرواتیلن)		D۲۰۴۲	T۲۴	۹۹	-	۹۹	-	۹۹	-	۹۹	-	۹۹	-

توضیح: نمونه‌گیری با روش D۱۴۰ ای اس تی ام یا آشتو انجام می‌شود

جدول (۷-۲۵)محدوده مشخصات قیرهای محلول دیرگیر [۱۱]

آزمایش	روش آزمایش		درجه قیـــر زودگیر							
	ای اس تی ام	آشتو	SC-۷۰		SC-۲۵۰		SC-۸۰۰		SC-۳۰۰۰	
			حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
کندروانی سینماتیک در ۶۰°C	D۲۱۷۰	T۲۰۱	۷۰	۱۴۰	۲۵۰	۵۰۰	۸۰۰	۱۶۰۰	۳۰۰۰	۶۰۰۰
نقطه اشتعال (ظرف روباز) °C	D۳۱۴۳	T۷۹	۶۶	-	۷۹	-	۹۳	-	۱۰۷	-
مقدار آب ٪	D۹۵	T۵۵	-	۰/۵	-	۰/۵	-	۰/۵	-	۰/۵
درصد حجمی مواد تقطیر شده در ۳۶۰°C	D۴۰۲	T۷۸	۱۰	۳۰	٤	۲۰	۲	۱۲	-	۵
کندروانی سینماتیک قیر باقیمانده از تقطیر در ۶۰°C	D۲۱۷۰	T۲۰۱	٤	۷۰	۸	۱۰۰	۲۰	۱۶۰	٤۰	۳۵۰
درصد قیر باقیمانده از تقطیر (قیر با درجه نفوذ ۱۰۰)	D۲۴۳	T۵۶	۵۰	-	٦۰	-	۷۰	-	۸۰	-
خاصیت انگمی قیر باقیمانده از تقطیر (قیر با درجه نفوذ ۱۰۰)	D۱۱۳	T۵۱	۱۰۰	-	۱۰۰	-	۱۰۰	-	۱۰۰	-
حلالیت در تری کلرواتیلن	D۲۰۴۲	T۴۴	۹۹	-	۹۹	-	۹۹	-	۹۹	-

توضیح : نمونه گیری قیر با روش D ۱۴۰ ای اس تی ام و یا آشتو T۷۰ انجام می‌شود

omoorepeyman.ir

۷-۱۱-۳-۲- قیرابه ها

مشخصات قیرابه ها باید بشرح جداول (۷-۲۶) و (۷-۲۷) باشد.

جدول (۷-۲۶): محدوده مشخصات قیرآبه‌های کاتیونیک[۱۱]

آزمایش		زودشکن				کند شکن				دیر شکن			
		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 سی‌بولت فورل در ۲۵°C(ثانیه)		–	–	–	–	–	–	–	–	۲۰	۱۰۰	۲۰	۱۰۰
کند روانی سی‌بولت فورل در ۵۰°C(ثانیه)		۲۰	۱۰۰	۱۰۰	۴۰۰	۵۰	۴۵۰	۵۰	۴۵۰	–	–	–	–
ته‌نشینی بعد از ۲۴ ساعت نگهداری در انبار (٪)		–	۱	–	۱	–	۱	–	۱	–	۱	–	۱
آزمایش طبقه‌بندی		قابل قبول بشرح آزمایش مربوطه در استاندارد D۲۴۴				–		–		–		–	
قابلیت اندود شدن سنگدانه‌های خشک		–	–	–	–	خوب		خوب		–	–	–	–
دوام اندود سنگدانه‌های خشک اندود شده در مقابل آب		–	–	–	–	متوسط		متوسط		–	–	–	–
قابلیت اندود شدن سنگدانه‌های مرطوب		–	–	–	–	متوسط		متوسط		–	–	–	–
دوام اندود سنگدانه‌های مرطوب اندود شده در مقابل آب		–	–	–	–	متوسط		متوسط		–	–	–	–
بار ذره‌ای دانه‌های قیر		مثبت		مثبت		مثبت		مثبت		مثبت		مثبت	
آزمایش دانه‌بندی (٪)-(دانه‌های درشت قیر)		–	۰/۱	–	۰/۱	–	۰/۱	–	۰/۱	–	۰/۱	–	۰/۱
درصد قیر شکسته شده در آزمایش اختلاط با سیمان		–	–	–	–	–	–	–	–	–	۲	–	۲
درصد حجمی روغن امولسیون در آزمایش تقطیر		–	۳	–	۳	–	۱۲	–	۱۲	–	–	–	–
درصد وزنی قیر در آزمایش تقطیر		۶۰	–	۶۵	–	۶۵	–	۶۵	–	۵۷	–	۵۷	–
آزمایشات روی قیر باقیمانده از تقطیر	درجه نفوذ(۰/۱ میلیمتر)	۱۰۰	۲۵۰	۱۰۰	۲۵۰	۱۰۰	۲۵۰	۴۰	۹۰	۱۰۰	۲۵۰	۴۰	۹۰
	خاصیت انگمی(سانتیمتر)	۴۰	–	۴۰	–	۴۰	–	۴۰	–	۴۰	–	۴۰	–
	حلالیت در تری‌کلرواتیلن(درصد)	۹۷/۵	–	۹۷/۵	–	۹۷/۵	–	۹۷/۵	–	۹۷/۵	–	۹۷/۵	–

۱) کلیه آزمایشهای مورد نیاز برای قیرابه‌ها مطابق با D۲۴۴ ای اس تی ام و یا آشتو T ۵۹ انجام می‌گیرد و نمونه‌گیری ها نیز با روش D ۱۴۰ ای اس تی ام یا T ۴۰ آشتو انجام می‌شود.

۲) در صورتیکه نتایج استفاده از قیرابه مورد آزمایش در عملیات اجرایی قابل قبول باشد آزمایش دانه‌بندی حذف می‌شود.

omoorepeyman.ir

جدول (۷-۲۷) محدوده مشخصات قیرابه‌های انیونیک [۱۱]

آزمایش	زودشکن										کندشکن										-۲s سند
	RS-۱		RS-۲		HFRS-۲		MS-۱		MS-۲		MS-۲h		HFMS-۱		HFMS-۲h						
	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل					
کندروانی سی‌یوات فورل در ۲۵°C (ثانیه)	۲۰	۱۰۰	-	-	-	-	۱۰۰	۲۰	-	۱۰۰	-	۱۰۰	۱۰۰	۲۰	-	۱۰۰					۵۰
کندروانی سی‌یوات فورل در ۵۰°C (ثانیه)	-	-	۴۰۰	۷۵	-	۷۵	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					-
پایداری در برابر ته‌نشینی ۲۴ ساعت نگهداری در انبار(٪)	-	۱	۱	-	۱	-	۱	-	۱	-	-	-	۱	-	۱	-					۱
سرعت شکست با کلرور سدیم(٪)	۶۰	-	-	۶۰	-	۶۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					-
قابلیت اندود شدن سنگدانه‌های خشک	-		-		-		خوب		خوب		خوب		خوب		خوب		خوب				
دوام سنگدانه‌های خشک اندود شده در مقابل آب	-		-		-		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط				
قابلیت اندود شدن سنگدانه‌های مرطوب	-		-		-		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط				
دوام سنگدانه‌های مرطوب اندود شده در مقابل آب	-		-		-		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط		متوسط				
درصد قیر شکسته شده در آزمایش اختلاط با سیمان	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					-
درصد دانه‌های درشت قیر در آزمایش دانه‌بندی[۳] (٪)	-	۰/۱	-	۰/۸	-	۰/۸	-	۰/۱	-	۰/۱	-	۰/۱	-	۰/۱	-	۰/۱					۰/۱
قیر باقیمانده از آزمایش تقطیر (٪)	۵۵	-	۶۳	-	۶۳	-	۵۵	-	۶۵	-	۶۵	-	۶۵	-	۶۵	-					۶۵
مقدار روغن نسبت به حجم امولسیون در آزمایش تقطیر(٪)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					۱
آزمایش روی قیر باقیمانده از تقطیر	۱۰۰۰	۲۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰	۴۰	۹۰	۱۰۰۰	۲۰۰	۴۰	۹۰					۲۰۰
درجه نفوذ (یک‌دهم میلیمتر)																					
خاصیت انگمی (میلی‌متر)	۴۰	-	۴۰	-	۴۰	-	۴۰	-	۴۰	-	۴۰	-	۴۰	-	۴۰	-					۴۰
حلالیت در تری کلرور اتیلن (٪)	۹۷/۵	-	۹۷/۵	-	۹۷/۵	-	۹۷/۵	-	۹۷/۵	-	۹۷/۵	-	۹۷/۵	-	۹۷/۵	-					۹۷/۵
آزمایش پیاله شناور[۴] (ثانیه)	-	-	-	-	-	۱۲۰۰	-	-	-	-	-	-	-	۱۲۰۰	-	۱۲۰۰					۱۲۰۰

omoorepeyman.ir

		حداکثر	۱	۰	۲	۱					۰	۰/۱	۱	۷	۲	۱	۱	۱
دیرشکن	SS-۱	حداقل	۲۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۵۷	۱	۱۰۰	۴۰	۹۷/۵	۱
		حداکثر	۱۰۰	۱	۱	۱					۲	۰/۱	۱	۱	۲۰۰	۱	۱	۱
	SS-۱h	حداقل	۲۰	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۵۷	۱	۲۰	۴۰	۹۷/۵	۱
		حداکثر	۱۰۰	۱	۱	۱					۲	۰/۱	۱	۱	۹۰	۱	۱	۱

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 D ۱۴۰ ای اس تی ام یا آشتو T ۴۰ انجام می‌شود.

۲) درصورتی‌که نتایج استفاده از قیرابه مورد آزمایش در عملیات اجرایی قابل قبول باشد آزمایش دانه‌بندی حذف می‌شود.

۳) آزمایش پیاله شناور با روش D ۱۳۹ ای اس تی ام و T ۵۰ آشتو انجام می‌گیرد.

۷-۱۱-۴- 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، کوتاه مدت یا میان مدت)، انتخاب می‌شود. جدول (۷-۲۸) با توجه به عوامل ذکر شده 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:

۷-۱۱-۴-۱- خصوصیات قیر

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

۷-۱۱-۴-۲- کندروانی قیر

کندروانی قیر تابع درجه حرارت است. نظر به اینکه ضروری است قیر مصرفی در آسفالت سرد و در دمای محیط کار و در حین عملیات اجرایی، کارایی و روانی کافی داشته باشد، لذا غلظت قیر در این دما از اهمیت خاصی برخوردار است. قیر در شرایط محیطی ساخت آسفالت باید آنچنان غلظتی داشته باشد که بتواند مخلوط آسفالتی همگن و یکنواخت با پوشش قیری کاملی برای سنگدانه‌ها را

omoorepeyman.ir

تامین کند. بعنوان مثال برای تولید آسفالت سرد کارخانه‌ای از قیر با کندروانی بیشتر (قیر غلیظ‌تر) و برای آسفالت سرد تولید شده در محل از قیر با کندروانی کمتر (قیر رقیق‌تر) استفاده می‌شود.

۷-۱۱-۴-۳- تاثیر دانه‌بندی مصالح

دانه‌بندی مصالح عامل تعیین‌کننده‌ای در انتخاب قیر آسفالت سرد محسوب می‌شود. بطورکلی 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 بهتر است قیر مصرفی کندروانی متوسط و یا کمتری داشته باشد. بالعکس در شرایطی که مواد رد شده از الک ۲۰۰ کم باشد، عمل اختلاط آسان‌تر انجام می گیرد و لذا قیر با کندروانی بیشتر مناسبتر خواهد بود. بعلاوه کاربرد قیر با کندروانی بیشتر احتمال چکه کردن قیر از سنگدانه‌های با دانه‌بندی باز را کاهش می‌دهد.

۷-۱۱-۴-۴- عمل آمدن قیر

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

۷-۱۱-۴-۴-۱- قیرهای محلول

سرعت گیرش و عمل آمدن قیرهای محلول (به عبارتی عمل تبخیر و تصعید مواد فرار این قیرها) تابع مقدار قیر مصرفی، نوع و درجه قیر، رطوبت نسبی محیط، باد، باران، تغییرات دمای محیط محل اجرای کار در طول عملیات و دمای اختلاط با سنگدانه‌ها می‌باشد. هر اندازه مواد حلال قیر مصرفی سبک‌تر باشد (مانند قیرهای زودگیر) این مواد زودتر تصعید شده 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 خواهد شد.

۷-۱۱-۴-۴-۲- قیرابه ها

سفت‌شدن این قیرها و ظهور خاصیت چسبندگی کامل در آنها به تبخیر آب موجود در قیر، درصد جذب آب سنگدانه‌ها و فشار مکانیکی اعمال شده به مخلوط‌های آسفالتی (غلظت و ترافیک) بستگی دارد. در شرایط محیطی مناسب، تبخیر آب و در نتیجه عمل آمدن 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. تاثیر شرایط جوی برای قیرهای آنیونیک در مقایسه با قیرهای کاتیونیک بیشتر است. برای دستیابی به نتایج بهینه، شرایط محیطی همواره بعنوان یک عامل مهم در نظر گرفته می‌شود. برای آسفالت سرد فقط می‌توان از قیرهای کندشکن و دیرشکن استفاده کرد.

omoorepeyman.ir

۷-۱۱-۴-۴-۳- اثر دانه‌بندی

نوع دانه‌بندی مصالح از نظر تسریع یا تاخیر در عمل آمدن قیرهای محلول یا سفت شدن قیرابه‌ها عامل مهمی است. وقتی که از دانه‌بندی‌های پیوسته حاوی مواد ریزدانه زیاد استفاده می‌شود معمولاً مدت زمان زیادتری را برای اندودکردن سنگدانه‌ها و کامل شدن عمل اختلاط منظور و از قیر با سرعت گیرایی و سفت شدن 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 اینکه 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.

۷-۱۱-۵- درجه حرارت قیر

محدوده‌های بالا و پایین درجه حرارت قیرهای مصرفی در آسفالت سرد، برحسب اینکه آسفالت از انواع کارخانه‌ای و یا مخلوط در محل باشد، در جدول (۷-۲۹) به عنوان راهنما آمده است. از این جدول برای تعیین محدوده درجه حرارتی که در شرایط مختلف اجرای کار مخلوط کارایی مناسب داشته باشد، می‌توان استفاده کرد.

omoorepeyman.ir

جدول (۷-۲۸) راهنمای انتخاب قیر برای آسفالت سرد

نوع آسفالت و کیفیت مصالح سنگی مصرفی	قیرهای محلول												قیر امولسیونی							قیر کاتیونی	
	RS زودگیر			CS دیرگیر			MS کندگیر						MS-۱ HFMS-۱	MS-۲ HFMS-۲	HFMS-۲n MS-۲n	HFMS-۲s	SS-۱	SS-۱n	CMS-۲	CMS-۲n	CSS-۱	CSS-۱n
	۷۰	۲۵۰	۸۰۰	۳۰۰۰	۲۵۰	۸۰۰	۳۰۰۰	۷۰	۲۵۰	۸۰۰	۳۰۰۰											
۱) مخلوط‌های تهیه شده در کارخانه مصرف در قشر اساس و رویه‌ها: دانه‌بندی										×				×								
خوب دانه‌بندی شده		×			×	×	×			×	×	×		×	×	×	×	×	×	×	×	×
مصالح ماسه‌ای																×	×		×	×	×	×
۲) آسفالت مخلوط در محل مصرف در قشر اساس و رویه با: دانه‌بندی باز		×	×	×		×	×			×	×	×	×	×	×							
خوب دانه‌بندی شده					×	×	×		×	×	×	×				×	×	×			×	×
ماسه		×	×					×	×	×	×	×				×	×	×			×	×
ماسه همراه بالای (۲)	×	×	×						×	×	×	×					×	×			×	×
۳) مخلوط‌های مناسب تعمیات و لکه‌گیری: مصرف فوری		×	×			×	×		×	×	×	×		×	×	×			×	×		
مصرف غیر فوری					×	×	×		×	×	×	×				×						

توضیحات:

۱) مصالح رد شده از الک ۵ میلیمتر با حداکثر ۵ درصد موارد رد شده از الک شماره ۲۰۰

۲) مصالح رد شده از الک ۲ میلیمتر(الک شماره ۱۰) همراه با مقداری موارد ردشده از الک ۲۰۰ که دارای خاصیت خمیری باشد.

omoorepeyman.ir

۷-۱۱-۶- انتخاب دانه‌بندی کارگاهی

انتخاب دانه‌بندی مخلوط آسفالت سرد برای هر پروژه اعم از اینکه انواع کارخانه‌ای یا مخلوط در محل باشد، باید با توجه به ضوابط و معیارهای مشروحه در این فصل، موضوع دانه‌بندی و رعایت رواداری مربوطه صورت گیرد. انتخاب این دانه‌بندی ضمن آنکه در داخل دانه‌بندی اصلی مشخصات قرار می‌گیرد، با توجه به میزان ترافیک، شرایط جوی و کیفیت سنگدانه‌های مصرفی انجام می‌گیرد. بعنوان مثال برای ترافیک سنگین در مناطق گرمسیری و یا 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 اعتماد در دانه‌بندی کارگاهی در جدول (۷-۳۰) نشان داده شده است.

جدول (۷-۲۹) محدوده‌های بالا و پائین درجه حرارت قیرهای مصرفی در آسفالت سرد [۱۱]

نوع و درجه قیر	درجه حرارت قیر برای آسفالت سرد کارخانه‌ای با دانه‌بندی باز و پیوسته	درجه حرارت قیر برای پخش روی مصالح ریسه شده در راه
قیرابه‌ها: انواع قیرابه‌های کند شکن و دیر شکن آنیونیک و کاتیونیک	۷۰-۱۰ (۱)	۷۰-۲۰ سانتیگراد
قیرهای محلول (۲) انواع زود گیر، کندگیر و دیرگیر با کندروانی:		
۷۰	–	(۴) +۲۰ سانتیگراد
۲۵۰	(۳) ۸۰-۵۵ سانتیگراد	(۴) + ۴۰ سانتیگراد
۸۰۰	(۳) ۱۰۰-۷۵ سانتیگراد	(۴) +۵۵ سانتیگراد
۳۰۰۰	(۳) ۱۱۵ -۸۰ سانتیگراد	–

توضیحات:

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

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

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

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

omoorepeyman.ir

جدول (۷-۳۰)وراداری مجاز دانه‌بندی کارگاهی و قیر در آسفالت سرد [۱۱]

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

۷-۱۲- طرح اختلاط آسفالت سرد

برای طرح اختلاط آسفالت سرد به دو طریق زیر عمل می‌شود:

۷-۱۲-۱- 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:

۷-۱۲-۱-۱- قیرابه ها

درصد وزنی قیرابه برای مصالح با دانه‌بندی پیوسته و متراکم را می‌توان به یکی از دو روش زیر محاسبه کرد [۱۱]:

الف- درصد قیرابه از رابطه:

$$P = (۰/۰۵\ A + ۰/۱\ B + ۰/۵\ C) \times ۰/۷ \qquad (۴-۷)$$

که در آن:

P – درصد وزنی قیرابه برحسب وزن مصالح سنگی خشک

A – درصد وزنی مصالح سنگی مانده روی الک ۲/۳۶ میلیمتری (شماره ۸)

B – درصد وزنی مصالح سنگی رد شده از الک ۲/۳۶ میلیمتری (شماره ۸) و مانده روی الک ۲۰۰

C – درصد وزنی مصالح رد شده از الک ۲۰۰

ب- درصد قیرابه از رابطه:

$$P = (۰/۰۰۱۳۸\ AB + ۶/۳۵۸\ Log\ C) - ۴/۶۵۵ / R \qquad (۵-۷)$$

omoorepeyman.ir

که در آن:

P – درصد وزنی قیرابه برحسب وزن مصالح سنگی خشک،

R – درصد قیر خالص در قیرابه که از ۵۵٪ تا ۶۵٪ برای انواع قیرابه‌ها متغیر است و مقدار دقیق آن با آزمایش تعیین می‌شود.

A – درصد مصالح سنگی مانده روی الک ۴/۷۵ میلیمتری (شماره ۴)

B – درصد رد شده از الک شماره ۴ و مانده روی الک شماره ۲۰۰

C – درصد رد شده از الک شماره ۲۰۰

تفاوت دو فرمول در آن است که در فرمول (۷-۴) درصد قیرابه مستقیماً وارد می‌شود و در فرمول (۷-۵) درصد قیر خالص موجود در قیرابه در محاسبات آورده می‌شود.

۷-۱۲-۱-۲- قیرهای محلول

درصد وزنی قیرهای محلول برای مصالح با دانه‌بندی پیوسته و متراکم را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد [۱۱]:

$$P = ۰/۰۲A + ۰/۰۷B + ۰/۱۵C + ۰/۲D \qquad (۷-۶)$$

که در آن:

P – درصد قیر برحسب وزن مصالح سنگی خشک

A – درصد مصالح مانده روی الک شماره ۵۰

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

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

D – درصد رد شده از الک شماره ۲۰۰

۷-۱۲-۱-۳- درصد قیر برای دانه‌بندی‌های باز

درصد تقریبی قیر برای دانه‌بندی‌های باز را (بشرح جدول (۷-۱۹)) می‌توان با روش CKE بشرح استاندارد ASTM D 5148 که در نشریه MS-۲ و MS-۱۴ انستیتو آسفالت نیز 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 پارامتر مقاومت مارشال برای ارزیابی این نمونه‌ها که به دلیل دانه‌بندی باز از چسبندگی کافی برخوردار نیست، کاربرد ندارد.

omoorepeyman.ir

۷-۱۲-۲- طرح اختلاط آزمایشگاهی

طرح اختلاط آزمایشگاهی آسفالت سرد، برحسب اینکه قیر محلول یا قیرابه مصرف شود، بشرح زیر انجام می‌گیرد:

۷-۱۲-۲-۱- قیرهای محلول

طرح اختلاط برای قیرهای محلول با روش مارشال به شرح آیین‌نامه ASTM D۱۵۵۹ و رعایت دستورالعمل ویژه نشریه ۱۴-MS انستیتو آسفالت انجام می‌شود. در این 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 (۷-۲۰) 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 عبارتند از:

- جدول تعیین درصد قیر شامل درصد قیر خالص در قیر محلول و میزان حلال آن (بشرح جدول نمونه (۷-۳۱)).
- نمودار تغییرات وزن مخصوص قیر در ۲۵ درجه سانتیگراد برحسب تغییر میزان مواد حلال موجود در قیر (شکل (۷-۴) بعنوان یک نمونه).
- نمودار تغییرات کندروانی قیر برحسب سانتی استوکس با درجه حرارت (شکل (۷-۵) بعنوان یک نمونه)
- نمودار تغییرات کندروانی قیر برحسب سانتی استوکس در برابر تغییرات درصد مواد حلال قیر (شکل (۷-۶) بعنوان یک نمونه)

از نتایج آزمایش‌های فوق درجه حرارت اختلاط قیر و سنگدانه‌ها و درجه حرارت کوبیدن مخلوط آسفالت سرد برای تهیه نمونه‌های مارشال تعیین می‌شود. کوبیدن این نمونه‌ها در شرایطی انجام می‌شود که در مورد آسفالت سرد مصرفی در نوسازی‌ها و لایه روکش و یا آسفالت مصرفی در کارهای تعمیرات و لکه‌گیری، به ترتیب ۵۰ درصد و ۲۵ درصد مواد فرار قیر قبل از کوبیدن نمونه‌ها تبخیر شده باشد.

omoorepeyman.ir

جدول(۷-۳۱) : نمونه‌ای از مواد تشکیل دهنده سه نمونه قیر کندگیر و دیگر مشخصات آنها [۱۱]

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 (صدم استکس در ۶۰ C)	۳۵۹	۱۲۱۱	۵۱۵۱
درصد حجمی مواد تقطیر شده دردرجه حرارتهای زیر بهمواد تقطیر شده در ۳۶۰C:			
۱۹۰ درجه سانتیگراد	۰	۰	۰
۲۲۵ 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 ۳۶۰ C	۷۸/۳	۸۶/۳	۹۳/۳
درجه نفوذ (۱۰۰ گرم / ۵ ثانیه / ۲۵ C)	۱۹۰	۱۸۶	۱۷۳
درجه انگمی (۵ سانتیمتر / دقیقه / ۲۵ C)	+۱۵۰	۱۳۰	۱۲۳

ج- مشخصات فنی آسفالت حاوی قیر محلول

حداقل 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 (۳۲-۷) آورده شده است.

۷-۱۲-۲-۲- قیرابه ها

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 ASTM D۱۵۶۰ و استفاده از آزمایش CKE فقط با مصالح سنگی دارای دانه‌بندی پیوسته انجام می‌شود. حداقل مشخصات فنی مخلوط آسفالت سرد با این روش در جدول (۳۳-۷) آورده شده است.

ب- روش اصلاح شده مارشال

omoorepeyman.ir

طرح اختلاط با روش اصلاح شده مارشال، بشرح مندرج در نشریه MS-۱۴ انستیتو آسفالت با رعایت مشخصات فنی جدول (۷-۳۴) 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.

۷-۱۳- آزمایش‌ها

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

۷-۱۳-۱- درصد قیر

برای تعیین درصد قیر محلول و یا قیرابه درآسفالت سرد، نمونه مخلوط آسفالتی را که ضخامت نکوبیده و غیرمتراکم آن از ۳۸ میلیمتر تجاوز نکند در یک ظرف فلزی قرار می‌دهند و آن را سه نوبت و هر نوبت یک ساعت در گرمخانه با حرارت ۳ ± ۱۲۱ درجه سانتیگراد قرار می‌دهند. هر بار بعد از یک ساعت نمونه را از گرمخانه خارج کرده و آن را یک دقیقه کاملاً بهم می‌زنند. بعد از نوبت سوم، نمونه را بعد از سرد شدن در حالیکه کلیه مواد حلال و آب موجود در مخلوط و قیر طی سه ساعت حرارت دادن تصعید و تبخیر شده است، به روش T۱۶۴ آشتو مورد آزمایش استخراج (اکستراکشن) قرار داده و مقدار قیر آن را که فقط شامل قیر خالص است تعیین می‌کنند.

در صورتیکه درصد قیر در آزمایش a باشد، مقدار کل قیر محلول و یا قیرابه در مخلوط آسفالتی برابر است با [۱۱]:

$$A = ۱۰۰ (a) / R \qquad (۷-۷)$$

که در آن:

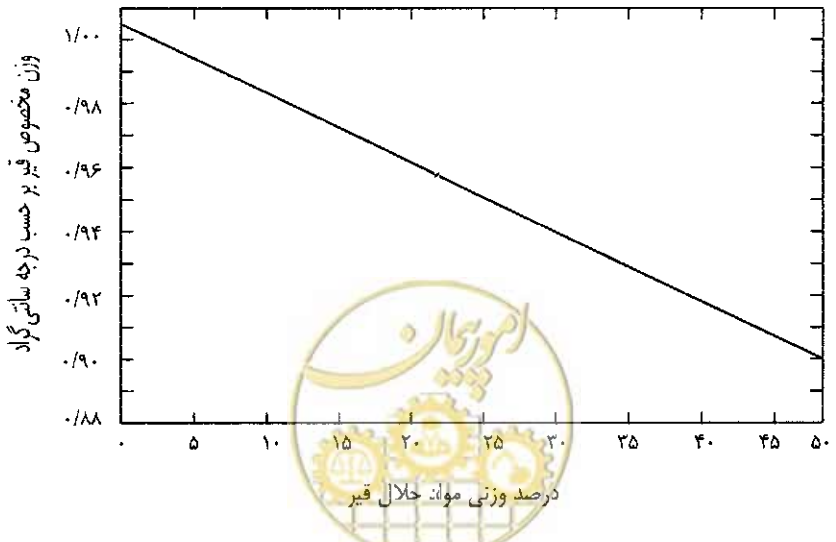
A – درصد وزنی قیر محلول یا قیرابه برحسب وزن مخلوط آسفالتی

a – درصد وزنی قیر خالص در نمونه برحسب وزن مخلوط آسفالتی

omoorepeyman.ir

جدول(۷-۳۲) حداقل مشخصات فن آسفالت سرد برای قیرهای محلول با روش مارشال [۱۱]

مشخصه	حدود
درصد تصعید مواد حلال قبل از اقدا« بهکوبیدن در سطح راه برأی :	
- آسفالت سرد مورد استفاده در تعمیرات	۲۵ درصد
- آسفالت سرد مورد استفاده در نوسازی ها ولایهٔ 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 ولایهٔ روکش	حداقل ۳۴۰ کیلوگرم
فضای خالی	۵-۳ درصد
روانی	۴-۲ میلیمتر
فضییای خالی مصالح سنگی	به جدول مربوطه فصل ۱۱ مراجعه شود
درصد ماند مقاومت مارشال بعد از چهار روز نگهداری در آب C ۲۵	حداقل ۷۵ درصد



شکل (۷-۴): تغییرات وزن مخصوص یک نمونه قیر در ۵ درجه سانتیگراد بر حسب میزان مواد حلال موجود در آن [۱۱]

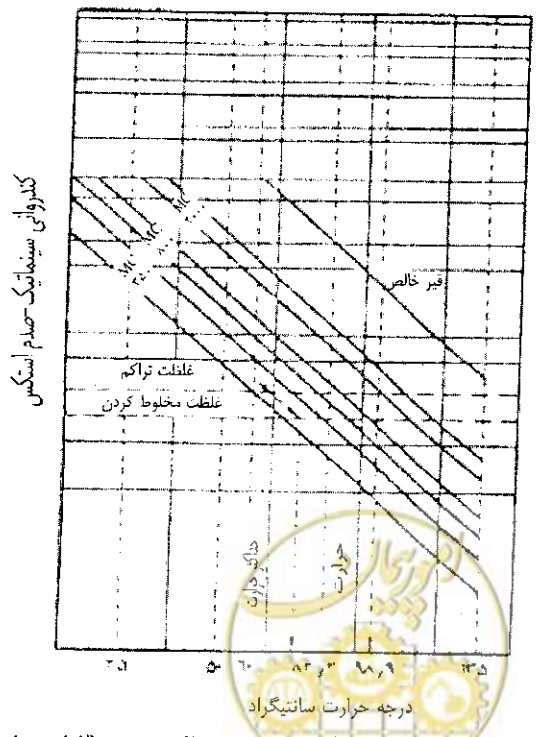
جدول (۷-۳۳): مشخصات فنی آسفالت سرد تهیه شده با قیرابه‌های استفاده از روش ویم [۱۱]

مشخصه	قشر اساس	قشر آستر و رویه
الف – تاب آوری 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

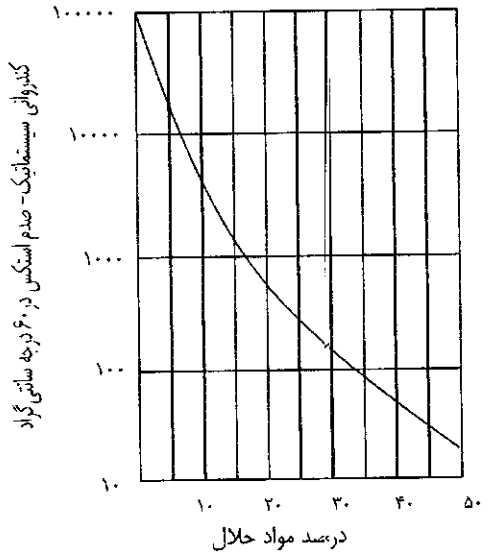
۲) عمل آمدن نمونه در داخل قالب: ۷۲ ساعت در ۳± ۲۳ سانتیگراد، سپس نگهداری نمونه بمدت چهارروز در خلاء و بعد قراردادن آن در آب بمدت یکساعت در شرایط خلاء و یکساعت بدون خلاء

۳) مشخصات تعیین نشده است.



شکل (۷-۵): نمودار تغییرات نمونه‌هایی از قیر محلول و خالص در مقابل حرارت [۱۱]

omoorepeyman.ir



شکل (۷-۶): نمودار کندروانی نونه‌ای از یک قیر محلول حاوی درصدهای مختلف مواد حلال [۱۱]

جدول (۷-۳۴) حداقل مشخصات فنی آسفالت سرد حاوی قیرابه‌ها بر اساس روش اصلاح شده مارشال[۱۱]

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

R – درصد وزنی قیرمحلول 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 ASTM D۴۰۲ و یا T۷۸ آشتو و برای قیرابه‌ها روش ASTM D۲۴۴ و یا T۵۹ آشتو).

بعنوان مثال چنانچه a درصد قیر خالص در آزمایش اکستراکشن یک مخلوط آسفالت سرد ساخته شده با قیرابه کاتیونیک ۱-SS 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:

$$A = ۴ \times ۱۰۰ / ۵۷ = ۷$$

مقدار A مطابق جدول (۷-۲۹) باید در محدوده ۰/۵ ± نسبت به قیر طرح اختلاط باشد.

این آزمایش را می‌توان روی نمونه های آسفالتی کوبیده شده در سطح راه نیز انجام داد، مشروط برآنکه قبلاً آن را با حرارت ملایم به حالت غیرمتراکم تبدیل کرده و سپس بشرح فوق در گرمخانه قرار داد.

omoorepeyman.ir

۷-۱۳-۲- 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 رواداری مندرج در جدول (۷-۳۰) تطابق داشته باشد.

۷-۱۳-۳- مشخصات فنی

مشخصات فنی آسفالت سرد شامل مقاومت، فضای خالی، چسبندگی و سایر ضرایب مربوطه برحسب اینکه با روش مارشال و یا روش ویم طراحی شده باشد، باید حداقل مقادیر مندرج در جداول (۷-۳۲) تا (۷-۳۴) را برای آسفالت سرد تهیه شده با قیرهای محلول یا قیرابه‌ها تامین کند.

۷-۱۴- وسایل تهیه آسفالت سرد

این وسایل برحسب اینکه آسفالت سرد در کارخانه آسفالت تهیه شود و یا روش‌های مخلوط در محل برای تهیه و اجرای آن عمل شود بشرح زیر است:

۷-۱۴-۱ کارخانه آسفالت سرد

کارخانه‌های آسفالت سرد می‌توانند از انواع متناوب و یا مداوم بوده و مجهز به سیلوهای سرد، واحد خشک‌کننده مصالح، سیلوهای گرم، سرند، وسایل گرم کردن قیر و سنگدانه‌ها (در صورت نیاز) و توزین آنها باشند تا بتوانند مخلوط آسفالتی همگن با پوشش قیری یکنواخت و منطبق با مشخصات تولید کنند. سنگدانه‌های تفکیک شده در کارگاه جداگانه به سیلوهای سرد تغذیه شده و قبل از تغذیه مخلوط نمی‌شود. تغذیه مصالح به نحوی تنظیم می‌شود که موجب کم یا زیاد شدن مصالح در سیلوهای گرم نشده و اختلالی در تولید یکنواخت و همگن مخلوط آسفالتی بوجود نیاورد. حداقل زمان اختلاط طوری انتخاب می‌شود که بیشترین پوشش قیری سطحی سنگدانه‌ها را تامین کند، ضمن آنکه در مورد قیرابه‌ها ضرورتی ندارد که این پوشش به ۱۰۰ درصد برسد.

معمولاً وقتیکه سنگدانه‌ها رطوبتی بیش از ۳-۲ درصد داشته و یا آسفالت در فصل سرد و زمستان تولید شود، خشک کردن سنگدانه‌ها به ویژه در شرایطی که دانه‌بندی پیوسته بوده و مواد ریزدانه زیاد داشته باشد، ضروری است. درجه حرارت قیر برحسب نوع قیر باید در محدوده های مندرج در جدول (۷-۲۹) باشد.

۷-۱۴-۲- دستگاه‌های اختلاط آسفالت مخلوط در محل

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

omoorepeyman.ir

۷-۱۴-۲-۱- اختلاط سیار

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

۷-۱۴-۲-۲- مخلوط کننده چرخشی

این نوع دستگاه شامل یک مخلوط‌کن چرخشی است که یک یا چند محور عرضی با تیغه‌ها و ناخن‌های 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 در جهت رو به جلو حرکت می‌کند، در بستر آماده شده راه باقی می‌گذارد. درصد قیر مخلوط در این سیستم تابع سرعت حرکت دستگاه است که با توجه به درصد قیر بهینه تنظیم می‌شود. نوع دیگری از مخلوط کننده‌های چرخشی با کندن و شخم زدن مصالح بستر شنی راه موجود و سپس اختلاط آن با قیر، مخلوط آسفالت سرد را تهیه و نهایتاً در سطح راه پخش می‌کنند.

۷-۱۴-۲-۳- 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 متر می‌باشد. گریدر بهتر است دارای چرخهای لاستیکی صاف باشد.

۷-۱۴-۲-۴- دستگاههای بازیافت سرد

دستگاه‌های جدیدی که برای بازیافت سرد مصالح روسازی (آسفالتی و شنی) مورد استفاده قرار می‌گیرند دارای واحدی هستند مجهز به سیستم توزین، کنترل رطوبت مصالح، سرند، سنگ‌شکن و مخلوطکن می‌باشد. این واحد دارای جاروی مکانیکی برای

omoorepeyman.ir

تمیزکردن سطوح تراشیده شده و همچنین سیستم پخش قیر برای اندود نمودن این سطوح و آماده کردن سطح راه برای پخش مخلوط بازیافت شده می‌باشد. برای بازیافت مصالح روسازی با این دستگاهها ابتدا مصالح روسازی موجود تا عمق مورد نظر تراشیده شده و در سطح راه ریسه می‌شود. سپس دستگاه بازیافت سرد در حالیکه در جهت رو به جلو حرکت می‌کند، مصالح ریسه شده را برداشت نموده و ضمن کنترل فرآیند بازیافت مصاح روسازی، با قیرآبه یا کف قیر در مخلوط‌کن دستگاه مخلوط کرده و در عقب دستگاه بر روی سطح آماده شدهٔ راه ریسه می‌کند، مصالح ریسه شده را می‌توان با استفاده از دستگاه فینیشر و یا تیغه گریدر بر روی سطح آماده شده راه پخش و سپس متراکم نمود.

دستگاههای دیگری نیز برای بازیافت سرد مصالح روسازی استفاده می‌شوند که دارای گردونه‌های دواری هستندکه روی آنها تعداد زیادی ناخنک مقاوم نصب شده است. این دستگاهها قادرند با دوران سریع گردونه، مصالح روسازی موجود را تا عمق مورد نظر کنده و بطور همزمان بر روی سطح راه با قیرآبه یا کف قیر مخلوط کنند. برخی ازاین دستگاهها مجهز به سیستم تولید قیر (قیر حاوی درصد جزیی آب) و اختلاط مصالح با آن نیز هستند. در این فرآیند حدود ۲ تا ۲/۵ درصد آب سرد به درون محفظه سیستم انبساط قیر که در آن قیر داغ با فشار زیاد وارد می‌شود تزریق می‌گردد. این عمل باعث می‌شود که حجم قیر بطور موقت و برای مدت زمان کوتاهی (حدود ۱۵ تا ۲۰ ثانیه) تا حدود ۱۵ برابر افزایش یابد. چنانچه در این فاصله زمانی، مصالح از سطح راه برداشته شده و با کف قیر مخلوط شود، ذرات قیر به مصالح چسبیده و می‌توانند آنها را آغشته کنند. کیفیت اختلاط و در صد قیر مصالح بازیافت شده با این دستگاهها تابع سرعت حرکت دستگاه است که با توجه به درصد قیر بهینه تنظیم می‌شود. به همین دلیل باید دقت شود که حتماً عمل اختلاط مصالح با قیرآبه یا کف قیر در رطوبت مناسب به خوبی انجام شود به نحویکه تمامی اجزاء و سطوح مصالح با قیر کاملاً پوشش داده شده باشند. برای پخش مخلوطهای بازیافت سردی که با این دستگاهها تولید می‌شوند معمولاً از گریدر استفاده می‌شود.

۷-۱۴-۳- سایر وسایل تهیه آسفالت سرد

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

- قیرپاش که مشخصات آن بشرح مندرج در آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران می‌باشد.
- تانکر آب پاش 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 ریسه کردن سنگدانه‌ها در طول راه مصرف می‌شود تا بتوان مقدار قیر پخش شده را تنظیم و کنترل کرد. این وسیله در پشت گریدر نصب می‌شود تا در حین حرکت از روی مصالح پخش شده در طول راه آن را در ابعاد هندسی منظم پخش کند.

omoorepeyman.ir

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

۷-۱۵- ماشین‌آلات پخش و تراکم آسفالت سرد.

ماشین‌آلات پخش و تراکم آسفالت سرد، بطورکلی برای آسفالت سرد کارخانه‌ای و یا مخلوط در محل عبارتند از:

۷-۱۵-۱- فینیشر

فینیشرهای معمولی بشرح مندرج در آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران می‌توانند برای پخش آسفالتی که در کارخانه‌های ثابت مرکزی (آسفالت کارخانه‌ای) و یا بطریق مخلوط در محل در کارگاه‌های ثابت و در محلی غیر از مستقیماً روی راه تهیه می‌شود مورد استفاده قرار گیرند.

۷-۱۵-۲- 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 نمود.

۷-۱۵-۳- جاروی مکانیکی

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

۷-۱۵-۴- 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.

۷-۱۵-۵- غلتک

غلتک مناسب کوبیدن آسفالت‌های فوق باید دارای مشخصات زیر باشد:

omoorepeyman.ir

۷-۱۵-۵-۱- غلتک‌های فلزی دو چرخ (تاندم)

وزن این غلتک ها 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.

۷-۱۵-۵-۲- 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.

۷-۱۵-۵-۳- 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 موثرند (نظیر بار چرخ‌ها، فشار تماس، سطح تماس چرخ و سرعت غلتک). چرخ این غلتک‌ها صاف می‌باشد زیرا در غیر اینصورت 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.

۷-۱۵-۵-۴- 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 آب پاشی روی چرخ‌ها، همراه با گلگیر مجهز باشد. معمولاً کاتالوگ کارخانه سازنده، فرکانس و دامنه نوسان خود را مشخص می‌کند، در غیر اینصورت تناوب آن حدود ۳۰۰۰-۲۰۰۰ ارتعاش در دقیقه و دامنه نوسان آن ۰/۸-۰/۴ میلیمتر می‌باشد.

۷-۱۶- اجرای آسفالت سرد

بطورکلی اجرای آسفالت سرد اعم از آسفالت سرد کارخانه‌ای یا مخلوط در محل شامل مراحل زیر است:

۷-۱۶-۱- آماده کردن سطح راه

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

omoorepeyman.ir

۷-۱۶-۱-۱- راه شنی

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

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

ج- 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.

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

ه- اندود نفوذی سطح راه طبق مشخصات اجرا شود.

۷-۱۶-۱-۲- 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 بطوری که قسمتهای مرمت شده وضعیت مشابه سایر قسمتهای راه داشته باشد.

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

ج- 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.

د- 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.

ه- اندود سطحی راه طبق مشخصات اجرا شود.

۷-۱۶-۲- ریسه کردن مصالح

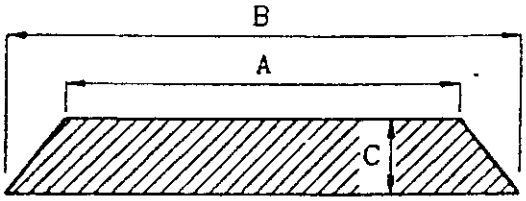
سطح راه در طول لازم قبل از حمل مصالح برای ریسه‌کردن، باید آماده‌سازی و تمیز شود. دانه‌بندی مصالح حمل شده باید با مشخصات مطابقت داشته و در صورتی‌که از اختلاط دو یا چند نوع سنگدانه استفاده می‌شود، بعد از اختلاط کامل اجزاء، دانه‌بندی مخلوط کنترل گردد.

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 صورتی‌که برای اصلاح دانه‌بندی آن به مصالح جدیدی نیاز باشد، اقدام گردد تا مخلوط قابل قبول بدست 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 بنحوی انبار شود که شکل هندسی ذوزنقه‌ای داشته و حجم یا وزن آن در هر متر طول، ثابت و یکنواخت باشد.

omoorepeyman.ir

۷-۱۶-۳- تعیین مقدار قیر برای مصالح ریسه شده

قبل از قیرپاشی روی مصالح، مقدار سنگدانه در متر طول ریسه براساس ابعاد آن بشرح شکل (۷-۷) محاسبه می‌شود:



شکل(۷-۷) : ابعاد ریسه

اندازه‌های A و B و C برحسب متر می‌باشد.

$$V = (A + B)\, C / ۲$$

$$W_F = W_۱ \times V$$

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

$$D = W_F \times a / ۱۰۰ \times G$$

پارامترهای رابطه های فوق بشرح زیر است:

V – حجم مصالح ریسه برحسب متر مکعب در متر طول

W_F – وزن ریسه در متر طول برحسب کیلوگرم

$W_۱$ – وزن مخصوص غیرمتراکم مصالح برحسب کیلوگرم بر متر مکعب که براساس روش T۱۹ آشتو اندازه‌گیری می‌شود.

D – مقدار قیر برحسب لیتر در هر متر طول ریسه

W_F – مقدار سنگدانه برحسب کیلوگرم در متر طول ریسه

a – درصد قیر مورد نیاز پیش‌بینی شده در طرح برحسب وزن مصالح سنگی خشک

G – وزن مخصوص قیر مصرفی

۷-۱۶-۴- 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 قرار گیرد.

omoorepeyman.ir

قیر محلول در موقع پخش تا درجه حرارت لازم، گرم می‌شود. در این حرارت کندروانی باید در محدوده ۲۰ تا ۱۲۰ سانتی استوکس باشد و تا موقعی‌که کندروانی کمتر از ۳۰ سانتی استوکس نشده باشد باید عمل اختلاط تکمیل گردد. مواد فرار 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 قیر باید روی مصالح ریسه شده با مقطع عرضی ثابت و بطور یکنواخت انجام شود.

ب- برای تامین اختلاط کامل و تهیه مخلوط آسفالتی همگن با اندود قیری یکنواخت، قیر در چند نوبت روی مصالح پخش می‌شود. معمولاً در صورت انجام اختلاط با گریدر یا مخلوط‌کننده‌های چرخشی مقدار قیر در هر نوبت حدود ۴/۵-۲/۵ لیتر در متر مربع می‌باشد.

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

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

ه- 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 جوی در مخلوط آسفالتی اقدام شود.

۷-۱۶-۵- هوادهی

قبل از پخش و کوبیدن آسفالت سرد کارخانه‌ای و یا مخلوط در محل، ضرورت دارد که بخش عمده‌ای از حلال‌های موجود در قیرهای محلول به شرح ذکر شده در جدول (۷-۳۱) و یا آب در قیرابه‌ها و سنگدانه‌ها که موجب افزایش کارایی مخلوط برای سهولت و تکمیل اختلاط بوده است، به اندازه کافی تصعید و تبخیر شود. میزان کاهش این مواد باید به اندازه‌ای باشد که مخلوط آسفالتی بتواند وزن غلتک را در جریان عملیات تراکم بدون جابجایی و حرکت‌های جانبی تحمل کند.

متغیرهای زیادی در تعیین زمان هوادهی مخلوط موثرند. 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 موقعیکه 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 فرار قشر زیرین (در صورت موجود بودن) جلوگیری می‌کند. در هوادهی برحسب اینکه از قیر محلول یا قیرابه در آسفالت سرد استفاده شده باشد باید به موردهای زیر توجه شود:

omoorepeyman.ir

۷-۱۶-۵-۱- قیرهای محلول

برای آسفالت سرد تهیه شده با قیرهای محلول، وقتیکه مواد فرار 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 بنظر 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 ASTM D۱۴۶۱ آزمایش می‌شود.

۷-۱۶-۵-۲- قیرابه ها

برای آسفالت سرد تهیه شده 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 می‌شود. در این شرایط آب موجود در مخلوط باید تا حدودی کاهش یافته باشد که تمام فضاهای خالی مخلوط را پر نکند و در نتیجه ضمن تحمل وزن غلتک و بدون جابجایی و تغییر شکل متراکم گردد.

۷-۱۶-۵-۳- 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 باشد. بلافاصله بعد از پخش، غلتک‌زنی با غلتک چرخ فلزی آغاز می‌شود. سپس با استفاده از غلتک چرخ لاستیکی عملیات ادامه یافته و نهایتاً با غلتک‌های چرخ فلزی و یا لرزنده عملیات تراکم کامل شده و پایان می‌یابد. نقش غلتک چرخ فلزی برای آغاز کار، انجام اطوی اولیه است و اصولاً غلتک‌های چرخ لاستیکی نقش ورزدهندگی و کوبیدن ضخامت‌های زیرین آسفالت را دارند.

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

وزن مخصوص نمونه‌های آزمایشگاهی مخلوط آسفالت سردی که با قیرهای محلول تهیه می‌شود، بعد از تصعید حداقل ۵۰ درصد مواد فرار و حلال‌های نفتی آسفالت اندازه‌گیری شده و برای آسفالت‌هایی که با قیرابه ساخته می‌شود وزن مخصوص نمونه‌های آزمایشگاهی که برای تعیین مقاومت مارشال (در طرح اختلاط اصلاح شده مارشال) و یا مقاومت با روش ویم بکار گرفته می‌شود، ملاک محاسبه می‌باشد.

omoorepeyman.ir

۷-۱۷- کنترل سطح آسفالت

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

۷-۱۷-۱- 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 تجاوزکند.

۷-۱۷-۲- یکنواختی سطح

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

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

۷-۱۸- محدودیت‌ها

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

الف- اجرای قشرهای متوالی آسفالت، مشروط به آن است که لایه زیرین عمل آمده و مواد قرار 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.

ج- عملیات پخش و اجرای آسفالت سرد در هوای گرم و خشک برنامه‌ریزی شود بطوریکه حداقل چند هفته بعد از خاتمه کار نیز هوا گرم و مناسب باشد.

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

omoorepeyman.ir

فصل هشتم

بهسازی و روکش آسفالتی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

مقدمه

روسازی راه‌ها بر اثر عبور ترافیک و یا شرایط جوی و آب و هوایی منطقه تحلیل رفته و دچار ناهمواری‌های سطحی ناشی از ترک خوردگی و یا تغییر شکل روسازی و یا کاهش مقاومت باربری روسازی می‌شوند.

در مواردی که روکش‌کردن فقط به منظور رفع ناهمواری‌های سطح روسازی انجام می‌شود ضخامت روکش کم بوده و ممکن است به نازکی ۱/۵ تا ۲ سانتیمتر برسد. از طرف دیگر در مواردی که هدف از انجام روکش افزایش قدرت باربری روسازی باشد، ضخامت روکش باید با درنظر گرفتن عوامل موثر از قبیل شرایط سیستم روسازی موجود، میزان رفت و آمد وسایل نقلیه، شرایط جوی منطقه و مقاومت خاک بستر بطور صحیح و اصولی طرح و اجرا شود. در فصل هفتم این دستورالعمل روش‌های عمومی بهسازی سطحی روسازی راه‌ها تشریح گردید بنابراین در این فصل روش‌های بهسازی سازه‌ای روسازی راه‌ها تشریح می‌شود.

۸-۱- بهسازی سازه‌ای

آسیب دیدگی سازه‌ای شامل کلیه شرایطی است که موجب کاهش قدرت باربری روسازی می‌شود. بهسازی سازه‌ای به این منظور برنامه‌ریزی می‌شود که پارامترهایی نظیر مرور زمان، تاثیر 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 است. شکل (۸-۱) مثالی از چگونگی افت توان سازه‌ای و مفهوم توان موثر روسازی را نشان می‌دهد. در قسمت بالای شکل مذکور مربوط به کاهش نشانه خدمت‌دهی در اثر مرور زمان و بارگذاری است. هنگامی که نشانه خدمت‌دهی روسازی به مقادیر حداقل استاندارد خود برای راه مورد نظر رسید، با انجام بهسازی (برای مثال روکش آسفالت) نشانه خدمت‌دهی افزایش یافته و روسازی دوباره آماده خدمت‌دهی برای دوره ای دیگر خواهد شد. با آسیب‌های سازه‌ای روسازی نه تنها کیفیت سطح راه کاهش می یابد بلکه از توان سازه‌ای آن نیز همانطور که در شکل (۸-۱) نشان داده شده است بمرور زمان کاسته می‌شود. با انجام بهسازی این توان نیز افزایش یافته و روسازی آمادگی مجدد برای تحمل تعداد بیشتری وسایل نقلیه را در ادامه عمر خود خواهد داشت. در این شکل قدرت باربری یک روسازی جدید با توان اولیه مشخص شده است که هم ارز عدد ضخامت کل روسازی (SN) می‌باشد. این توان اولیه با گذشت زمان و عبور ترافیک کاهش می یابد و موقع ارزیابی روسازی برای اجرای یک روکش تقویتی به سطح SC_{eff} (قدرت باربری موثر) یا SN_{eff} (عدد ضخامت موثر روسازی) می‌رسد

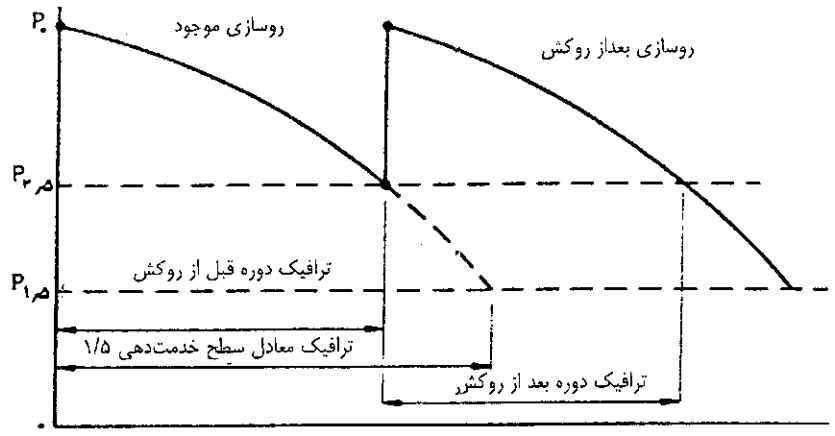
اگر قدرت باربری مورد نیاز راه در آینده و در طول دوره روکش جدید با SC_f بیان شود، در نتیجه روکش دارای توان سازه‌ای $SC_{o'} = SC_f - SC_{eff}$ خواهد شد که به ظرفیت سازه‌ای راه اضافه می‌شود. تعیین ظرفیت سازه‌ای جدید و مورد نیاز (بشرح بالا) برای روکش، هنگامی دقیق و کامل است که ارزیابی توان روسازی موجود، یعنی محاسبه SC_{eff} بلافاصله قبل از روکش دقیق و قابل اعتماد باشد.

omoorepeyman.ir

P_0 نشانه خدمت دهی اولیه روسازی

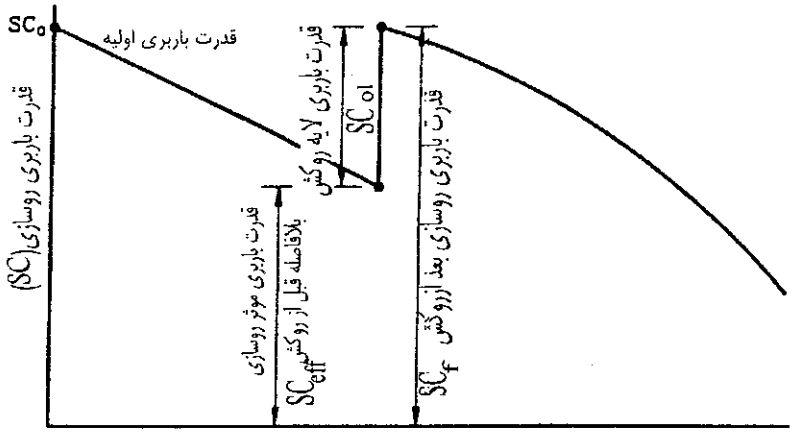
$P_{2/5}$ نشانه خدمت دهی بلافاصله قبل از روکش

$P_{1/5}$ راه غیر قابل استفاده



مجموع بارهای محوری هم ارز (ترافیک)

الف) کاهش کیفیت سطح روسازی



تعداد بار محوری هم ارز (ترافیک)

ب) کاهش قدرت باربری روسازی

شکل (۸-۱): نمودار کاهش کیفیت و کاهش قدرت باربری روسازی براثر ترافیک در طول عمر روسازی

این ارزیابی بطورکلی 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 سه روش زیر می‌تواند انجام شود:

omoorepeyman.ir

الف- تعیین توان سازه‌ای موثر روسازی موجود به طریق مستقیم و با انجام آزمایش‌های غیرمخرب نظیر اندازه‌گیری افت‌وخیز روسازی با تیر بنکلمن یا افت‌وخیز ضربه‌ای (Falling Weight Deflectometer (FWD)) و نظایر آن.

ب- تعیین توان سازه‌ای موثر روسازی موجود بطریق غیرمستقیم و براساس بررسی وضعیت روسازی با توجه به شدت و گستردگی کمی و کیفی کلیه نواقص و آسیب‌دیدگی‌های سازه‌ای و سطحی راه.

ج- نمونه‌گیری از مصالح روسازی و انجام آزمایش‌های فیزیکی و مکانیکی روی نمونه‌ها.

۸-۲- 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 تجربه نشان داده است که در بسیاری از موارد افزایش حجم ترافیک و همچنین افزایش وزن محورها بیشتر از عوامل دیگر باعث کاهش قدرت باربری روسازی می‌شود که باید بهسازی با روکش تقویتی مورد بررسی قرار گیرد. ارزیابی سازه‌ای روسازی برای این منظور، با روش مستقیم اندازه‌گیری افت‌وخیز می‌تواند برای موارد فوق قابل استفاده باشد. با این روش ضخامت روکش آسفالتی براساس میزان ترافیک در دوره روکش و قدرت باربری ساختار روسازی موجود تعیین می‌گردد. استفاده از روش تیر بنکلمن در مقایسه با روش گران‌قیمت و پر هزینه دستگاه افت‌وخیز 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 دارد و لذا در اینجا این روش تشریح می‌گردد. البته در صورت فراهم بودن امکانات استفاده از تجهیزاتی نظیر دستگاه FWD یا دستگاه‌های پیشرفته تر دیگر با نظر دستگاه نظارت می‌توان از نتایج آنها برای طرح بهسازی راه استفاده کرد و این روش‌ها را جایگزین ارجح‌تر تیر بنکلمن نمود.

اندازه‌گیری افت‌وخیز روسازی برای ارزیابی قدرت روسازی شامل مرحله‌های زیر است:

۸-۲-۱- تقسیم‌بندی طول مسیر

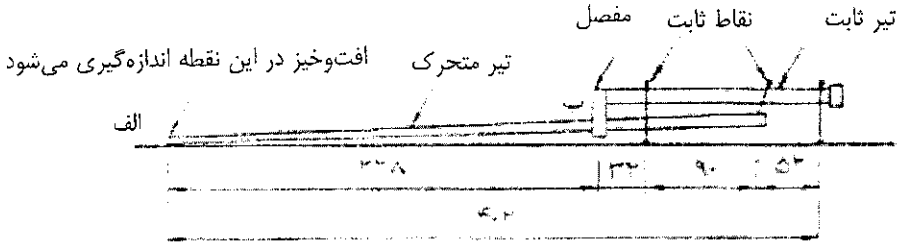
در طول مسیر، راه به قطعاتی که از نظر ضخامت، نوع لایه‌های روسازی، مقاومت خاک بستر، شرایط جوی و میزان رفت و آمد شرایط یکسان داشته باشد تقسیم می‌شود. سپس با استفاده از روش‌های آماری، تعدادی نقاط مشخص برای آزمایش (که حداقل ۱۰ نقطه در هر کیلومتر می‌باشد) در طول هر قطعه تعیین می‌شود. آزمایش‌های غیرمخرب نظیر FWD یا تیر بنکلمن روی این نقاط انجام و نتایج برای هر قطعه بصورت جداگانه گزارش می‌شود.

۸-۲-۲- اندازه‌گیری افت‌وخیز با تیر بنکلمن

این وسیله از یک تیر متحرک به طول ۴ متر که به یک تیر ثابت کوتاه تر متصل شده تشکیل می‌شود. یک انتهای تیر بر روی نقطه‌ای که افت‌وخیز روسازی اندازه‌گیری می‌شود قرار می‌گیرد و انتهای دیگر تیر به یک وسیله افت‌وخیزسنج (دفلکتومتر) بسیار دقیق متصل می‌باشد. ابعاد و اجزاء دقیق تیر در شکل (۲-۸) نشان داده شده است. نحوه استفاده از دستگاه به این ترتیب است که انتهای تیر (نقطه الف) در وسط چرخ‌های زوج یک محور ساده ۸/۲ تنی قرار داده می‌شود و درجه افت‌وخیز نیز روی عدد صفر تنظیم می‌گردد.

omoorepeyman.ir

سپس وسیله‌نقلیه به آهستگی به طرف جلو حرکت می‌کند و پس از آنکه بیش از ده متر از نقطه آزمایش دور شد مقدار بالا آمدن این نقطه توسط افت‌وخیزسنج ثبت می‌گردد و برای چند نقطه دیگر قطعه، این آزمایش تجدید می‌شود.



شکل (۲-۸) : تصویر کلی تیر بنکلمن (اندازه‌ها بر حسب سانتیمتر) [۱۱]

در انجام این آزمایش موارد زیر مورد توجه و عمل قرار می‌گیرد:

الف- محل آزمایش در کنار آسفالت سواره رو 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 خواهد داشت.

ب- فشار چرخ کامیون مورد استفاده در حین آزمایش هر روز کنترل شود تا کمتر از ۵/۶ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع نباشد و درضمن بار توزیع شده توسط چرخ‌های محور عقب برابر۸/۲ تن باشد.

ج- در نقطه ای که کمتر از ۲۵ سانتیمتر تا کنار آسفالت فاصله نداشته باشد با حفر یک سوراخ در رویه آسفالتی به عمق ۳-۲ سانتیمتر و پر کردن آن با قیر و یا آب و سپس قرار دادن یک ترموستر در داخل سوراخ، درجه حرارت سطح راه، در حین انجام آزمایش، اندازه‌گیری شود.

د- موقعیت‌های آزمایش شده که افت‌وخیز آنها بدلیل خرابی‌های موضعی سطح راه بزرگتر از افت‌وخیز متوسط به اضافه دو برابر مقدار خطای پراکندگی (انحراف استاندارد) باشد، باید در صورت محدود بودن، به صورت موضعی و در صورت عمومیت داشتن به صورت عمومی تقویت شود تا شرایط مشابه بقیه نقاط قطعه را بیابد. البته در صورت محدود بودن این نقاط بهتر است افت‌وخیز مربوط به آنها در محاسبه افت‌وخیز نهایی منظور نشود. انجام آزمایش‌های اضافی برای تعیین محدوده نقاط ضعیف فوق لازم است.

ه- نتایج حاصل از افت‌وخیز را برحسب موقعیت ایستگاه‌های آزمایش شده به شکل یک نمودار ترسیم و در نهایت برای هر قطعه از راه (واحد طرح) افت‌وخیز معرف را برای محاسبه ضخامت روکش تعیین می کنند.

۸-۲-۳- تعیین افت‌وخیز طرح

از اندازه‌گیری‌های انجام شده، با رعایت موردهای فوق، افت‌وخیز معرف طرح از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$RRD = (\overline{X} + 2S)\,C \qquad (۱-۸)$$

در این رابطه:

$\overline{X}$ - میانگین افت‌وخیزهای اندازه‌گیری شده که هر یک برای انطباق با دمای محیط استاندارد که معادل ۲۱ درجه سانتیگراد است، با توجه به دمای محیط شرایط آزمایش بصورت زیر اصلاح شده است:

omoorepeyman.ir

$$\sum X_i f_i / n \qquad (۸-۲)$$

که در آن:

X_i - افت‌وخیزهای اندازه‌گیری شده

f_i - ضرایب تصحیح درجه حرارت برای هر یک از افت‌وخیزها

n – تعداد نقاط آزمایش

C – ضریب تصحیح مقاومت روسازی برای شرایط بحرانی که برای شرایط بحرانی (ضعیفترین حالت) برابر یک در نظر گرفته می‌شود. مقادیر این ضریب در شرایط بحرانی به افت‌وخیز در شرایط غیر بحرانی تعیین می‌شود.

S – انحراف استاندارد افت‌وخیزهای اندازه‌گیری شده (برای واحد طرح) که از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$S = \sqrt{(\sum X^2 - \overline{X}\sum X)/(n-1)} \qquad (۸-۳)$$

۸-۲-۴- تعیین ضرایب تصحیح درجه حرارت و شرایط بحرانی

تغییر دمای محیط و رطوبت در لایه‌های روسازی و خاک بستر، در افت‌وخیز اندازه‌گیری شده روسازی تاثیر می‌گذارد. مثلاً افزایش درجه حرارت رویه آسفالتی و یا افزایش میزان رطوبت خاک بستر و لایه‌های غیر آسفالتی روسازی، موجب افزایش افت‌وخیز 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:

۸-۲-۴-۱- ضریب اصلاح دمای محیط

این ضریب به دمای محیط و دمای رویه آسفالتی بستگی دارد و برای تعیین آن به شرح زیر و با استفاده از شکلهای (۸-۳) و (۸-۴) 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 ((ج)) از بند ۸-۲-۲ اندازه‌گیری می‌شود.

ج- با حاصل جمع اعداد ردیف های ((الف)) و ((ب)) فوق به شکل (۸-۳) مراجعه و درجه حرارت لایه آسفالتی رویه مورد آزمایش برای دو حالت، شامل درجه حرارت در نصف ضخامت لایه و درجه حرارت بستر زیرین یعنی کل ضخامت لایه بدست می‌آید. برای مثال اگر ضخامت رویه آسفالتی مورد آزمایش ۱۰ سانتیمتر باشد یکبار درجه حرارت ضخامت ۱۰ سانتیمتری را که شکل (۸-۳) با خطهای مایل نشان داده شده است، تعیین می‌گردد.

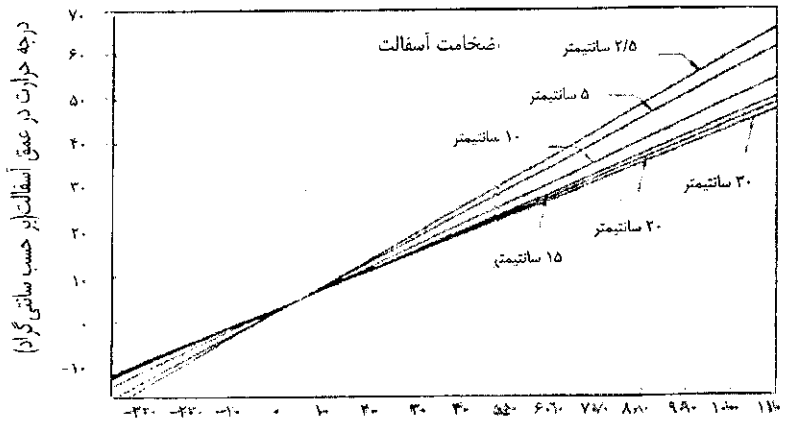
د- میانگین درجه حرارت سطح راه و درجه حرارت‌های ردیف ((ج)) به عنوان میانگین درجه حرارت روسازی تعیین می‌شود.

ه- با رقم میانگین درجه حرارت روسازی و مراجعه به شکل (۸-۴)، ضریب اصلاح بدست می‌آید.

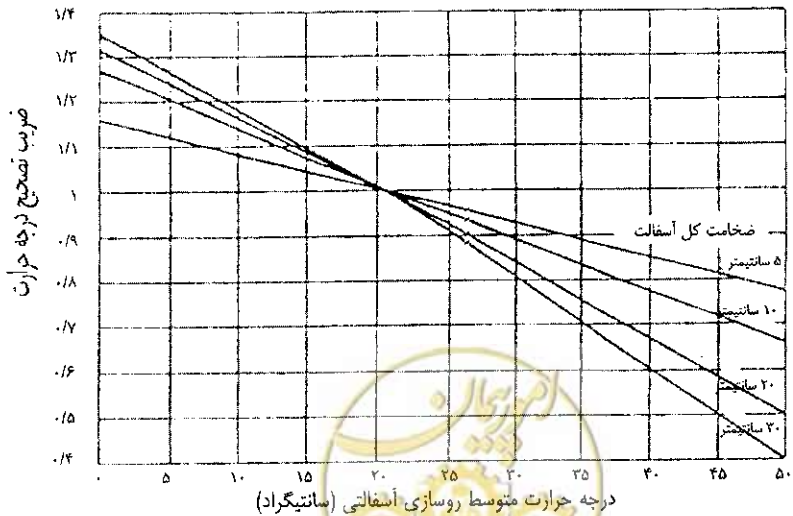
omoorepeyman.ir

۸-۲-۴-۲- 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 افت‌وخیز اندازه‌گیری شده در این شرایط حداکثر است. بطورکلی چون تعیین مقدار دقیق این ضریب دشوار است می‌توان افت‌وخیز را بعد از یک دوره بارندگی که رطوبت لایه‌های روسازی تقریباً اشباع و یا حداکثر است، انجام داد. در غیر اینصورت می‌توان افت‌وخیز را یک بار در دوره بحرانی و یکبار در شرایط عادی بدست آورد و سپس از تقسیم افت‌وخیز بحرانی به افت‌وخیز غیر بحرانی، ضریب C را تعیین نمود. با در اختیار داشتن افت‌وخیز مشخصه روسازی موجود (RRD)، بار محوری استفاده شده برای اندازه‌گیری افت‌وخیزها، شعاع سطح تماس بارگذاری شده و سایر پارامترهای لازم برای تعیین ضخامت موثر روسازی موجود (نظیر ضخامت لایه‌ها و ضریب برجهندگی خاک بستر)، عدد ضخامت موثر (مقاومت موثر) روسازی موجود (SN_{eff}) را می‌توان با استفاده از رابطه (۸-۴) محاسبه و تعیین نمود [۲۳]:



شکل (۸-۳) : تعیین درجه حرارت متوسط لایه آسفالت روسازی در آزمایش افت‌وخیز [۱۱]



شکل(۸-۴): ضریب تصحیح درجه حرارت برحسب درجه حرارت متوسط روسازی آسفالتی [۱۱]

omoorepeyman.ir

$$RRD = ۱.۵pa\left\{\frac{۱}{M_R\sqrt{۱+\left(\frac{D}{a}\sqrt[۳]{\frac{E_p}{M_R}}\right)^۲}}+\frac{\left[۱-\frac{۱}{\sqrt{۱+\left(\frac{D}{a}\right)^۲}}\right]}{E_P}\right\}$$

رابطه فوق رابطه (۸-۴) می‌باشد که در آن:

E_p – مدول موثر روسازی موجود (kg/cm۲)

P – فشار سطح تماس (kg/cm۲)

a – شعاع سطح بارگذاری (سانتیمتر)

M_R- ضریب برجهندگی موثر خاک بستر (kg/cm۲)

D – ضخامت کل روسازی موجود (سانتیمتر)

با در دست داشتن مقاومت موثر روسازی موجود عدد ضخامت موثر روسازی موجود (SN_{eff}) با استفاده از رابطه زیر قابل حصول است:

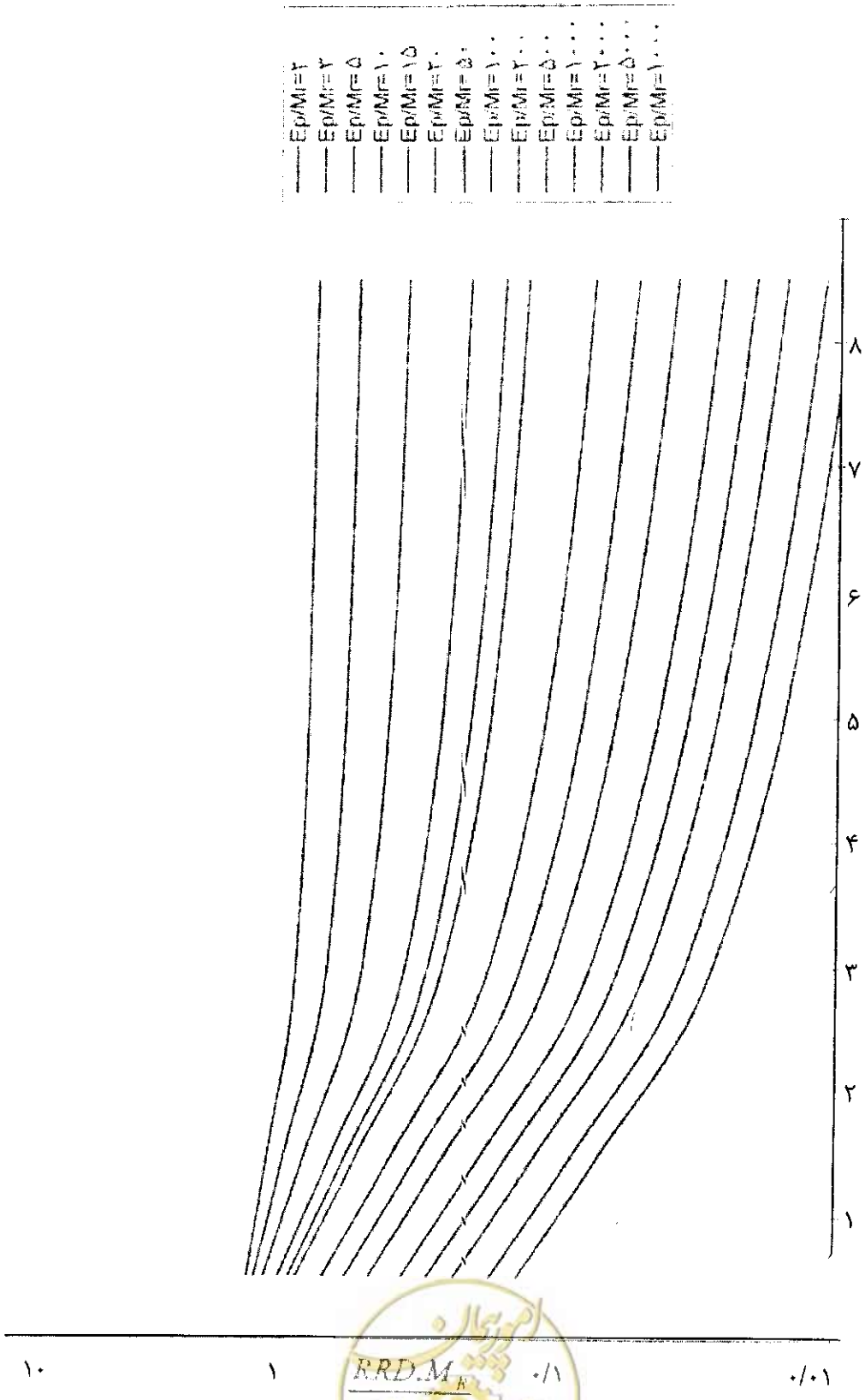
$$SN_{eff} = ۰.۰۰۴۵\ D.\ \sqrt[۳]{E_p} \qquad (۸-۵)$$

شکل (۸-۵) برای تسهیل در حل رابطه (۸-۴) و تعیین مدول موثر روسازی موجود (E_p) ارائه شده است.

برای تعیین ضخامت روکش آسفالتی علاوه بر SN_{eff} روسازی موجود بایستی عدد ضخامت کل روسازی (SN_T) (که با توجه به تعداد کل محور ساده ۸/۲ تنی هم ارز پیش‌بینی شده در دوره بهره‌برداری از روکش و همچنین ضریب برجهندگی مؤثر خاک بستر روسازی موجود و شرایط جوی منطقه و بدون آنکه سیستم روسازی موجود در نظر گرفته شده باشد) محاسبه و در اختیار باشد.

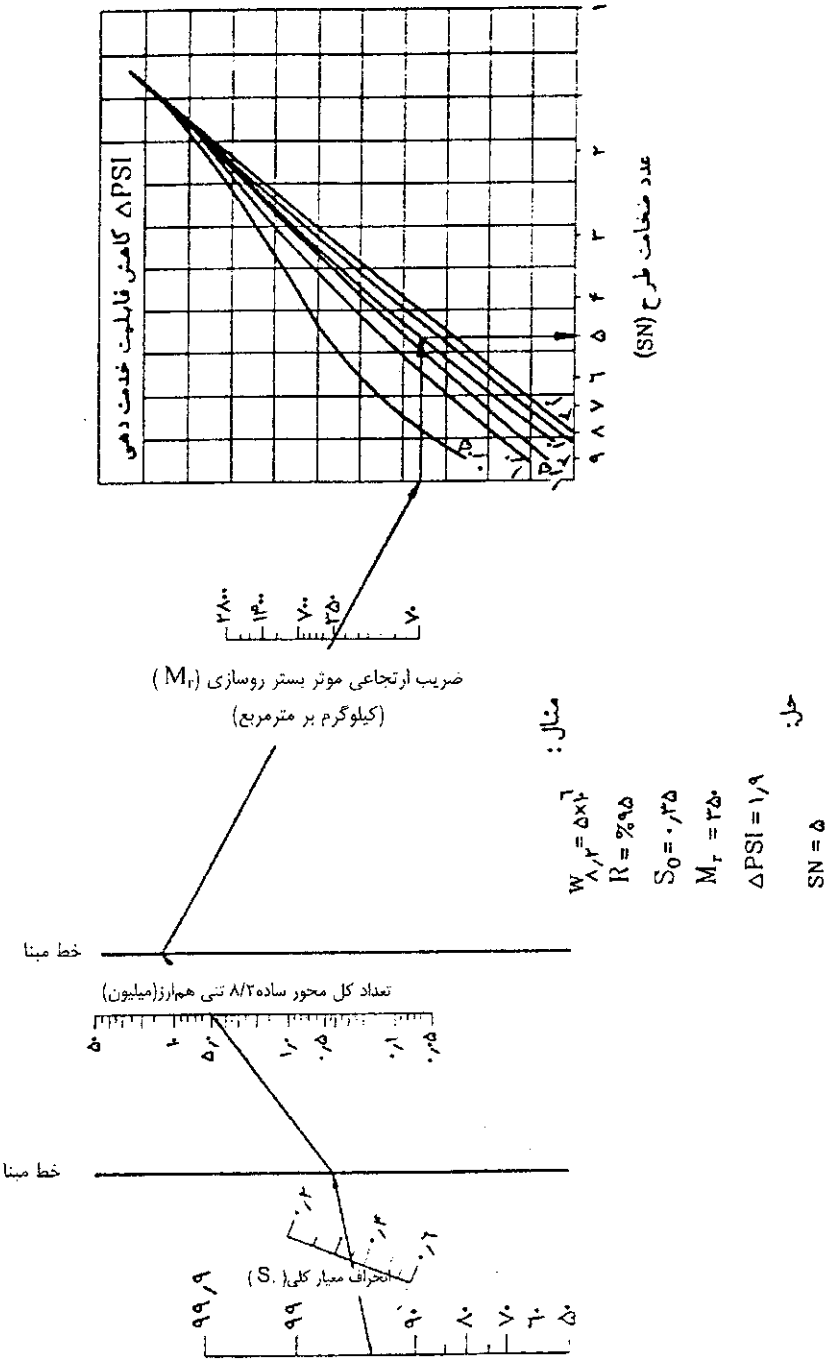
چنانچه اطلاعات لازم در اختیار باشد، عدد ضخامت کل روسازی را می‌توان با توجه به نوع راه از نمودار شکل (۸-۶) بدست آورد و با استفاده از رابطه (۸-۶) ضخامت روکش آسفالتی را محاسبه و تعیین نمود:

omoorepeyman.ir



شکل (۸-۵): نمودار تعیین مقاومت روسازی موجود (Ep)

omoorepeyman.ir



$$\text{Log}W_{۱۸/۲} = Z_R S_0 + ۹/۳۶\text{Log}(SN+۱) - ۰/۲ + \frac{\text{Log}\left(\frac{\Delta PSI}{۴/۲ - ۱/۵}\right)}{۰/۴ + \frac{۱۰۹۴}{(SN+۱)^{۵/۱۹}}} + ۲/۳۲\text{Log}(۱۴/۲۵M_R) - ۸/۰۷$$

شکل (۸-۶): نمودار محاسبه عدد ضخامت روسازی [۲]

omoorepeyman.ir

$$\text{Log}W_{۸/۲} = Z_R S_. + ۹/۳۶\text{Log}(SN+۱) - ۰/۲ + \frac{\text{Log}\left(\frac{\Delta PSI}{۴/۲ - ۱/۵}\right)}{۰/۴ + \frac{۱۰۹۴}{(SN+۱)^{۵/۱۹}}} + ۲/۳۲\text{Log}(۱۴/۲۵M_R) - ۸/۰۷$$

$$D_{OL} = \frac{SN_T - SN_{eff}}{a_{OL}} \qquad (۶-۸)$$

در رابطه فوق D_{OL} و a_{OL} به ترتیب ضخامت (سانتیمتر) و ضریب مقاومتی بتن آسفالتی لایه روکش می‌باشند.

علاوه بر روش فوق برای محاسبه ضخامت روکش آسفالتی می توان با در دست داشتن افت‌وخیز مشخصه سیستم روسازی موجود (RRD) و همچنین تعداد کل محور ساده ۸/۲ تنی هم ارز پیش‌بینی شده برای دوره بهره‌برداری از روکش، ضخامت روکش آسفالتی را به صورت زیر بدست آورد [۱۱]:

۸-۲-۵- ترافیک طرح

برآورد ترافیک طرح برحسب محور ساده ۸/۲ تنی استاندارد که براساس مطالعات آمار ترافیک عبوری از روی روسازی راه مورد نظر انجام می‌شود با استفاده از رابطه (۸-۷) قابل حصول است[۲]:

$$EAL_n = \left[\frac{(۱+r)^n - ۱}{r}\sum_{i=۱}^{m_i} F_i n_i\right](D)(L) \qquad (۷-۸)$$

EAL_n – تعداد کل محور ساده ۸/۲ تنی استاندارد در دوره طرح

n – دوره طرح برحسب سال

r – ضریب رشد سالیانه ترافیک

n_i – تعداد عبور محور با وزن i (ساده و مرکب) در سال اول بهره‌برداری از راه

m_i – تعداد محورهای با وزن i (ساده و مرکب) در سال اول بهره‌برداری از راه

D – ضریب توزیع جهتی (نسبت ترافیک جهت شلوغ‌تر عبور به کل ترافیک عبوری (دو جهت) از روی راه)

F_i – ضریب بار هم ارز برای تبدیل محور با وزن i به محور ساده ۸/۲ تنی استاندارد. (جدول۸-۱)

L – ضریب توزیع ترافیک در خط طرح (جدول ۸-۲)

omoorepeyman.ir

جدول (۱-۸): ضرایب بار هم ارز [۱۱]

وزن محور(تن)	ضرایب بار هم از محور ساده ۸/۲ تنی		
	محور ساده (منفرد)	محور مرکب (دو محوره)	محور مرکب 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

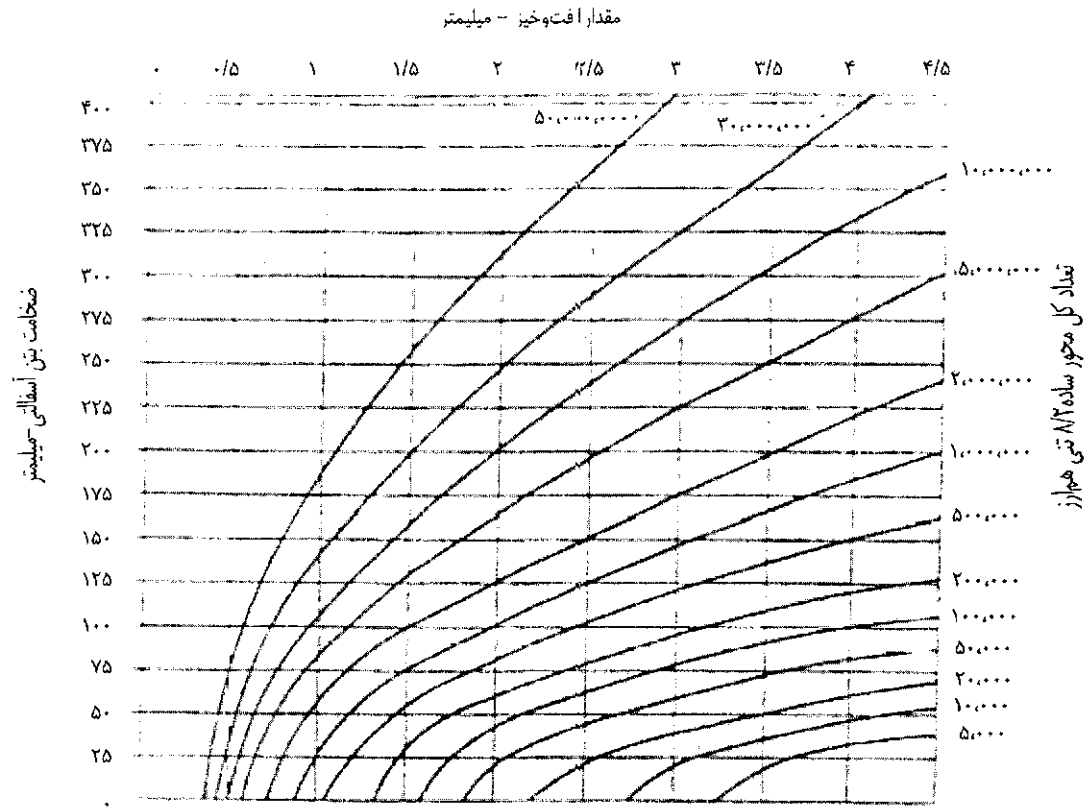
omoorepeyman.ir

جدول (۲-۸): درصد عبور از خط طرح [۱۱]

تعداد خط عبور در دو جهت	درصد عبور محور از خط طرح D
۲	۵۰
۴	۴۵(۳۵ تا ۴۸)
۶ و بیشتر	۴۰(۲۵ تا۴۸)

۸-۲-۶- تعیین ضخامت روکش

با محاسبه افت‌وخیز معرف طرح و تعداد کل محور ساده ۸/۲ تنی هم ارز که برای دوره روکش محاسبه شده است و با استفاده از شکل (۷-۸)، ضخامت روکش تعیین می‌شود. مثال زیر چگونگی محاسبات را نشان می‌دهد.



شکل (۸-۷) تعیین ضخامت روکش آسفالت بر حسب آزمایش افت‌وخیز

omoorepeyman.ir

۸-۲-۶-۱- مثال شماره ۱

الف- افت‌وخیز یک روسازی با ضخامت لایه آسفالتی ۹ سانتیمتر که در دمای محیط یکسان و شرایط بحرانی C = ۱ اندازه‌گیری شده در جدول (۸-۳) ارائه شده است:

جدول (۸-۳): افت‌وخیز اندازه‌گیری شده در مثال ۱

نقاط آزمایش (n)	افت‌وخیز X(mm)	X^2(mm)
۱	۰/۷۶۲۰	۰/۵۸۰۶
۲	۰/۷۱۱۲	۰/۵۰۵۸
۳	۰/۷۶۲۰	۰/۵۸۰۶
۴	۰/۰۱۶۰	۱/۰۳۲۳
۵	۰/۸۱۲۸	۰/۶۶۰۶
۶	۰/۸۱۲۸	۰/۶۶۰۶
۷	۰/۰۱۶۰	۱/۰۳۲۳
۸	۰/۷۶۲۰	۰/۵۸۰۶
۹	۰/۷۱۱۲	۰/۵۰۵۸
۱۰	۰/۷۶۲۰	۰/۵۸۰۶

$\sum X = ۶/۷۱۹۸$ $\sum X = ۸/۱۲۸۰$

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
- درجه حرارت سطح راه به اضافه میانگین دمای محیط پنج روزه: ۵۳ درجه سانتیگراد

با انتخاب ۵۳ درجه روی محور افقی شکل (۸-۳)، 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:

$$(۲۷ + ۳۰ + ۳۱) / ۳ = ۲۹\,^{\circ}C$$

در نتیجه میانگین درجه حرارت سطح راه ۲۹ درجه و با استفاده از شکل (۸-۴) ضریب اصلاح f = ۰/۹۲ بدست می‌آید:

ج- با استفاده از محاسبات قبل، میزان متوسط افت‌وخیز طرح (RRD) می‌شود:

$$\overline{X} = f \sum X / n = ۰/۹۲ * ۸/۱۲۸ / ۱۰ = ۰/۷۴۷۷ \text{ میلیمتر}$$

$$S = \sqrt{(f^2 \sum X^2 - \overline{X} f \sum X) / (n - ۱)}$$

omoorepeyman.ir

میلیمتر S = ۰/۱۰۳۵

میلیمتر RRD = ($\overline{X}$ + ۲S) C= (۰/۷۴۷۷ + ۲ × ۰/۱۰۳۵) × ۱ = ۰/۹۵۴

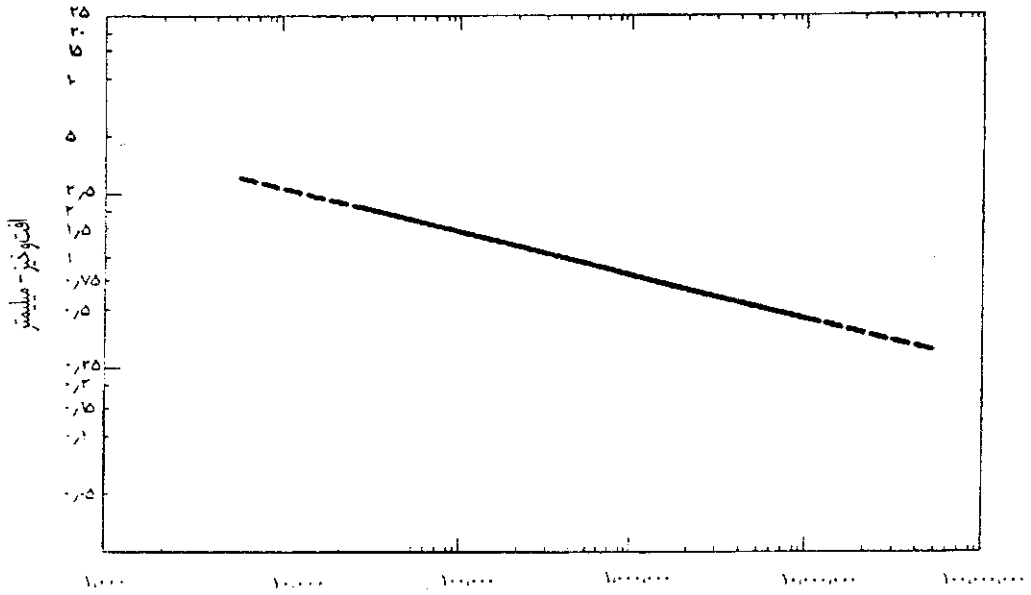
د- با فرض اینکه کل ترافیک طرح در دوره روکش ۵،۰۰۰،۰۰۰ محور ساده ۸/۲ تنی باشد، ضخامت روکش بتن آسفالتی با استفاده از شکل (۸-۷) برابر ۸ سانتیمتر تعیین می‌شود.

۸-۲-۶-۲- مثال شماره ۲

میزان افت‌وخیز روسازی یک راه آسفالتی با دو خط عبور که تعداد کل محورهای هم ارز ۸/۲ تنی آن در سال ۷۰۰۰۰ و میزان رشد ترافیک سالانه آن ۴٪ پیش‌بینی می‌شود، برابر با ۱/۱ میلیمتر اندازه‌گیری شده است. چند سال دیگر روکش تقویتی برای این راه ضروری است؟

تعداد ترافیک باقیمانده‌ای را که روسازی با افت‌وخیز فعلی ۱/۱ میلیمتر تا اجرای روکش بعدی می‌تواند تحمل کند با مراجعه به شکل (۸-۸)، معادل ۳۷۵۰۰۰ محور ۸/۲ تنی هم ارز بدست می‌آید. لذا ضریب رشد ترافیک برابر است با:

۳۷۵۰۰۰ / ۷۰۰۰۰ = ۵/۳۵



مجموع بارهای محوری استاندارد ۸/۲ تنی

شکل (۸-۸) رابطه تعداد کل محور ساده ۸/۲ تنی هم ارز با افت‌وخیز روسازی [۱۱]

با استفاده از رابطه زیر خواهیم داشت:

$$F = (1 + r)^n - 1 / r$$

که در آن:

F – ضریب رشد ترافیک برای دوره طرح

r – درصد رشد سالیانه ترافیک

omoorepeyman.ir

n – دوره طرح (سال)

لذا:

$$۵/۳۵ = ((۱ + ۰/۰۴)^{n} - ۱) / ۰/۰۴$$

$$n = ۴/۹۵ \approx ۵ \text{ سال}$$

۸-۳- روکش تقویتی با روش غیرمستقیم

در این روش، ابتدا عدد ضخامت کل روسازی براساس ترافیک طرح دوره روکش و مقاومت خاک بستر، بدون آنکه سیستم روسازی موجود در نظر گرفته شود، مطابق معادله مندرج در نمودار شکل (۸-۶) تعیین می‌گردد.

سپس ضخامت روکش با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$D_{ol} = ۲/۵ \times SN_{ol} / a_{ol} = ۲/۵ (SN_f - SN_{eff}) / a_{ol} \quad (۸-۸)$$

$$SN_{eff} = (۱ / ۲/۵) \times (a_۱D_۱ + a_۲m_۲D_۲ + a_۳m_۳D_۳) \quad (۸-۹)$$

که در آن:

D_{ol} – ضخامت روکش آسفالتی به 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 معادله مندرج در نمودار شکل (۸-۶) محاسبه می‌شود.

SN_{eff} – عدد ضخامت موثر روسازی موجود

D_i – ضخامت لایه‌های روسازی موجود به سانتیمتر

a_i – ضریب لایه‌های روسازی موجود

m_i – ضریب زهکشی مصالح اساس و زیراساس موجود

تعیین ضخامت روکش شامل مراحل زیر می‌شود:

۸-۳-۱- تعیین مقاومت خاک بستر روسازی

مقاومت خاک بستر روسازی موجود، از طریق نمونه‌گیری خاک در طول مسیر و با انجام آزمایش CBR اشباع روی نمونه‌های آزمایشگاهی تهیه شده با تراکم نسبی ۹۵٪ برحسب روش آشتو اصلاح شده (T ۱۸۰) اندازه‌گیری می‌شود. از نتایج بدست آمده براساس روش مندرج در آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران CBR طرح در هر واحد طرح و یا در صورتی که شرایط خاک بستر در طول مورد مطالعه یکسان باشد، برای کل مسیر محاسبه می‌گردد.

۸-۳-۲- ترافیک

برآورد ترافیک طرح مانند بند۸-۲-۵ همین فصل صورت می‌گیرد[۱۱].

omoorepeyman.ir

۸-۳-۳- عدد ضخامت روسازی (SN_r)

با نتایج حاصل از بند های ۸-۳-۱ و ۸-۳-۲، عدد ضخامت کل روسازی بعد از روکش، بدون در نظر گرفتن ساختار روسازی فعلی 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.

۸-۳-۴- تعیین عدد ضخامت موثر (SN_{eff})

تعیین عدد ضخامت موثر 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:

۸-۳-۴-۱- 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.

۸-۳-۴-۲- ضریب لایه‌ها (a_i)

ضرایب لایه‌های روسازی برای مصالحی که در روسازی مصرف می‌شود 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 آسیب دیدگی‌های بوجود آمده درلایه‌ها، می‌توان از جدول (۸-۴) 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 لایه اساس قیری ۰/۲۵ انتخاب می‌شود.

ب- ضرایب مربوط به لایه‌های اساس و زیراساس به تناسب نتایج آزمایش CBR، دانه‌بندی، درصد شکستگی، ارزش ماسه‌ای و دامنه خمیری و مقایسه آنها با مشخصات اولیه مصالح انتخاب می‌شود.

ج- ضرایب زهکشی مصالح اساس و زیراساس با توجه به نتایج دانه‌بندی و درصد مواد عبور کرده 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 جدول (۸-۵) تعیین می‌شود.

۸-۳-۵- مثال

مطلوب است تعیین ضخامت روکش تقویتی یک روسازی آسفالتی به طریق غیرمستقیم و با روش تعیین عدد ضخامت موثر روسازی موجود با فرض‌های زیر:

omoorepeyman.ir

- ضریب برجهندگی خاک بستر روسازی (معادل CBR = ۳/۵) ۳۵۰ Kg/cm^2

- ترافیک طرح در عمر روکش برحسب مجموع محورهای ساده ۸/۲ تنی هم ارز

$$W_{8.2} = ۱,۰۰۰,۰۰۰$$

- ضخامت آستر و رویه آسفالت موجود، D_1: ۱۲ سانتیمتر

جدول (۸-۴): انتخاب ضریب لایه روسازی‌های موجود با وضعیت متفاوت [۱۱]

لایه روسازی	شرایط روسازی	ضریب لایه
آسفالت رویه و آستر	فاقد ترک‌های موزاییکی، با ترک‌های خیلی کم یا ترک‌های عرضی با شدت کم	۰/۳۵
	ترک‌های موزاییکی با شدت کم – کمتر از ۱۰ درصد	۰/۲۵–۰/۳۵
	ترک‌های عرضی با شدت متوسط تا زیاد – کمتر از ۵ درصد	
	ترک‌های موزاییکی با شدت کم – بیشتر از ۱۰ درصد	۰/۲–۰/۳
	ترک‌های موزاییکی با شدت متوسط – کمتر از ۱۰ درصد	
	ترک‌های عرضی با شدت متوسط تا زیاد – کمتر از ۱۰ – ۵ درصد	
	ترک‌های موزاییکی با شدت متوسط – بیشتر از ۱۰ درصد	۰/۱۵–۰/۲
	ترک‌های موزاییکی با شدت زیاد – کمتر از ۱۰ درصد	
	ترک‌های عرضی با شدت متوسط تا زیاد – بیشتر از ۱۰ درصد	
	ترک‌های موزاییکی با شدت زیاد – بیشتر از ۱۰ درصد	۰/۰۸–۰/۱۵
اساس قیری	ترک‌های موزاییکی خیلی کم یا فاقد این ترک‌ها یا ترک عرضی با شدت کم	۰/۲۵
	ترک‌های موزاییکی با شدت کم – کمتر از ۱۰ درصد	۰/۱۵–۰/۲۵
	ترک‌های موزاییکی با شدت متوسط تا زیاد – کمتر از ۵ درصد	
	ترک‌های موزاییکی با شدت کم – بیشتر از ۱۰ درصد	۰/۱۵–۰/۲
	ترک‌های موزاییکی با شدت متوسط – کمتر از ۱۰ درصد	
	ترک‌های عرضی با شدت متوسط تا زیاد – بیشتر از ۱۰ – ۵ درصد	
	ترک‌های موزاییکی با شدت متوسط – بیشتر از ۱۰ درصد	۰/۱–۰/۲
	ترک‌های موزاییکی با شدت زیاد – کمتر از ۱۰ درصد	
	ترک‌های موزاییکی با شدت متوسط تا زیاد – بیشتر از ۱۰ درصد	
	ترک‌های موزاییکی با شدت متوسط تا زیاد – بیشتر از ۱۰ درصد	۰/۰۸–۰/۱۵
	ترک‌های عرضی با شدت زیاد – بیشتر از ۱۰ درصد	
اساس‌یا زیراساس	بدون تغییر و بدون نفوذ ریزدانه از بستر روسازی با حفظ CBR اولیه	۰/۱–۰/۱۳
	تغییرحالت مصالح، نفوذ ریزدانه ازبستر روسازی وکاهش خصوصیات زهکشی	۰/۰۰–۰/۱

omoorepeyman.ir

جدول (۸-۵): ضرایب اصلاحی m_i برای قشرهای اساس و زیراساس [۱۱]

ردیف	کیفیت زهکشی	درصد زمانی که رطوبت مصالح در حدود اشباع است		
		تا ۵ درصد [۱] (منطقه خشک)	۲۵ تا ۵ درصد [۱] (منطقه معتدل)	بیشتر از ۲۵ درصد [۱] (منطقه با بارندگی زیاد)
۱	عالی	۱/۴ – ۱/۳	۱/۳ – ۱/۲	۱/۲
۲	خوب	۱/۳۵ – ۱/۱۵	۱/۱۵ – ۱	۱
۳	قابل قبول	۱/۲۵ – ۱/۰۵	۱ – ۰/۸	۰/۸
۴	ضعیف	۱/۱۵ – ۰/۸	۰/۸ – ۰/۶	۰/۶
۵	خیلی ضعیف	۱/۱۵ – ۰/۷۵	۰/۷۵ – ۰/۴	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.

- ضخامت اساس شکسته موجود، D_2: ۱۵ سانتیمتر
- ضخامت زیراساس موجود، D_3: ۳۰ سانتیمتر

بررسی وضعیت روسازی و آزمایش‌های انجام شده روی مصالح اساس و زیراساس نشان می‌دهد که:

رویه آسفالتی دارای آسیب دیدگی‌های با شدت متوسط شامل ترک‌های موزاییکی و ترک‌های طولی و عرضی در سطح راه است. نتایج آزمایش مصالح و زیراساس تغییر حالتی را از نظر CBR نشان نمی‌دهد جز اینکه 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 بصورت زیر تعیین می‌شود:

۸-۳-۵-۱- تعیین عدد ضخامت نهایی روسازی (SN_f)

عدد ضخامت نهایی روسازی بعد از روکش با توجه به ضریب برجهندگی خاک بستر و عدد ترافیک طرح از نمودار (۸-۴) معادل ۴/۱ بدست می‌آید. در این محاسبه افت نشانه خدمت‌دهی نهایی (Δ PSI) با فرض اینکه

$P_0 = 4/2$ و $P_t = 2/5$ منظور شده برابر $\Delta PSI = 4/2 - 2/5 = 1/7$ انتخاب شده است.

۸-۳-۵-۲- تعیین عدد ضخامت موثر روسازی موجود

برابر نتایج حاصل از بررسی وضعیت روسازی و آزمایش‌های آزمایشگاهی و مراجعه به جدول (۸-۴) ضرایب هر یک از لایه‌های روسازی به شرح زیر برآورد شده است:

- ضریب لایه آسفالتی آستر و رویه $a_1 = 0/2$
- ضریب لایه اساس $a_2 = 0/12$
- ضریب لایه زیراساس $a_3 = 0/1$

omoorepeyman.ir

- ضرایب زهکشی اساس و زیراساس $m_2 = m_3 = ۰/۸$

لذا عدد ضخامت موثر (SN_{eff}) برابر است با:

$$SN_{eff} = (۱ / ۲/۵) \times (a_1D_1 + a_2m_2D_2 + a_3m_3D_3)$$

$$SN_{eff} = (۱ / ۲/۵) \times (۰/۲\times۱۲ + ۰/۱۲\times۰/۸\times۱۵ + ۰/۱\times۰/۸\times۳۰)$$

$$SN_{eff} = ۲/۵$$

۸-۳-۵-۳- ضخامت روکش تقویتی

با فرض اینکه روکش فقط شامل بتن آسفالتی باشد که در آن a ضریب لایه آسفالت مورد استفاده در روکش ۰/۴۲ تعیین شده است، ضخامت روکش برابر است با:

$$D_{ol} = ۲/۵ \times SN_{ol} / a_{ol} = ۲/۵ (SN_f - SN_{eff}) / a_{ol}$$

$$SN_{ol} = SN_f - SN_{eff} = ۴/۱ - ۲/۵ = ۱/۶$$

$$a_{ol} = ۰/۴۲$$

$$D_{ol} = ۲/۵ \times SN_{ol} / a_{ol} = ۹/۵ \cong ۱۰ \text{ سانتیمتر}$$

۸-۴- اجرای روکش تقویتی

آماده سازی بستر آسفالتی موجود قبل از اجرای روکش تقویتی باید پس از رفع کلیه نواقص و خرابی‌های روسازی موجود بر اساس ضوابط مندرج در بند ۳-۳ این گزارش و آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران انجام شود. بر اساس آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران، قبل از اجرای روکش آسفالت تقویتی مراحل زیر بر روی سطح موجود در روسازی انجام می‌شود.

۸-۴-۱- 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 انعکاس ترک‌ها به رویه راه (لایه روکش) جلوگیری می‌کند (مانند پوشش‌های تهیه شده از پلی‌استر یا پلی‌پروپیلن که بر روی آسفالت قرار می‌گیرد) استفاده کرد.

۸-۴-۲- 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 یا قیر و ماسه و یا فقط قیر (قیرهای محلول و قیرابه) پر کرد. برای ترک‌های عرضی که حساسیت زیادتری نسبت به انقباض و انبساط دارد علاوه بر درزگیری، استفاده از مصالح و یا مواد کنترل‌کننده رو آمدن ترک به روکش، موثر خواهد بود.

omoorepeyman.ir

۸-۴-۳- اصلاح شیارهای طول

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 انعکاس آنها به روکش وجود نداشته باشد می توان آنها را با مخلوط آسفالتی مناسب تسطیح و هموار کرد. در صورتی که این نوع آسیب‌دیدگی ناشی از تغییر شکل سایر لایه‌های روسازی، غیر از آسفالت باشد، در این صورت باید یک روش اصلاحی خاص و عمقی انتخاب کرد.

۸-۴-۴- 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 بوجود آمدن آنها انتخاب می‌شود. این نوع خرابی‌ها و نواقص عمدتاً با تعمیرات عمقی و انجام لکه‌گیری اساسی اصلاح می‌گردد.

۸-۴-۵- لایه‌های کنترل‌کننده ترک‌های آسفالتی

در محاسبات تعیین ضخامت روکش تقویتی، مسئله پیشگیری از انعکاس ترک‌های آسفالت موجود به لایه‌های روکش که عامل عمده خرابی‌های زودرس در روکش‌های آسفالتی بشمار می رود، منظور نشده است. روش‌ها، مواد و مصالحی که در بسیاری از شرایط، نتایج موثری در تاخیر و یا پیشگیری از انعکاس این ترک‌ها به روکش و کنترل آنها داشته، عبارتند از:

۸-۴-۵-۱- قشر بین لایه‌ای جاذب تنش

اجرای یک قشر بین لایه‌ای با مصالحی خاص بین رویه قدیمی و روکش آسفالت در جلوگیری از انعکاس 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، موثر 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.

۸-۴-۵-۲- قشر بین لایه‌ای با آسفالت گرم

استفاده از قشر بین لایه‌ای از نوع آسفالت گرم، با دانه‌بندی باز و حاوی مصالح سنگی صد درصد شکسته و ۳-۲ درصد قیر که در ضخامت حدود ۷ سانتیمتر اجرا می‌شود در پیشگیری یا تاخیر در انعکاس ترک‌ها نتایج خوبی داشته است. این آسفالت چون دارای

omoorepeyman.ir

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 خارج از محدوه ۳۵-۲۵ درصد نباشد. دانه‌بندی باز قشر بین لایه‌ای را می‌توان از جدول(۸-۶) انتخاب نمود.

جدول (۶-۸): دانه بندی باز قشر بین لایه ای [۱۱]

اندازه الک	درصد مواد عبور کرده
۵۰ میلیمتر _۲ اینچ)	۱۰۰
۳۷/۵ میلیمتر ($۱\frac{۱}{۲}$ اینچ)	۷۵-۹۰
۱۹/۰ میلیمتر ($\frac{۳}{۴}$ اینچ)	۵۰-۷۰
۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴)	۸-۲۰
۰/۱۵ میلیمتر ۰شماره ۱۰۰)	۰-۵
درصد قیر خالص	۳ – ۱/۵

۸-۴-۵-۳- پوشش پلاستیکی – پلیمری بین لایه‌ای

این پوشش‌ها که معمولاً مشبک بوده و از موادی نظیر پلی‌استر یا پلی‌پروپیلن تهیه می‌شوند به عنوان لایه‌های کنترل کننده بازگشت ترک و یا پیشگیری از ظهور ترک در روکش‌های آسفالتی کاربرد دارند. این پوشش‌ها را بعد از آماده کردن نهایی بستر موجود آسفالتی (شامل لکه‌گیری‌ها، پر کردن 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 متر مربع قیرابه و یا قیرهای محلول)، روی سطح راه پهن می‌کنند. قبل از آنکه روی این قیرپاشی ترافیک عبور کند باید با آسفالت روکش شود.

۸-۴-۵-۴- 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 موثر است. چنانچه شرایط برای انتخاب قیر با درجه نفوذ بالا وجود نداشته باشد می‌توان کاربرد این قیر را فقط به نخستین لایه روکش محدود نمود.

۸-۴-۵-۵- افزایش ضخامت روکش

چنانچه شرایط اجرای بندهای ۸-۴-۵-۱ الی ۸-۴-۵-۳ و یا مشابه آنها وجود نداشته باشد، افزایش ضخامت روکش، اگرچه موجب افزایش هزینه طرح می‌گردد، می‌تواند یک راه حل مناسب باشد.

چنانچه منطقه طرح آب و هوای گرم نداشته باشد، انتخاب ضخامت بیشتر نسبت به ضخامت محاسبه شده ضمن آنکه تنش‌های ناشی از تغییرات دمای محیط را در رویه آسفالتی موجود تقلیل می‌دهد، باعث کاهش تنش‌های وارده به بستر روسازی نیز می‌شود. بدیهی است که ضخامت اضافی با توجه به رعایت کلیه شرایط، بویژه بررسی‌های فنی و اقتصادی تعیین می‌شود.

omoorepeyman.ir

۸-۵- 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 برابری داشته باشد.

۸-۶- محدودیت روکش تقویتی

اجرای روکش تقویتی یکی از گزینه‌های عملی برای بهسازی روسازی های آسفالتی است. در شرایطی که شدت آسیب دیدگی و گستردگی آن به گونه‌ای باشد که راه حل اصلاح آن جز با تخریب و برداشت لایه رویه و یا لایه‌های روسازی آسیب‌دیده و تعویض آن با مصالح جدید آسفالتی و یا غیرآسفالتی مقدور نباشد، استفاده از این گزینه توجیه اقتصادی و فنی ندارد. در این مورد گزینه‌های بازیافت و یا بازسازی را می توان به مورد اجرا گذاشت.

omoorepeyman.ir

فصل نهم

ملاحظات اقتصادی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

مقدمه

بدون شک ارتباطات مطلوب در پیشرفت جوامع تاثیر بسزایی داشته است و همواره بعنوان یکی از شاخص‌های مهم رشد و توسعه اقتصادی و اجتماعی و فرهنگی کشورها قابل طرح بوده است. شبکه راه‌های جاده‌ای بعنوان یکی از خدمات زیربنایی نقش مهمی را در انتقال محصولات، ارائهٔ خدمات اساسی و نیز ارتباطات فرهنگی و اجتماعی در کشور ایفا نموده‌اند. به همین دلیل در این فصل اولویت‌بندی ترمیم و نگهداری روسازی‌ها با عنایت به تحلیل اقتصادی تشریح می‌گردد.

۹-۱- روش ارزیابی اقتصادی روسازی‌ها

حمل‌و نقل جاده‌ای جزء اساسی توسعه اقتصادی، اجتماعی کشورها محسوب می‌شود و همواره بخش اعظمی از بودجه سالیانه کشورها را به خود اختصاص داده است. تجربه نشان داده است که بین تعداد سفرهای انجام گرفته (به کیلومتر) و درآمد ناخالص ملی (Gross National Product (GNP)) کشورها رابطه تنگاتنگی وجود دارد و در این راستا حمل‌و نقل جاده‌ای به امر توسعه اقتصادی با امکان‌پذیر کردن تجارت داخلی و بین‌المللی و همچنین با اشتغال‌زایی و ارائه خدمات مختلف به جامعه کمک می‌کند. حمل‌و نقل جاده‌ای راحت و روان فقط به کمک روسازی‌های خوب و عاری از خرابی قابل توجه امکان‌پذیر است که در نتیجه هزینه‌های مختلف از جمله هزینه تولید مواد اولیه را کاهش داده و می‌تواند زمینه‌ساز سلامت اقتصادی یک کشور و نهایتاً جامعه باشد. در همین زمینه بهتر شدن کیفیت سواری‌دهی راه‌ها باعث می‌شود که تعداد جابه‌جایی‌های صورت گرفته (سفرها) بیشتر شده و رشد اقتصادی توسعه یابد. در کشورهای در حال توسعه نیز افزایش کیفیت بهره‌برداری از راه‌ها در سرعت توسعه مناطقی که راه از آن عبور می‌کند تاثیر داشته و باعث اشتغال‌زایی و فقرزدایی می‌شود.

بنابراین هم کیفیت و هم کمیت راه‌ها و تاسیسات زیربنایی حمل‌و نقل جاده‌ای اثرات مختلفی بر ابعاد زندگی بشر خواهند داشت. افزایش تعداد سفر نه تنها نشان‌دهنده توسعه اقتصادی بلکه خود عامل آن نیز می‌باشد به طوری که امروزه کشورهای توسعه یافته دارای بیشترین تعداد سفرهای جاده‌ای می‌باشند. ترمیم و نگهداری راه‌ها حتی به مقدار جزئی می‌تواند منافع اقتصادی زیادی را در بر داشته باشد. طبق آمار ارائه شده در سال ۱۹۹۵ صرف هر یک دلار در امر ترمیم و نگهداری راه‌ها می‌تواند تا سه دلار در هزینه استفاده‌کنندگانِ از راه صرفه‌جویی کند [۲۷].

پارامترهای اقتصادی که در ترمیم و نگهداری راه‌ها باید مورد توجه قرار گیرند عبارتند از:

الف — سطح سرویس یا وضعیت راه

ب — توسعه ملی و اثرات اجتماعی- اقتصادی آن

ج — هزینه استفاده‌کنندگان از راه

د — نرخ تصادفات و هزینه‌های مربوط به آن

ه — اثرات محیطی و زیست محیطی

و — هزینه‌های سازمان‌های مرتبط با راه

با توجه به مطالب فوق هدف از ارائه‌این فصل تعیین PCI بهینه با توجه به ملاحظات اقتصادی پس از برآورد هزینه‌های کارکرد وسایل‌نقلیه و تعیین اقتصادی‌ترین پروژه در سطح شبکه و در نهایت تعیین اقتصادی‌ترین گزینه برای انجام یک پروژه می‌باشد.

omoorepeyman.ir

۹-۲- هدف اقتصادی از نگهداری و ترمیم روسازی راه‌ها

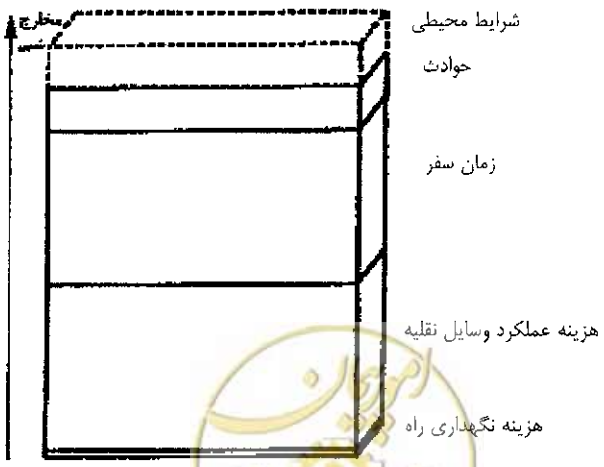
با ترمیم و نگهداری روسازی راه‌ها نرخ خرابی روسازی و همچنین هزینه عملکرد وسایل نقلیه کاهش یافته و راه بطور مستمر به روی ترافیک عبوری باز می‌ماند. علاوه بر این ترمیم و نگهداری راه‌ها می‌تواند عاملی برای حفظ ایمنی در راه‌ها باشد. تجربه نشان داده است که به موازات بهبود وضعیت راه‌ها و با بهتر شدن کیفیت سواری‌دهی سرعت وسایل‌نقلیه افزایش یافته و به تبع آن به تعداد و شدت تصادفات جاده‌ای نیز افزوده شده است [۲۷]. به‌این ترتیب می‌توان اظهار داشت که تحلیل و اولویت‌بندی اقتصادی روسازی راه‌ها باید هدفمند بوده و با در نظر گرفتن اهداف زیر دنبال شود:

۱- استفاده از یک روش سیستماتیک برای تصمیم‌گیری در زمینه ترمیم و نگهداری روسازی‌ها در یک چارچوب تعریف شده و هدفمند

۲- ارزیابی نیازهای مالی و بودجه‌ای و همچنین منابع مورد نیاز برای تخصیص اعتبار

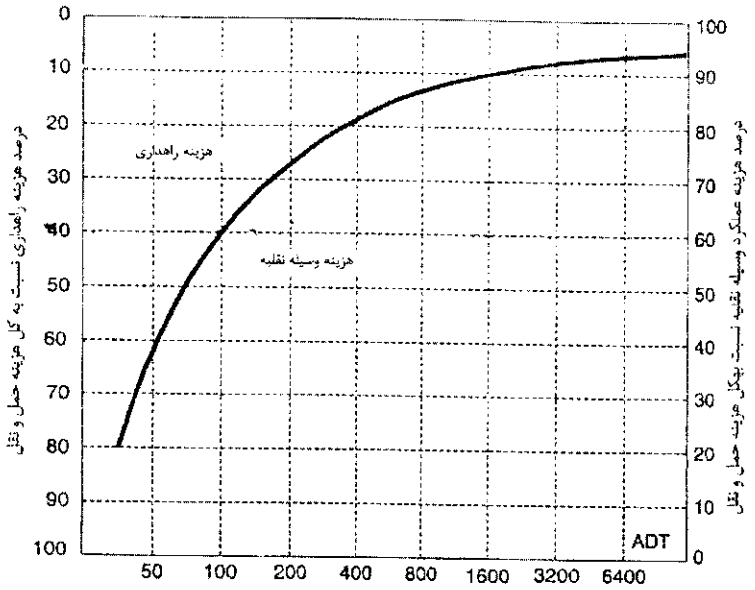
۳- تعیین و تشخیص حداقل استانداردهای لازم برای نگهداری روسازی راه‌ها

شکل (۹-۱) هزینه‌های نسبی که در دوره عمر یک راه معمولی بوجود می‌آیند را نشان می‌دهد (علی‌رغم آنکه احداث و وجود راه‌ها باعث توسعه و عمران کشورها می‌شود لیکن باید توجه داشت که مزایای ناشی از وجود یک راه برای هر جامعه‌ای در قبال یک سری هزینه‌های نسبی که وجود راه ایجاب و به جامعه تحمیل می‌نماید حاصل می‌شود) [۲۷]. این نمودار نشان می‌دهد که مخارج نگهداری راه نسبت به سایر هزینه‌های راه بسیار کمتر است (بعلاوه لازم است که تاثیر این مخارج بر کاهش هزینه‌های دیگر نظیر کاهش زمان سفر، کاهش هزینه کارکرد وسایل نقلیه و کاهش حوادث رانندگی نیز مورد توجه قرار گرفته و ارزیابی شود زیرا سود حاصل از این مخارج نسبی اندک به مراتب غنی‌تر و بیشتر می‌باشد). هزینه نگهداری راه برحسب کیلومتر- وسیله نقلیه در کشور سوئد در شکل (۹-۲) و نمونه‌ای از هزینه‌های مربوط به عملیات ترمیم و نگهداری روسازی راه‌ها در شکل (۹-۳) نشان داده شده است. نمودارهای (۹-۲) و (۹-۳) نشان می‌دهند که هزینه ترمیم و نگهداری روسازی راه‌های آسفالتی به مراتب کمتر از هزینه ترمیم و نگهداری روسازی راه‌های شنی است[۲۷].

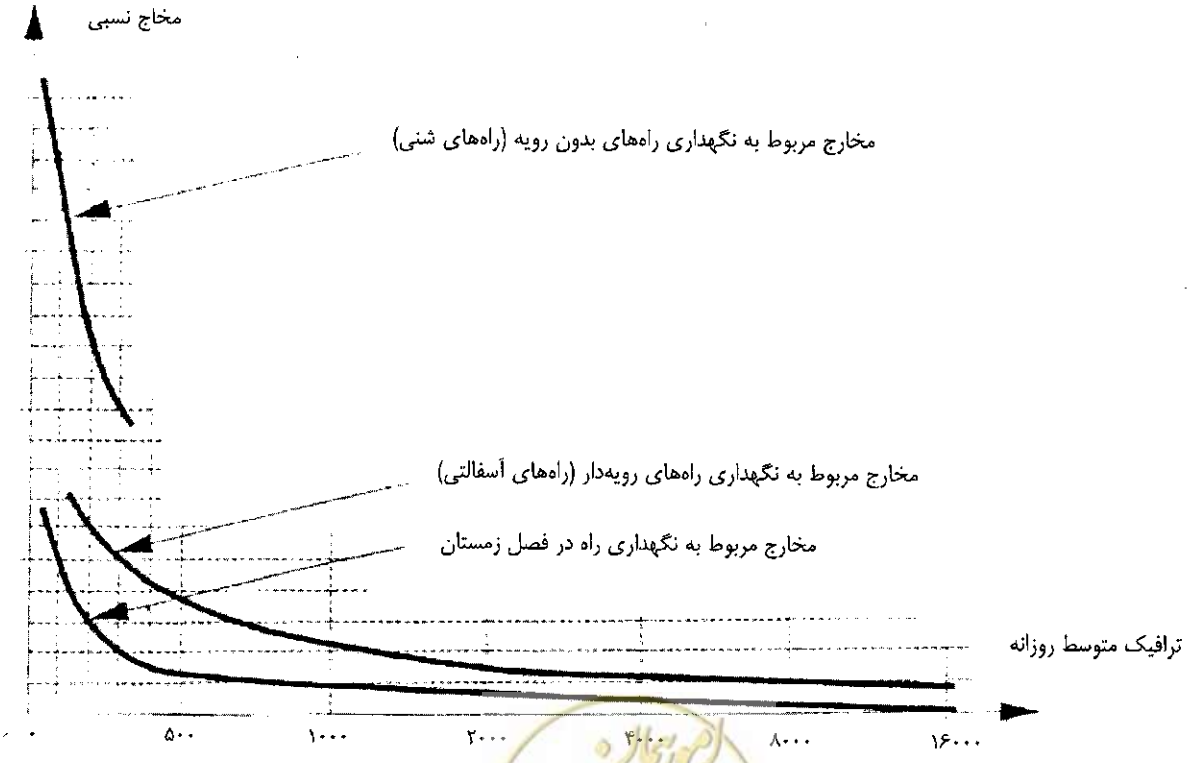


شکل (۹-۱): هزینه‌های نسبی وسایل نقلیه در یک راه با وضعیت معمولی

omoorepeyman.ir



الف

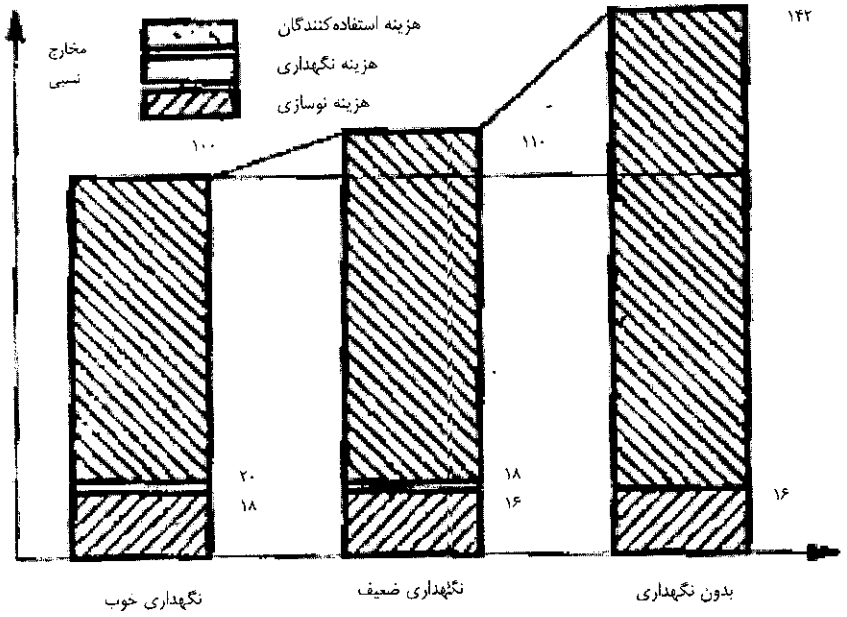


(ب)

شکل (۹-۲) الف – هزینه نسبی عملکرد وسائل نقلیه ونگهداری راه – ب – هزینه نگهداری

omoorepeyman.ir

اثرات مثبت اقتصادی ترمیم و نگهداری روسازی راه‌ها را به شرح زیر عنوان و مورد ارزیابی قرار می‌گیرند:



شکل (۹-۳): تغییرات هزینه استفاده‌کنندگان از راه برای انواع نگهداری راهها [۲۷]

۹-۲-۱- کاهش خرابی

تجربه نشان داده است که روند توسعه و سرعت خرابی روسازی‌ها بستگی به عوامل مختلفی نظیر بارگذاری ترافیکی، مقاومت روسازی و شرایط محیطی و آب و هوایی منطقه‌ای دارد که راه از آن عبور می‌کند. با گذشت زمان و در پایان دوره طرح روسازی، بازسازی و یا ارتقاء کیفیت روسازی ضرورت پیدا می‌کند. این عملیات سنگین و پرهزینه می‌تواند با انجام نگهداری و ترمیم های موثر و دوره‌ای به تاخیر بیافتد. اگر ترمیم و نگهداری‌های دوره‌ای و متناوب و ضروری انجام نشود و عمل زهکشی بطور موثر صورت نگیرد، خرابی روسازی می‌تواند با نفوذ آب به جسم روسازی و پایین آوردن مقاومت آن افزایش یابد. برای روسازی‌های با رویه آسفالتی خرابی ایجاد شده نیاز به عملیات نگهداری سنگین‌تر و پرهزینه‌تری مانند روکش و اصلاح اساسی خواهد داشت که هزینه این نوع عملیات در مقایسه با هزینه لکه‌گیری لااقل دو برابر بیشتر خواهد بود. چنانچه روکش تقویتی بموقع انجام نشود خرابی در ابعاد وسیعتر در روسازی ظاهر می‌شود که نیاز به بازسازی روسازی را افزایش خواهد داد. هزینه بازسازی نیز با تقویت کافی سه برابر هزینه روکش تقویتی خواهد بود [۲۷]. به‌این ترتیب نتیجه می‌شود که عملیات نگهداری در کاهش هزینه‌های بعدی بسیار موثر خواهد بود.

۹-۲-۲- کاهش هزینه عملکرد وسایل نقلیه

درصد هزینه‌ای را که سازمان‌های نگهدارنده راه متحمل می‌شوند و همچنین هزینه عملکرد وسایل نقلیه نسبت به کل هزینه حمل‌و نقل با عوامل مختلفی نظیر سطح سرویس‌دهی ترافیک با توجه به شکل (۹-۲) تغییر می‌کنند. این شکل براساس تحقیقات انجام شده توسط بانک جهانی برای راه‌هایی که نگهداری بهینه در آنها صورت گرفته بدست آمده است [۲۷]. این شکل نشان می‌دهد

omoorepeyman.ir

که بطور نسبی هزینه وسایل نقلیه از حدود ۴۰ ٪ برای راه‌هایی که ترافیک آنها حدود ۵۰ وسیله نقلیه در روز است تا ۹۰ ٪ برای راه‌هایی که ترافیک آنها حدود ۶۰۰ وسیله نقلیه در روز است تغییر می‌کند.

علاوه بر آن شکل (۹-۳) نشان می‌دهد که غفلت در زمینه ترمیم و نگهداری راه باعث افزایش هزینه‌های بعدی بهسازی راه خواهد شد. در این شکل روند تغییر در هزینه‌های نسبی برای بازسازی، نگهداری و همچنین هزینه عملکرد وسایل نقلیه تحت شرایط مختلف نگهداری و ارتباط آنها با یکدیگر در طی عمر مفید راه نیز نشان داده شده است. علاوه بر موارد فوق مطالعات برنامه‌ریزان اقتصادی نشان داده است که چنانچه وضعیت یک راه مناسب باشد و حدود ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در روز در آن تردد داشته باشند، هزینه نگهداری آن راه برابر ۲ درصد هزینه‌های کل راه می‌شود. بنابر این اگر تخصیص اعتبار برای هزینه‌های نگهداری راه از مقدار مناسب کمتر باشند به علت تخصیص اعتبار کمتر و در نتیجه عدم نگهداری برازنده راه، روسازی شروع به ترک خوردگی و یا انواع دیگر خرابی‌ها خواهد کرد. همین مطالعات نشان داده است که‌ایجاد و افزایش خرابی هزینه عملکرد وسایل نقلیه را تا ۱۵ درصد افزایش می‌دهد و اگر هیچگونه نگهداری برای روسازی راه انجام نشود هزینه سالیانه عملکرد وسایل نقلیه تا حدود ۵۰ درصد افزایش پیدا خواهد نمود [۲۷].

۹-۳- اولویت‌بندی اقتصادی

در هر ساختار سازمانی مدیریت در سطوح مختلف انجام می‌شود. در بخش روسازی اولین سطح مدیریت، سطح برنامه‌ریزی برای تخصیص بودجه به پروژه‌های مختلف در سطح شبکه و همچنین زمان‌بندی ساخت و انجام این پروژه‌ها است.

در بالاترین سطح مدیریتی، بودجه به کارهای در سطح شبکه تخصیص داده می‌شود و در پایین‌ترین سطح برای یک پروژه خاص تصمیم‌گیری برای تخصیص بودجه به بخش‌های مختلف و همچنین انتخاب گزینه بهینه برای آن پروژه انجام می‌شود.

۹-۴- هدف از اولویت‌بندی در سطح شبکه

هدف از اولویت‌بندی در سطح شبکه تخصیص بهینه اعتبارات برای پروژه‌های مختلف است، بنحوی که کل سیستم راه‌ها دارای حداکثر قابلیت خدمت‌دهی و بهره‌برداری باشند. در این سطح از اولویت‌بندی به جزئیات پروژه‌ها توجه نمی‌شود زیرا افق دید درازمدت است و هزینه‌ها در سطح کلان مطرح می‌شوند، لیکن محدودیت منابع در کل شبکه مدنظر قرار می‌گیرد. در این اولویت‌بندی مواردی نظیر وضعیت شبکه راه‌ها، جوابگو بودن راه‌ها برای ترافیک و بار وارده، بودجه مورد نیاز برای رسیدن به استانداردی تعریف شده در کل شبکه، حداکثر بهره‌دهی کل سیستم با سرمایه‌گذاری‌های مختلف، وضعیت شبکه در آینده (در صورت محدودیت بودجه)، سرمایه‌گذاری لازم در آینده (در صورت عدم سرمایه‌گذاری در حال حاضر) و همچنین سطح سرمایه‌گذاری با توجه به تحلیل حساسیت سرمایه‌گذاری در سطوح مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۹-۵- هدف از اولویت‌بندی در سطح پروژه

هدف از اولویت‌بندی در سطح پروژه انتخاب اقتصادی‌ترین گزینه انجام هر پروژه است. در این اولویت‌بندی جزئیات روش‌های اجرایی، هزینه‌ها، منابع مورد نیاز و محدودیت‌ها درنظر گرفته می‌شوند. ارزیابی پروژه با دقت و همراه با ثبت جزئیات صورت می‌گیرد. در این سطح به نیازهای پروژه مورد نظر توجه می‌شود و محدودیت‌های ناشی از وجود سایر پروژه‌ها در نظر گرفته نمی‌شوند. در این

omoorepeyman.ir

اولویت‌بندی مواردی نظیر اقتصادی‌ترین و مناسبترین گزینه تعمیر و مرمت برای هر پروژه، جوابگو بودن پروژه برای ترافیک و بار وارده، بودجه لازم برای رسیدن به استانداردی تعریف شده، حداکثر بازدهی برای سرمایه‌گذاری با بودجه محدود، سرمایه‌گذاری لازم در آینده (در صورت عدم سرمایه‌گذاری در حال حاضر) و میزان سرمایه‌گذاری با توجه به تحلیل حساسیت نسبت به تغییر میزان سرمایه‌گذاری مورد توجه قرار می‌گیرد.

برای اولویت‌بندی اقتصادی در سیستم روسازی راه ابتدا در سطح شبکه پروژه‌ها اولویت‌بندی شده و سپس تخصیص بودجه به هر پروژه با توجه به بودجه موجود صورت می‌گیرد. بعد از این مرحله با توجه به بودجه تخصیص یافته به هر پروژه انتخاب اقتصادی ترین گزینه انجام هر پروژه صورت می‌گیرد. عملیات انجام شده در سطح شبکه باید به اطلاع مدیریت شبکه برسد تا در برنامه‌ریزی‌های بعدی لحاظ شود. در یک تصمیم‌گیری بهینه تصمیم‌گیری‌های در سطح شبکه و پروژه لازم و ملزوم یکدیگر می‌باشند و در ارتباط مستقیم با یکدیگر قرار دارند.

۹-۶- برنامه‌ریزی برای سرمایه‌گذاری در شبکه راه‌ها

تخصیص بودجه به یک شبکه یا یک حوزه، تعیین اولویت‌ها و زمان‌بندی پروژه‌ها، فعالیت‌هایی هستند که در اکثر سازمان‌ها توسط سطوح بالای مدیریت که برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری‌ها را به عهده دارند انجام می‌شود. در هر سازمان مهندسین در زمینه ساخت، بیشتر به نیازهای در سطح پروژه و در زمینه نگهداری به ارزیابی نیازها در سطح شبکه می‌پردازند. در بخش ساخت روسازی‌ها با انجام مطالعات جامع حمل‌و نقل راه‌ها اطلاعات لازم کسب می‌شود و در بخش نگهداری ارزیابی دوره‌ای روسازی‌ها است که قسمت اصلی اطلاعات را در اختیار می‌گذارد.

در سطح پروژه ابتدا طرحهای مختلف به صورت تفصیلی تهیه و مقایسه اقتصادی گزینه‌های انجام هر پروژه منجر به انتخاب بهترین گزینه می‌شود ولی در سطح شبکه انتخاب اقتصادی‌ترین پروژه برای ساخت یا نوسازی بایستی با درنظر گرفتن کلیه گزینه‌های منتخب و با توجه به محدودیت‌های بودجه و دیگر محدودیت‌ها انجام شود. در نتیجه انجام بعضی از پروژه‌ها به تعویق می‌افتد و این موضوع لزوم یک برنامه اولویت‌بندی را برای انتخاب پروژه‌های خاص طی دوره برنامه‌ریزی شده (کوتاه مدت یا بلند مدت) ایجاب می‌کند.

۹-۷- پروژه‌های منتخب

با ارزیابی متناوب روسازی‌های موجود و انجام مطالعاتی که لزوم ایجاد راه‌های جدید را مشخص می‌کند می‌توان پروژه‌های نوسازی و بهسازی روسازی‌های موجود را تشخیص و سپس این پروژه‌ها را پروژه‌های منتخب نامید. با توجه به مشخصه‌های عملکردی روسازی‌های موجود پروژه‌هایی که یکی از مشخصه‌های عملکردی آنها کمتر از حدود قابل قبول باشد کاندید عملیات نگهداری می‌شوند. مشخصات عملکردی روسازی در واقع محصول ارزیابی روسازی‌ها هستند و وضعیت فعلی و آینده شبکه را معلوم می‌کنند. این مشخصات شامل کیفیت سواری‌دهی (راحتی رانندگی) و ایمنی که مستقیماً به استفاده‌کنندگان از راه مربوط می‌شود و ظرفیت سازه‌ای و خرابی که بطور غیرمستقیم به استفاده‌کنندگان از راه مربوط می‌شوند می‌باشد. حدود حداقل و حداکثر قابل قبول برای هر مشخصه لزوماً طی دوره طرح ثابت نبوده و بستگی به طبقه راه، نوع روسازی، بودجه موجود و میزان ترافیک دارند. در بسیاری

از کشورهای پیشرفته و در حال توسعه سازمان‌های مسئول راهسازی با درنظر گرفتن کلیه مشخصه‌ها و ضرایب اهمیت برای آنها یک درجه که نشان‌دهنده وضعیت کلی روسازی (PCI) باشد برای هر روسازی اختصاص می‌دهند سپس این روسازی ها را برحسب رتبه (درجه راه) طبقه‌بندی می‌کنند. این موضوع که طی دوره زمانی برنامه چند پروژه قابل اجرا باشد بستگی به محدودیت‌های بودجه دارد. پروژه‌هایی که در برنامه اول بودجه‌ای به آنها اختصاص نمی‌یابد به برنامه دوم محول می‌شوند و در واقع جزء پروژه‌های منتخب دوره بعد قرار می‌گیرند. چنانچه بودجه یک پروژه در برنامه اول تخصیص داده شود ولی زمان اجرای آن تا برنامه دوم طول بکشد طبیعتاً جزء برنامه‌ریزی برنامه دوم درنظر گرفته نمی‌شود زیرا بودجه آن در برنامه اول تخصیص داده شده و نیازی به تخصیص مجدد بودجه نیست.

۹-۸- فرضیات اولویت‌بندی و تحلیل اقتصادی

در تجزیه و تحلیل اقتصادی و به طبع آن اولویت‌بندی اقتصادی فرضیات زیر درنظر گرفته می‌شود:

۱- تحلیل اقتصادی تنها مبنای تصمیم‌گیری برای یک مدیر در سطح شبکه و پروژه می‌باشد و در آن به روش یا منبع تامین بودجه توجهی نمی‌شود [۲۸]. ملاحظات تامین بودجه ممکن است ایجاب کند که تعداد پروژه‌هایی که بایستی در طول برنامه در سطح شبکه اجرا شوند کاهش داده شوند و یا اینکه بودجه‌های تخصیص یافته به هر پروژه تقلیل یابد علی‌ایحال این موارد تاثیر چندانی بر تحلیل اقتصادی ندارند [۲۸].

۲- در تحلیل اقتصادی، باید تمامی گزینه‌های ممکن برای انجام یک پروژه در محدوده زمانی موردنظر در نظر گرفته شوند.

۳- تمام گزینه‌ها باید در یک دوره زمانی مقایسه شوند. این دوره زمانی باید طوری انتخاب شود که بتوان با اطمینان کافی عوامل مربوط به تحلیل اقتصادی را پیش‌بینی نمود. علاوه بر آن در هنگام تصمیم‌گیری بایستی توجه داشت که بعضی از برآوردها تخمینی است.

۴-در تحلیل اقتصادی باید سودها و هزینه‌های ساخت و نگهداری سازمان درنظرگرفته شود.

در گذشته در حوزه عمل روسازی تنها هزینه سرمایه‌گذاری و نگهداری مدنظر قرار می گرفت [۲۸]. و در واقع فرض بر آن بوده است که هزینه‌های مربوط به استفاده‌کنندگان از راه مستقل از سطح سرویس‌دهی و وضعیت روسازی است، درحالیکه هزینه‌های استفاده‌کنندگان روسازی ارتباطی مستقیم با وضعیت و سطح سرویس‌دهی روسازی دارد. در تحلیل اقتصادی می‌توان کاهش مستقیم هزینه‌ها را نوعی سود درنظر گرفت. پروژه‌هائی که به اهداف سیاسی اقتصادی کلان مملکت مربوط می‌شوند (مثلاً پروژه‌ای که یک کشور را به یک شبکه حمل‌و نقل مهم جهانی متصل می‌کند) در مقایسه با پروژه‌هایی که فاقد این اهداف هستند از اهمیت بیشتری برخوردار هستند. چنین پروژه‌هایی در اولویت‌بندی در اولویت‌های ویژه قرار می‌گیرند زیرا تجربه نشان داده است که از اینگونه پروژه‌ها سودهای مستقیم و غیرمستقیم فراوانی عاید می‌شود. در تحلیل سود- هزینه برای اینکه پروژه از نظر اقتصادی قابل توجیه باشد بایستی سودها از هزینه‌ها بیشتر باشد. در برنامه اولویت‌بندی باید یک قدم فراتر رفته و علاوه بر سودها و هزینه‌ها زمان سرمایه‌گذاری نیز مورد توجه قرار گیرد.

omoorepeyman.ir

۹-۹- روش‌های اولویت‌بندی

در تهیه برنامه‌های اولویت‌بندی ترمیم و بهسازی راه‌ها بعضی از سازمان‌ها تاکید بیشتری بر هزینه سرمایه‌گذاری اولیه ساخت دارند و بودجه موجود را حتی‌الامکان بین همه پروژه‌های در نظر گرفته شده توزیع می‌نمایند. در این سازمان‌ها معمولاً پروژه‌هائی که سرمایه‌گذاری اولیه بالاتری را نیاز دارند کمتر انتخاب می‌شوند حتی اگر فواید اقتصادی آنها بیشتر باشد. در بسیاری از سازمان‌ها فلسفه تدارک برنامه‌های اولویت‌بندی حفظ سرمایه است. البته اگر بودجه کافی برای نگهداری در نظر گرفته نشود روسازی‌ها رو به خرابی می‌گذارند به حدی که هزینه‌های سنگین ساخت مجدد یا تعمیرات اساسی به آنها تحمیل شود.

در تحلیل اقتصادی طبقه‌بندی روش‌ها برای تخصیص اولویت به پروژه‌ها به صورت زیر است [۲۹]:

۱- روش رتبه‌ای (Ranking Method)

۲- روش سود حداکثر (Benefit Maximization Method)

۳- روش هزینه حداقل (Cost Minimization Method)

۹-۹-۱- روش رتبه‌ای

این روش یکی از معمولترین روش‌های اولویت‌بندی است. اولویت‌بندی در این روش براساس معیارهای زیر صورت می‌گیرد:

الف) رتبه‌بندی براساس نظر منطقی و به صورت قضاوتی

ب) رتبه‌بندی براساس ارزش حال سود به هزینه سرمایه‌گذاری اولیه

ج) رتبه‌بندی به ترتیب نزولی نرخ برگشت سرمایه

در این روش پروژه‌هایی که دارای رتبه‌های پایین هستند هنگام کسر بودجه (در صورتیکه بودجه کافی وجود نداشته باشد) به سال‌های بعد موکول می‌شوند.

اشکال روش رتبه‌ای: در این روش سود پروژه‌هایی که زودتر از موعد اجرا شده اند و همچنین زیان پروژه‌هایی که دارای تاخیر زمانی بوده اند در نظر گرفته نمی‌شود. به عبارت دیگر تغییرات در سود و هزینه مربوط به زمان سرمایه‌گذاری در نظر گرفته نمی‌شوند. با وجود این اشکالات چنانچه تهیه برنامه اولویت‌بندی با قضاوت صحیح انجام شود رتبه‌بندی‌های انجام شده قابل اعتماد هستند و ممکن است نتایجی مشابه با دیگر روش‌های پیچیده اولویت‌بندی اقتصادی داشته باشند.

۹-۹-۲- روش سود حداکثر

این روش در دو مرحله اجرا می‌شود. نخست، بهترین زمان انجام پروژه در طول برنامه برای نیل به سود حداکثر محاسبه می‌شود و بعد هزینه‌های مربوط با بودجه تخصیصی هر سال مقایسه می‌شود. چنانچه بودجه کافی برای این زمان‌بندی موجود نباشد برنامه زمان‌بندی بنحوی تغییر می‌کند که کاهش سود ناشی از آن حداقل شود این مراحل به راحتی با یک برنامه‌ریزی خطی و به صورت یک بسته نرم افزاری قابل انجام است. این روش برای اولین بار در زمینه روسازی توسط وزارت حمل‌و نقل انتاریو کانادا استفاده شد [۲۸].

omoorepeyman.ir

۹-۹-۳- روش هزینه حداقل

این روش مشابه روش سود حداکثر است با این تفاوت که هدف به حداقل رساندن هزینه‌های سازمان شامل هزینه‌های احداث، تعمیر و نگهداری و بهره‌برداری است.

۹-۱۰- سودها و هزینه‌ها

هزینه‌ها به صورت زیر دسته‌بندی می‌شوند:

۱- هزینه‌های سازمانی که شامل:

الف) هزینه‌های اولیه ساخت روسازی و شانه‌ها

ب) هزینه‌های نوسازی یا بهسازی اساسی (روکش‌ها و ...)

ج) هزینه‌های جاری نگهداری

د) ارزش اسقاطی یا ارزش باقیمانده پروژه در انتهای دوره طرح (معادل یک هزینه منفی)

ه) هزینه‌های اداری و مهندسی

و) سرمایه‌گذاری‌ها

۲- هزینه‌های استفاده‌کنندگان از راه

الف) زمان سفر

ب) کارکرد وسیله نقلیه

ج) تصادفات

د) عدم راحتی

ه) زمان تاخیر و هزینه‌های اضافی وسایل نقلیه ناشی از مزاحمت عملیات نگهداری

سایر هزینه‌ها که فوقاً به آنها اشاره نشده است می‌تواند در نظر گرفته شود لیکن مواردی چون زیبایی مناظر، آلودگی هوا و آلودگی صوتی که به راحتی کمی نمی‌شوند، در قالب پارامترهای قضاوتی اثر داده می‌شوند.

۹-۱۰-۱- دوره زمانی تحلیل اقتصادی

این دوره زمانی همواره باید در حدی باشد که بتوان به پیش‌بینی‌های انجام شده مطمئن بود. برای مطالعات حمل‌و نقل زمان ۲۰ سال برای بزرگراه‌ها و آزادراه‌ها و زمانی کمتر برای سایر راه‌ها قابل قبول می‌باشد.

۹-۱۰-۲- نرخ تنزیل و نرخ بهره

برای ارزیابی هزینه‌های آینده در زمان حاضر از نرخ تنزیل (که موجب کاهش هزینه‌های آینده در ارزیابی‌های فعلی می‌شود) استفاده می‌شود که نباید با نرخ بهره که در واقع به قرض گرفتن پول مربوط است اشتباه شود. در مورد نرخ بهره نظرات گوناگونی مطرح است. عده‌ای معتقدند که در تحلیل اقتصادی پروژه‌هایی که بودجه آنها از محل مالیات‌های جاری تامین می‌شود نرخ بهره صفر

omoorepeyman.ir

است. عده‌ای نیز معتقدند که چنانچه برای توسعه راه‌ها وام گرفته شود نرخ بهره محاسباتی برابر نرخ بازپرداخت وام است و بسیاری بر این عقیده هستند که نرخ بهره باید نرخی باشد که نشاندهنده بازده مناسب برای پول سرمایه‌گذاری شده باشد. نرخ بهره در کشورهای مختلف مقادیر متفاوتی را داراست. در کشورهایی که حداقل نرخ بازده جذاب را تامین می‌کنند نرخ بهره بالایی (بالای ۱۰ درصد) در نظر گرفته می‌شود. معمولاً نرخ بهره از نرخ تنزیل بزرگتر است. گاهی نیز نرخ تنزیل با نرخ بهره مساوی می‌شود. نرخ تنزیل معمولاً بین ۳ تا ۱۲ درصد متغیر است [۲۹].

۹-۱۰-۳- تورم

پیش‌بینی تورم امری بسیار مشکل است و در نظر گرفتن آن نامعین بودن تحلیل اقتصادی را افزایش می‌دهد. تورم باعث می‌شود که تمایل به اجرای پروژه‌هائی که نیاز به سرمایه‌گذاری کلان و طویل‌المدت دارند از بین برود. بسیاری از سازمان‌ها تورم را مستقیماً در برنامه‌ریزی‌هایشان وارد نمی‌کنند [۲۹]. البته در شرایطی که مقدار تورم قابل پیش‌بینی است، بهتر است که اثر آن در نظر گرفته شود.

۹-۱۰-۴- ارزش اسقاطی

با توجه به‌اینکه مصالحی که در روسازی‌ها استفاده شده‌اند در روسازی‌های جدید نیز قابل استفاده هستند، در تحلیل‌های اقتصادی بهتر است که ارزش اسقاطی (ارزش باقیمانده) لحاظ شود زیرا که با توجه به روند کاهش منابع موجود، استفاده از مصالح روسازی‌های قبلی رواج خواهد یافت.

ارزش اسقاطی به چند عامل بستگی دارد که عبارتند از: حجم مصالح، محل قرارگیری مصالح، سن روسازی و کاربرد در نظر گرفته شده برای آن در آینده. برای انجام محاسبات، ارزش اسقاطی را به صورت درصدی از ارزش اولیه مصالح در نظر می‌گیرند [۲۹].

۹-۱۰-۵- تعیین ترافیک متوسط روزانه سالیانه (Annual Average Daily Traffic (AADT)) برای دوره تحلیل

برای محاسبه هزینه کل استفاده‌کنندگان از راه تعیین ترافیک متوسط روزانه سالیانه برای دوره تحلیل ضروری است. برای محاسبه AADT ابتدا طول دوره تحلیل و نرخ رشد ترافیک تعیین و سپس ترافیک هر سال که مورد نظر باشد محاسبه می‌شود. میانگین AADT سال اول و سال آخر را می‌توان به عنوان AADT متوسط در نظر گرفت [۳۰].

۹-۱۰-۶- طول عمر گزینه‌ها

عمر اقتصادی هر گزینه به دوره بهره‌برداری از روسازی که در آن دوره، روسازی به بازسازی نیاز نداشته باشد اطلاق می‌شود. در این دوره، روسازی فقط با نگهداری‌های جاری حفظ و قابل بهره‌برداری است. با افزایش عمر مفید روسازی ضریب برگشت سرمایه به نرخ بهره نزدیک می‌شود. در نرخ بهره‌های بالا این همگرایی سریع و در نرخ بهره‌های پایین کند است. عمر انتخابی گزینه‌ها به مشخصات فنی گزینه و شرایط بهره‌برداری از آن بستگی دارد، لیکن می‌توان براساس اصول تجربی نیز حدود عمر گزینه‌های مختلف را تخمین و بدست آورد. بعنوان مثال برای ساختارهای جریم راه، عملیات خاکی و ابنیه فنی راه که در معرض استهلاک کمتر هستند

عمری در حدود ۳۰ تا ۴۰ سال در نظر گرفته می‌شود. برای انواع مختلف روسازی‌ها عمر مفید متوسط مطابق جدول (۹-۱) پیشنهاد شده است [۳۱].

جدول (۹-۱): عمر مفید انواع روسازی

نوع روسازی	خاکی	شنی و سنگی	قیرپاشی شده	سطوح مخلوط قیری (h<۱۵cm)	سطوح مخلوط قیری (h>۱۵cm)	آسفالتی	بتنی
عمر متوسط (سال)	۴	۷۱۴	۱۲	۱۷	۱۷	۱۷	۲۵

۹-۱۱- روش‌های ارزیابی اقتصادی

انواع روش‌های ارزیابی اقتصادی عبارتند از[۲۹]:

۱- روش ارزش حال (Net Present Worth Method) برای: الف) هزینه ب) سود ج) سود خالص (سود منهای هزینه)

۲- روش هزینه سالیانه معادل یکنواخت (Equivalent Uniform Annual Cost Method)

۳- روش نرخ بازده (برگشت سرمایه) (Rate of Return Method)

۴- روش نسبت سود به هزینه (Benefit Cost Ratio Method)

۵-روش هزینه – کارآیی (Cost Effectiveness Method)

چنانچه هر یک از روش‌های ارزیابی اقتصادی فوق بطور مناسب و آنطوریکه شایسته آن‌ها است استفاده شوند به خوبی نشاندهنده اولویت هر گزینه از لحاظ اقتصادی به گزینه دیگر خواهند بود. البته هر یک از روش‌های فوق دارای نقاط ضعفهایی هستند که ذیلاً اشاره می‌شود:

۹-۱۱-۱- روش ارزش حال

در حال حاضر این روش در مطالعات حمل‌و نقل بطور گسترده‌ای استفاده می‌شود و برای ارزیابی اقتصادی روسازی نیز کاربرد دارد [۲۸]. در این روش از رابطه زیر برای محاسبه ارزش حال هزینه‌ها به کار می رود:

$$TPWC_{x_1,n} = ICC_{x_1} + \sum_{t=1\to n} PWF_{i,t}\left[CC_{x_1,t} + MC_{x_1,t} + UC_{x_1,t}\right] - SV_{x_1,n} \times PWF_{i,n} \qquad (۹-۱)$$

که در آن:

$TPWC_{x_1,n}$ = ارزش حال گزینه x_1 برای دوره تحلیل n ساله

ICC_{x_1} = هزینه‌های اولیه ساخت گزینه x_1

$CC_{x_1,t}$ = هزینه‌های ترمیم و مرمت x_1 در سال t ام $(t \le n)$

$PWF_{i,t}$ = ضریب ارزش حال برای t سال با فرض نرخ تنزیل $i = \frac{1}{(1+i)^t}$

omoorepeyman.ir

$MC_{x_i,t}$ = هزینه‌های نگهداری گزینه x_i در سال t ام

$UC_{x_i,t}$ = هزینه استفاده‌کنندگان از راه در گزینه x_i و سال t ام

$SV_{x_i,n}$ = ارزش اسقاطی x_i در پایان دوره تحلیل

در معادله فوق اکثر سازمان‌ها به دلیل کمبود اطلاعات و یا سیاست‌گذاری سازمان هزینه‌های مربوط به استفاده‌کنندگان از راه را در نظر نمی‌گیرند.

اداره کل بزرگراه‌های ایالتی در آمریکا ((Federal Highway Administration (FHWA) سالهاست که از رابطه فوق برای ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها و گزینه‌های مختلف در هر پروژه استفاده می‌کند [۳۲].

روش ارزش حال برای سودها به شرح زیر می‌باشد [۲۹]:

$$TPWB_{x_i,n} = \sum_{t=۰\to n} PWF_{i,t}.\left[DUB_{x_i,t} + IUB_{x_i,t} + NUB_{x_i,t}\right] \qquad (۹-۲)$$

که در این رابطه:

$TPWB_{x_i,n}$ = ارزش حال سودهای گزینه x_i در یک دوره طرح n ساله

$DUB_{x_i,t}$ = سودهای مستقیم استفاده‌کنندگان از اجرای گزینه x_i در سال t (صرفه‌جویی در هزینه کارکرد، زمان سفر، تصادفات و عدم راحتی)

$IUB_{x_i,t}$ = سودهای غیر مستقیم استفاده‌کنندگان از اجرای گزینه x_i در سال t

$NUB_{x_i,t}$ = سود افرادیکه از راه استفاده نمی‌کنند در سال t

چون کمی‌کردن سودهای غیر مستقیم و سود افرادیکه از راه استفاده نمی‌کنند بسیار مشکل است، معمولاً در رابطه فوق تنها سودهای مستقیم را در نظر می‌گیرند.

در هر یک از روش‌های ارزش حال، پس از محاسبه مقادیر ارزش حال گزینه‌های مختلف، مقادیر آن‌ها نسبت به هم مقایسه شده و آن گزینه‌ای که هزینه کمتر یا سود بیشتری دارد انتخاب می‌شود. از نقاط ضعف عمده‌این روش لزوم تساوی دوره تحلیل گزینه‌هاست.

۹-۱۱-۲- روش هزینه سالیانه یکنواخت معادل

در این روش هزینه‌های اولیه و جاری دوره تحلیل تلفیق شده و به صورت هزینه سالیانه معادل عنوان می‌شوند. در این روش برای محاسبه هزینه سالیانه معادل از رابطه زیر استفاده می‌شود[۲۹]:

$$AC = C_{rf}.(ICC) + AAMO + AAVC - C_{rf}.(SV) \qquad (۹-۳)$$

که در آن:

AC = هزینه سالیانه معادل یکنواخت گزینه x

C_{rf} = ضریب برگشت سرمایه با نرخ بهره i طی دوره تحلیل n ساله $\quad C_{rf} = \dfrac{i(۱+i)^n}{\left[(۱+i)^n - ۱\right]}$

ICC = هزینه سرمایه‌گذاری ساخت اولیه

$AAMO$ = هزینه عملیات جاری نگهداری سالیانه

$AAUC$ = هزینه سالیانه استفاده‌کنندگان از راه

omoorepeyman.ir

SV = ارزش اسقاطی

مزیت این روش بر سایر روش‌های ارزیابی اقتصادی سادگی و قابل درک بودن آن است. از نقاط ضعف این روش در نظر نگرفتن سود استفاده‌کنندگان از راه (کاهش هزینه آن‌ها) و تاثیر نسبتاً زیاد نرخ بهره بر نتایج حاصل از رابطه فوق می‌باشد زیرا که در نرخ بهره پایین پروژه‌های با سرمایه گذاری اولیه زیاد باصرفه‌ترین پروژه‌ها می‌شوند.

۹-۱۱-۳- روش نرخ بازگشت

در این روش نرخ تنزیلی که براساس آن سودها و هزینه‌های یک گزینه مساوی می‌شوند تعیین می‌گردد. این معادل‌سازی یا براساس ارزش حال سودها و هزینه‌ها و یا براساس معادل سالیانه سودها و هزینه‌ها انجام می‌شود. بدین ترتیب گزینه‌هایی که نرخ تنزیلی کمتر از حداقل نرخ برگشت جذاب سرمایه نشان دهند کنار گذاشته می‌شوند. روش نرخ برگشت با اولویت دادن به پروژه‌هایی که بیشترین نرخ برگشت را در مقابل حداقل بودجه هزینه شده دارند ارزیابی اقتصادی را انجام می‌دهد. یکی از امتیازات این روش عدم نیاز به پیش‌بینی نرخ تنزیل برای تحلیل اقتصادی گزینه‌هاست زیرا از نرخ تنزیلی که سودها و هزینه‌های یک گزینه را یکسان می‌کند استفاده می‌نماید.

۹-۱۱-۴- روش نسبت سود به هزینه

این روش نیز یکی از متداولترین روش‌های ارزیابی اقتصادی است که در آن نسبت تفاضل ارزش حال سود و هزینه به ارزش حال تفاضل هزینه‌های آن معیار انتخاب بهترین گزینه است. این روش توسط موسسه تحقیقاتی آشتو توصیه شده است که بر روی سودها تکیه زیادی دارد [۲۴].

۹-۱۱-۵- روش کارآیی- هزینه

این روش برای مقایسه گزینه‌هایی که فواید کیفی قابل توجهی دارند به کار می‌رود. در این روش صرفه‌جویی در هزینه‌های اضافی نوعی سود تلقی می‌شود و برای تعریف کارآیی عوامل قضاوتی نظیر شاخص وضعیت روسازی تعریف می‌شوند [۲۹].

۹-۱۲- اولویت‌بندی اقتصادی در ایران

۹-۱۲-۱- بررسی وضعیت موجود وزارت راه وترابری و نحوه تخصیص بودجه

در کشور ایران وزارت راه وترابری متولی امور راه‌ها و حمل‌و نقل می‌باشد. وظایف ساخت و نگهداری راه‌ها در وزارت راه و ترابری توسط دو معاونت ساخت و توسعه راه‌ها و همچنین معاونت راهداری و هماهنگی امور استان‌ها انجام می‌شود. معاونت ساخت و توسعه راه‌ها به کمک دفاتر راهسازی مناطق مختلف به امر طرح و ساخت راه‌های جدید می‌پردازد و فعالیت‌های مربوط به نگهداری و ترمیم و بهسازی راه‌ها در معاونت راهداری و هماهنگی امور استان‌ها انجام می‌شود.

omoorepeyman.ir

۹-۱۲-۲- سازمان راه‌داری کشور

معاونت راه‌داری و هماهنگی امور استان‌ها متولی امر راه‌داری و بهسازی راه‌ها و ابنیه فنی (شامل: پل‌ها، دیوارها و تونل‌ها) در سطح کشور می‌باشد که امور مربوطه را با کمک ۳ دفتر ستادی (دفتر هماهنگی امور راه‌داری و ماشین‌آلات، اداره کل ایمنی و حریم راه‌ها، اداره کل نگهداری راه و ابنیه فنی) در مرکز و ۲۹ اداره کل راه و ترابری در ۲۹ استان و ۲ شهرستان (بیرجند و لار) به انجام می رساند. راه‌های روستایی کشور تحت پوشش وزارت جهاد سازندگی قرار دارند.

از مجموعه فوق بخش راه و ترابری عهده دار نگهداری قسمتی از راه‌های حوزه استحفاظی یک اداره راه و ترابری شهرستان می‌باشد. در حال حاضر در کشور ۱۱۰ اداره راه و ترابری شهرستان و ۱۸۷ اداره راه و ترابری بخش به انجام امور مربوط به راه‌داری می پردازند [۶].

هر اداره راه و ترابری شهرستان مسئولیت تعمیر و نگهداری ۳۰۰ کیلومتر راه ((همسنگ)) راه اصلی با رویه آسفالت گرم واقع در دشت و در آب و هوای معتدل را به عهده دارد. برای انجام فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات در راه‌ها و بخصوص در مناطق کوهستانی پایگاه‌هایی به نام راه‌دارخانه ساخته شده اند که گروه‌های اجرایی، ماشین‌آلات و مصالح در آنها مستقر می‌باشند.

۹-۱۲-۳- راه همسنگ

به منظور توزیع یکنواخت بودجه، امکانات، نیروی انسانی و ماشین‌آلات در سطح ادارات راه و ترابری کشور ضرایبی به نام ضرایب راه همسنگ تعریف شده اند. این ضرایب انواع راه‌های تحت پوشش وزارت راه را با وجود طبقه‌بندی‌های مختلف به راه معادل یا راه همسنگ تبدیل می‌کنند.

راه همسنگ مبنا یک راه اصلی با رویه آسفالت گرم واقع در دشت و در محیط آب و هوایی معتدل گرم می‌باشد. این ضرایب در جداول (۹-۲) تا (۹-۵) آورده شده اند [۱۸و۳۳].

جدول (۹-۲): ضرایب همسنگی از نظر نوع راه

نوع راه	ضریب همستگی
آزادراه	۲/۷۵
بزرگراه	۱/۸۲
راه اصلی عریض	۱/۱۸
راه اصلی معمولی	۱
راه فرعی عریض	۰/۸۲
راه فرعی درجه ۱	۰/۷۳
راه فرعی درجه ۲ و دسترسی	۰/۶۴

omoorepeyman.ir

جدول (۹-۳): ضرایب همسنگی از نظر نوع سرزمین

نوع زمین	دشت	تپه ماهور	کوهستان
ضریب همسنگی	۱	۱/۲	۱/۶

جدول (۹-۴): تبدیل انواع آب و هوا به آب و هوای همسنگ

نوع آب و هوا	گرم و خشک	گرم و مرطوب	معتدل گرم	معتدل سرد	سردسیر
ضریب همبستگی	۱/۲	۱/۱۵	۱	۱/۰۵	۱/۳

جدول (۹-۵): ضرایب همسنگی از نظر انواع روکش‌ها

نوع رویه	شنی	آسفالت گرم	آسفالت سطحی	آسفالت سرد و میکس
ضریب	۱/۲	۱	۱/۰۵	۱/۱

۹-۱۲-۴- نحوه تامین اعتبار نگهداری راه‌ها

بودجه نگهداری راه‌ها در سه قسمت نگهداری و ایمن سازی، اجرای روکش‌های تقویتی و اعتبارات جاری و عمرانی ادارات کل تخصیص می‌یابد. براساس معیارهای بین‌المللی اعتباری که به امر نگهداری راه‌ها تعلق می‌گیرد معادل ۲ تا ۶ درصد ارزش روز راه‌ها می‌باشد[۶]. این درصد برحسب عمرمفید راه معین می‌گردد، این درصد معمولاً در سالهای اولیه بهره‌برداری معادل ۲ درصد و در پایان بهره‌برداری معادل۶ درصد می‌باشد. ارزش راه‌های ایران در سال ۱۳۷۵ بالغ بر ۱۵۰۰۰ میلیارد ریال برآورد شده است که به طور متوسط نیازمند ۴ ٪ بودجه تعمیرات یعنی ۶۰۰ میلیارد ریال بودجه سالیانه است. این مبلغ برای بودجه نگهداری و تعمیرات راه مورد نیاز است و شامل تعمیرات اساسی نمی‌شود. با توجه به محدودیت بودجه که معمولاً برای نگهداری راه‌ها در کشور وجود دارد درصد فوق برای تشریح ملاحظات اقتصادی معادل ۳ ٪ در نظر گرفته می‌شود زیرا که بودجه پیش‌بینی شده در سال ۱۳۷۶ برای نگهداری و ایمن سازی راه‌ها معادل ۵۸۰ میلیارد ریال بوده است که معادل درصد فوق می‌باشد.

در بخش اجرای روکش‌های تقویتی برنامه ادارات راه بدین صورت تدوین شده است که هر ۸ سال روکشی به ضخامت ۱۰ سانتیمتر به صورت سراسری هر یک از راه‌های اصلی را بپوشاند. بودجه پیش‌بینی شده در این بخش در بودجه سال ۱۳۷۶ نیز ۱۷۰ میلیارد ریال بوده است. ادارات کل راه و ترابری استان‌ها نیز در سال ۱۳۷۶ معادل ۲۹ میلیارد تومان جهت اعتبارات جاری و عمرانی جذب کرده اند [۹]. ارقام فوق در سال ۱۳۷۹ برای بهسازی و نوسازی راه‌های اصلی و فرعی کشور معادل ۶۳۰ میلیارد ریال و برای انجام روکش انواع راه‌ها معادل ۲۵۰ میلیارد ریال می‌باشند.

omoorepeyman.ir

۹-۱۲-۵- تحلیل وضعیت موجود و ارائه راه کارهای کلی

به دلیل عدم وجود فرهنگ نگهداری راه‌ها طی سالیان گذشته، این بخش در کشور ما با مشکلات زیادی روبرو بوده است. با توسعه روزافزون شبکه جاده‌ای کشور، هرساله بر میزان سرمایه‌ای که در بخش راه‌های کشور نهفته است افزوده می‌شود. با توجه به اینکه ارزش راه‌های موجود کشور در سال ۱۳۷۵ معادل ۱۵۰۰۰ میلیارد ریال برآورد شده است، لزوم ارتقاء وضعیت راه‌داری (که وظیفه‌اش حفظ این سرمایه کلان ملی است) آشکار می‌شود، بخصوص آنکه ترافیک راه‌ها روز به روز بیشتر و اضمحلال راه‌ها سریعتر خواهد شد.

عدم توجه به نگهداری راه‌ها، زیربنا و زیرسازی گران قیمت کیلومترها از راه‌های موجود در کشور را از بین برده است و موجب تبدیل هزینه‌های نگهداری به هزینه‌های سنگین نوسازی و بازسازی شده است. مسئله مهمتر افزایش هزینه‌های استفاده‌کنندگان از راه است که کاهش کیفیت و همچنین خرابی روسازی‌ها موجب افزایش مخارج خودروها خواهد شد که در مجموع هزینه گزافی را به استفاده‌کنندگان از راه تحمیل خواهد نمود.

۹-۱۲-۶- مشکلات موجود در سیستم نگهداری و ترمیم راه‌های ایران

در کشور ایران توزیع بودجه در بخش راه‌داری به روش راه‌های معادل همسنگ صورت می‌گیرد که برحسب برنامه اولویت‌بندی اقتصادی و نیاز واقعی پروژه‌ها در سطح شبکه و در سطح پروژه صورت نمی‌گیرد.

بودجه تخصیصی به راهداری با توجه به‌اینکه نگهداری شبکه راه‌ها، سالها است که مورد غفلت واقع شده است بایستی در سالهای آتی بیشتر شود تا بدین ترتیب بتوان کمبودهای گذشته را جبران و از انتقال روسازی‌های ضعیف شده به ناحیه بازسازی جلوگیری نمود.

کیفیت نامناسب عملیات ترمیمی انجام شده برای روسازی راه‌ها و کمبود نیروی انسانی ماهر و دوره دیده، دانش فنی، تجهیزات و مصالح مناسب در این بخش موجب بروز مشکلات فراوان شده است. مشکل دیگر در زمینه نگهداری راه‌ها کنترل عوامل مخرب راه‌ها می‌باشد. در حال حاضر کنترل وزن و تناژ وسایل نقلیه سنگین توسط پلیس راه با اعمال جریمه‌های سنگین در این زمینه برای وسایل نقلیه سنگین شخصی به خوبی اعمال می‌شود ولی این قانون برای وسایل نقلیه دولتی به خوبی صورت نمی‌گیرد. مسئله مهم دیگر کنترل فشار باد تایر وسایل نقلیه سنگین می‌باشد که دارای اثرات تخریبی زیادی بر روسازی است که در حال حاضر در شبکه راه‌ها صورت نمی‌گیرد.

در نهایت کمبود اعتبارات بزرگترین مشکل کشورهای در حال توسعه و منجمله ایران است. مسئله مهم در این زمینه تخصیص به موقع اعتبارات است که با استفاده از برنامه‌ریزی‌های اقتصادی – مهندسی می‌توان زمان تخصیص مناسب هر پروژه را تعیین نمود.

۹-۱۳- اولویت‌بندی در سطح شبکه

همانطور که قبلاً اشاره شد برنامه‌ریزی سیستم در دو سطح شبکه و پروژه صورت می‌گیرد. اصول اقتصادی به کار رفته در هر دو سطح یکسانند و تفاوت آنها فقط در پرداختن به جزئیات است. روشی که برای اولویت‌بندی اقتصادی در سطح شبکه برای روسازی راه‌های ایران ارائه می‌شود روشی مبتنی بر تحلیل سود – هزینه است که سود و هزینه دوره عمر هر پروژه را در نظر می‌گیرد و بر

مبنای سود خالص حداکثر هر پروژه اولویت‌بندی را انجام می‌دهد. در اینجا ضمن ارائه یک مثال نمونه اولویت‌بندی در سطح شبکه شرح داده می‌شود.

۹-۱۳-۱- روش پیشنهادی برای اولویت‌بندی اقتصادی در سطح شبکه

در روش پیشنهادی معیار اولویت‌بندی سود خالص حداکثر بدست آمده می‌باشد که برای آن از روش ارزش حال استفاده می‌شود. در روش ارزش حال نرخ تنزیل محاسباتی برای شرایط فعلی اقتصاد کشور ما که در آن نرخ تورم و نرخ بهره تقریباً یکسان می‌باشند (۲۰ تا ۲۵ درصد) صفر می‌شود. به عبارت دیگر بهره حاصل از سرمایه‌گذاری با کاهش ارزش سرمایه موجود (به دلیل تورم) تقریباً مساوی است. به همین دلیل سودها و هزینه‌ها بدون توجه به ارزش زمانی پول محاسبه می‌شوند. در این روش ابتدا باید فهرستی از پروژه‌هائی که نیاز به تعمیر و نگهداری در سطح شبکه دارند تهیه و سپس در محدوده زمانی مشخص زمان‌بندی انجام تعمیر و نگهداری پروژه‌ها صورت گیرد (معمولاً ۵ ساله). برای تعیین پروژه‌های با اولویت برتر می‌توان پروژه‌ها را به شرح زیر تقسیم نمود:

۱- **اولویت‌های ویژه:** در مواقعی که پروژه‌ای قسمتی از یک طرح بزرگ ملی و مهم کشور باشد و یا نقش حیاتی در اقتصاد کشور داشته باشد مانند راه‌های ترانزیتی و مرزی و یا نظامی از این اولویت برخوردار می‌شود.

۲- **اولویت‌های قضاوتی:** چنانچه نتوان برای پروژه‌ای سودها را به صورت کمی درآورد به این پروژه اولویت قضاوتی تعلق می‌گیرد.

۳- **اولویت‌های اقتصادی:** این اولویت‌ها براساس تجزیه و تحلیل و برآوردهای اقتصادی صورت می‌گیرند که بر اساس آن پروژه‌ای که دارای کمترین هزینه و یا بیشترین سود باشد دارای اولویت بالاتر خواهد بود.

۹-۱۳-۲- نحوه اولویت‌بندی

در اولویت‌بندی پس از تهیه فهرست پروژه‌های موجود جهت ترمیم و نگهداری راه‌ها، اولویت اول به پروژه‌های با اولویت ویژه داده می‌شود. پس از این پروژه‌ها پروژه‌هایی که دارای اولویت قضاوتی هستند انتخاب می‌شوند و در نهایت پروژه‌های با اولویت اقتصادی را با برآورد هزینه‌ها و روش‌های مشخص شده‌ای که ذکر می‌شوند اولویت‌بندی می‌کنیم.

۹-۱۳-۳- برآورد هزینه‌ها

الف – هزینه استفاده‌کنندگان از راه

این هزینه مهمترین هزینه در برآورد اقتصادی پروژه‌های ترمیم و نگهداری روسازی راه‌ها می‌باشد که از آن می‌توان برای موارد زیر استفاده نمود:

۱- مقایسه سیستم‌های مختلف حمل‌و نقل

۲- تعیین منافع استفاده‌کنندگان از راه

۳- کمک به روند تصمیم‌گیری در تعیین اولویت‌های توسعه راه

۴- کمک به مقایسه مسیرهای مختلف و ممکن برای یک راه

هزینه استفاده‌کنندگان از راه در سه دسته هزینه‌های وابسته به زمان، مسافت و سرعت به صورت زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

omoorepeyman.ir

۱- هزینه‌های وابسته به زمان که شامل فرسودگی، بیمه، مالیات، پارکینگ و ... می‌باشد.

۲- هزینه‌های وابسته به مسافت شامل: سوخت، روغن موتور، لاستیک، نگهداری و تعمیرات وسیله نقلیه و استهلاک است.

۳- هزینه‌های وابسته به سرعت شامل: ارزش زمانی سفر، مصرف سوخت، روغن موتور و لاستیک.

هزینه‌های وابسته به زمان تقریباً برای شرایط مختلف یک راه ثابت می‌باشند لیکن هزینه‌های وابسته به سرعت و مسافت در شرایط مختلف راه‌ها تغییرات زیادی دارند که به آنها پرداخته می‌شود.

۹-۱۳-۳-۱- هزینه سوخت وسایل نقلیه

مصرف سوخت بستگی به نوع، مدل، سن و سرعت وسیله نقلیه، میزان توقف و حرکت‌ها، شیب و بطورکلی طرح هندسی مسیر و نوع و وضعیت رویه راه‌ها دارد. طبق مطالعات موسسه (National Cooperative Highway Research Program (NCHRP)) در سرعت ۸۰ کیلومتر در ساعت، ضرایب افزایش سوخت وسایل‌نقلیه با تغییر وضعیت رویه به صورت جدول (۹-۶) می‌باشند:

جدول (۹-۶): ضرایب افزایش سوخت وسایل نقلیه در انواع وضعیت رویه [۱۸و۳۳]

نوع وسیله	رویه آسفالتی با وضعیت مناسب	رویه آسفالتی با خرابی‌های فراوان	رویه‌های شنی
اتومبیل	۱	۱/۵	۱/۷
کامیون	۱	۱/۲	۱/۷

میزان مصرف سوخت در سرعت‌های کارکرد مختلف برای انواع وسیله نقلیه درون شهری و برون شهری و درصدهای افزایش سوخت در این شرایط در جدول (۹-۷) نشان داده شده است. با توجه به جدول (۹-۷) مشخص می‌شود که به ازای هر کیلومتر بر ساعت افزایش سرعت وسایل‌نقلیه (در سرعت‌های بالاتر از ۶۰ کیلومتر در ساعت) تقریباً ۱٪ مصرف سوخت افزایش می‌یابد. میزان مصرف سوخت در شهرها به دلیل توقف و حرکت‌های پیاپی وسیله نقلیه تقریباً ۷۰٪ نسبت به حرکت روان وسایل نقلیه در سرعت ۹۰ کیلومتر در ساعت افزایش می‌یابد[۱۸]. با توجه به‌اینکه در راه‌های کشور اکثراً خودروهای ساخت داخل تردد دارند و با در نظر گرفتن دو اتومبیل پژو ۴۰۵ و پیکان بعنوان یکی از پرترددترین اتومبیل‌های راه‌های بین شهری از نتایج موجود برای این دو اتومبیل مطابق جدول (۹-۸) در برآورد مقدار مصرف سوخت و هزینه آن استفاده می‌شود.

omoorepeyman.ir

جدول (۹-۷): میزان مصرف سوخت در شرایط مختلف و مقایسه نسبی آن‌ها (لیتر در صد کیلومتر)

مشخصات وسائل نقلیه	۶۰ kph	۹۰ kph	۱۴۰ kph	شهر	خارج شهری	متوسط				
پیکان ۱۶۰۰	–	–	–	۱۳/۳	۱۰/۲	–	–	–	–	۳۰
پژو ۴۰۵	–	۵/۶	۷/۳	۹/۶	–	–	–	۳۰	۷۱	–
پراید	۳/۶	۴/۸	۶/۴	۷/۲	–	–	۳۳	۳۳	۵۰	–
اپل آسترا	۴/۳	۵/۳	۷	۸/۴	–	–	۲۳	۳۲	۵۸	–
سیتروئن ZX (۹۳)	–	۵/۹	۷/۳	۱۰/۴	–	–	–	۲۴	۷۶	–
دوو اسپرو	–	۵/۳	۶/۸	۱۱/۶	–	–	–	۲۸	۱۱۹	–
پژو ۲۰۵	–	۵/۲	۶/۹	۷/۹	–	–	–	۳۳	۵۲	–
پژو ۶۰۵	–	۶/۵	۸	۱۱/۶	–	–	–	۲۳	۷۸	–
پژو ۳۰۶	–	۵/۲	۶/۹	۷/۹	–	–	–	۳۳	۵۲	–
آئودی Tdi (۹۴)	–	۳/۸	۵/۲	۶/۲	–	–	–	۳۷	۶۳	–
میتسوبیشی گالانت	–	۵/۷	۷/۱	۹/۷	–	–	–	۲۵	۷۰	–
فولکس واگن گلف	–	۵/۸	۷/۳	۱۰/۳	–	–	–	۲۶	۷۸	–
هیوندای الانترا	–	۴/۹	۶/۷	۸/۸	–	–	–	۳۷	۸۰	–
رنو ۲۱	–	۶/۱	۷/۶	–	–	–	–	۲۵	–	–
شورلت-بیوک-کادیلاک	–	–	–	–	–	۱۵	–	–	–	–
بنز ۳۰۰(۶ سیلندر)	–	–	–	۱۷/۹	۱۱/۹	–	–	–	–	۵۰
میانگین	۴	۵/۴	۷	۱۰/۱	–	–	۲۸	۳۰	۷۱	–

* اعداد جدول مربوط به اتومبیلهای صفر کیلومتر میباشد.

جدول (۹-۸): مصرف سوخت اتوموبیلها در شرایط ایده آل

سرعت	۶۰Kph	۹۰Kph	۱۲۰Kph	در شهر	
مصرف در هر هزار کیلومتر در شرایط ایده آل	۵۵	۷۰	۹۰	۱۲۰	اتوموبیل نو
با افزایش ۲۰ ٪	۶۶	۸۴	۱۰۸	۱۴۴	اتوموبیل فرسوده

omoorepeyman.ir

با افزایش عمر وسایل نقلیه با توجه به مطالعات موسسه NCHRP [۱۸] در اینجا فرض بر آنستکه به مصرف سوخت اتوموبیل‌ها معادل ۲۰ درصد اضافه می‌شود. علاوه بر آن در این تحلیل فرض می‌شود که زمانیکه PCI از ۱۰۰ در بهترین وضعیت به صفر در بدترین وضعیت می رسد مصرف سوخت دو برابر خواهد شد. با این فرضیات و با استفاده از جدول (۹-۸) خواهیم داشت:

جدول (۹-۹): میزان مصرف میانگین سوخت اتوموبیل‌ها در راه‌های برون شهری (لیتر در هر ۱۰۰۰ کیلومتر)

PCI / سرعت کارکرد Kph	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰
۶۰	۱۲۵/۴	۱۱۸/۸	۱۱۲/۲	۱۰۵/۶	۹۹.	۹۲/۴	۸۵/۸	۷۹/۲	۷۲/۶	۶۶
۹۰	۱۵۹/۶	۱۵۱/۲	۱۴۲/۸	۱۳۴/۴	۱۲۶	۱۱۷/۶	۱۰۹/۲	۱۰۰/۸	۹۲/۴	۸۴
۱۲۰	۲۰۵/۲	۱۹۴/۴	۱۸۳/۶	۱۷۲/۸	۱۶۳	۱۵۱/۲	۱۴۰/۴	۱۲۹/۶	۱۱۸/۸	۱۰۸

با در نظر گرفتن قیمت سوخت کنونی برای هر لیتر ۳۸۵ ریال خواهیم داشت:

جدول (۹-۱۰): هزینه سوخت اتوموبیلها در راه‌های برون شهری (ریال در هر ۱۰۰۰ کیلومتر)

PCI / سرعت کارکرد Kph	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰
۶۰	۴۸۲۷۹	۴۵۷۳۸	۴۳۱۹۷	۴۰۶۵۶	۳۸۱۱۵	۳۵۵۷۴	۳۳۰۳۳	۳۰۴۹۲	۲۷۹۵۱	۲۵۴۱۰
۹۰	۶۱۴۴۶	۵۸۲۱۲	۵۴۹۷۸	۵۱۷۴۴	۴۸۵۱۰	۴۵۲۷۶	۴۲۰۴۲	۳۸۸۰۸	۳۵۵۷۴	۳۲۳۴۰
۱۲۰	۷۹۰۰۲	۷۴۸۴۴	۷۰۶۸۶	۶۶۵۲۸	۶۲۳۷۰	۵۸۲۱۲	۵۴۰۵۴	۴۹۸۹۶	۴۵۷۳۸	۴۱۵۸۰

مصرف سوخت برای کامیون‌ها نیز با درنظر گرفتن کامیون ایرانی از نوع بنز که بیشترین تردد را در مسیرهای کشور دارد تعیین می‌شود. بطور میانگین مصرف سوخت معادل ۳۵ لیتر گازوئیل در هر ۱۰۰ کیلومتر برای این نوع کامیون در نظر گرفته می‌شود. علاوه بر آن سرعت کارکرد کامیون‌ها نیز بطور متوسط ۷۰ کیلومتر در ساعت در نظر گرفته می‌شود. اثر وضعیت رویه بر روی مصرف سوخت کامیون‌ها در مقایسه با اتوموبیل‌های سواری کمتر و معادل ۱/۷ برابر فرض می‌شود. بدین ترتیب نتیجه می‌شود:

omoorepeyman.ir

جدول (۹-۱۱): میزان مصرف گازوئیل کامیون‌ها در راه‌های برون شهری (لیتر در هر ۱۰۰۰ کیلومتر)

PCI	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰
مصرف سوخت	۴۷۰	۴۵۰	۴۳۰	۴۱۰	۳۹۰	۳۷۰	۳۵۰	۳۳۰	۳۱۰	۲۸۹

با احتساب نفت گاز و نفت سفید لیتری ۱۰۰ ریال داریم:

جدول (۹-۱۲): هزینه مصرف گازوئیل کامیون‌ها در راه‌های برون شهری برای سرعت ۷۰ کیلومتر در ساعت

PCI	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰
مصرف سوخت	۴۷۰۰۰	۴۵۰۰۰	۴۳۰۰۰	۴۱۰۰۰	۳۹۰۰۰	۳۷۰۰۰	۳۵۰۰۰	۳۳۰۰۰	۳۱۰۰۰	۲۸۹۰۰

با تلفیق دو هزینه بدست آمده برای اتوموبیل‌ها و کامیون‌ها و در نظر گرفتن درصد ترکیب ترافیک (تقریباً ۴۰ درصد برای کامیون‌ها و ۶۰ درصد برای اتوموبیل‌ها) که لازم است این درصد از مطالعات ترافیکی صورت گرفته برای هر مسیر بدست آید، جدول هزینه سوخت وسایل نقلیه به صورت زیر بدست می‌آید:

جدول (۹-۱۳): هزینه سوخت وسایل نقلیه در راه‌های برون شهری (ریال درهر ۱۰۰۰کیلومتر)

PCI / سرعت کارکرد Kph	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰
۶۰	۴۵۰۸۲	۴۲۸۷۱	۴۰۶۶۱	۳۸۴۵۱	۳۶۲۴۰	۳۴۰۳۰	۳۱۸۲۰	۲۹۶۰۹	۲۷۳۹۹	۲۵۱۵۵
۹۰	۶۵۰۰۲	۵۸۰۷۰	۵۵۱۰۱	۵۲۱۳۲	۴۹۱۶۳	۴۶۱۹۴	۴۳۲۲۵	۴۰۲۵۶	۳۷۲۸۷	۳۴۲۶۷
۱۲۰	۷۹۶۳۰	۷۵۷۶۴	۷۱۸۹۷	۶۸۰۳۱	۶۴۱۶۵	۶۰۲۹۹	۵۶۴۳۲	۵۲۵۶۶	۴۸۷۰۰	۴۴۷۶۵

۹-۱۳-۳-۱- هزینه روغن موتور

سرعت سفر و نوع رویه در مصرف روغن تاثیر زیادی دارند. با افزایش سرعت و ناهمواری رویه مصرف روغن افزایش می‌یابد. طبق آمارهای موجود دارندگان اتوموبیل پیکان پس از هر ۳۰۰۰ کیلومتر ۴ لیتر روغن تعویض می‌نمایند و اکثراً نیز از روغن الوند استفاده می‌نمایند که با احتساب روغن چهار لیتری به قیمت ۹۰۰۰ ریال هر اتوموبیل پیکان ۱/۳۳ لیتر روغن و هر اتوموبیل پژو ۴۰۵ به دلیل سرعت بیشتر وسیله نقلیه و اثر افزایشی آن بر مصرف روغن موتور به طور میانگین ۱/۸ لیتر روغن را در هر هزار کیلومتر مصرف می‌نمایند. هر کامیون نیز بطور متوسط برای کارتل، هواکش و روغن کاری‌ها ۱۰ لیتر روغن به قیمت لیتری ۱۵۵۰ ریال

omoorepeyman.ir

مصرف می‌نماید. با در نظر گرفتن این عوامل هزینه مصرف روغن موتور وسایل نقلیه در راه‌های برون شهری به صورت زیر بدست می‌آید:

جدول (۹-۱۴): هزینه مصرف روغن موتور وسایل نقلیه در راه‌های برون شهری (ریال درهر ۱۰۰۰کیلومتر)

سرعت کارکرد	۶۰Kph	۹۰Kph	۱۲۰Kph
هزینه روغن موتور	۸۷۹۰	۹۷۹۰	۱۰۷۶۰

۹-۱۳-۳-۲- هزینه لاستیک

فرسایش لاستیک با افزایش سرعت شدیداً افزایش می‌یابد. فرسایش لاستیک در سرعت ۹۰ کیلومتر در ساعت حدوداً سه برابر فرسایش لاستیک در سرعت ۵۰ کیلومتر در ساعت است. فرسایش لاستیک در عملکرد آزاد ترافیک ۹۰ درصد حالت عادی و در ترافیک متراکم ۱۲۵ درصد حالت عادی است. حرکت‌های همراه با توقف‌های فراوان فرسایش لاستیک را تا ۷ برابر حالت عادی افزایش می‌دهد. طبق مطالعات آشتو با افزایش از ۳ تا ۹ درصد شیب فرسایش از ۱۵ تا ۱۰۰ درصد افزایش می‌یابد [۱۸]. در قوس‌هایی که دور مناسب ندارند مثلاً در قوسی که ضریب اصطکاک جانبی ۱۵ درصد لازم است فرسایش لاستیک ۲ تا ۳ برابر می‌شود. طبق تحقیقات انجام شده توسط NCHRP بر اثر خرابی رویه‌ها استهلاک لاستیک ۲ تا ۲/۵ برابر می‌شود [۱۸].

طبق آمارهای موجود دارندگان وسیله نقلیه از نوع پیکان در شرایط میانگین در هر ۱۰۰۰ کیلومتر تقریباً ۲۴۰۰۰ ریال هزینه لاستیک می‌کنند و دارندگان وسیله نقلیه از نوع پژو ۴۰۵ نیز در هر ۱۰۰۰ کیلومتر ۱۰۰۰۰ ریال هزینه لاستیک دارند. دارندگان وسایل نقلیه سنگین نیز در هر ۲۶۰۰۰ کیلومتر یک جفت لاستیک از دست می‌دهند که ۲۵۰۰۰۰۰ ریال قیمت دارد [۱۸ و۳۴]. با توجه به ترکیب ترافیک در نظر گرفته شده هزینه استهلاک لاستیک وسایل‌نقلیه به صورت زیر بدست می‌آید:

جدول(۹-۱۵): هزینه استهلاک لاستیک وسایل نقلیه (ریال در هر ۱۰۰۰ کیلومتر)

PCI / سرعت‌کارکرد Kph	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰
۶۰	۱۸۶۷۵	۱۷۶۹۲	۱۶۷۰۹	۱۵۷۲۶	۱۴۷۴۴	۱۳۷۶۱	۱۲۷۷۷	۱۱۷۹۴	۱۰۸۱۱	۹۸۲۹
۹۰	۲۸۰۱۴	۲۶۵۳۹	۲۵۰۶۵	۲۳۵۹۰	۲۲۱۱۶	۲۰۶۴۲	۱۹۱۶۷	۱۷۶۹۳	۱۶۲۱۸	۱۴۷۴۴
۱۲۰	۳۷۳۵۰	۳۵۳۸۴	۳۳۴۱۹	۳۱۴۵۳	۲۹۴۸۷	۲۷۵۲۱	۲۵۵۵۵	۲۳۵۹۰	۲۱۶۲۴	۱۹۶۵۸

۹-۱۳-۳-۳- هزینه تعمیر و نگهداری

طبق آمار اخذ شده در سال ۱۳۷۵ دارندگان اتومبیل پیکان برای تعمیر و نگهداری وسیله نقلیه بطور متوسط در هر هزار کیلومتر ۳۸۴۶۱ ریال هزینه می‌کنند که بیشتر ناشی از تعویض قطعات و رفع نقص لوازم برقی و جلوبندی است که با افزایش

ناهواری‌ها شدیداً افزایش می‌یابد. دارندگان اتومبیل پژو ۴۰۵ نیز در هر هزار کیلومتر ۳۰۲۳۳ ریال هزینه می‌کنند که دلیل کاهش آن کیفیت بهتر این وسیله نسبت به پیکان است. دارندگان وسایل‌نقلیه سنگین نیز هر ساله دینام، استارت، تسمه پروانه، گیربکس و واسکازین گیربکس، کاسه نمد و اورینگ، انواع فیلتر، لنت ترمز، ضدیخ و هر دوسال ترموستات، اگزوز، لوله‌های آب، واترپمپ، یاتاقان، رینگ و باطری و هر سه سال سوپاپ، گریس و واسکازین دیفرانسیل و هر چهار سال پیستون و رادیاتور وسیله خود را تعویض می‌کنند که بدین ترتیب در هر هزار کیلومتر ۴۰۳۵۶ ریال هزینه می‌کنند. در کل می‌توان با درنظر گرفتن درصد متوسط وسایل نقلیه سبک و سنگین تردد کننده در راه‌های کشور در PCI=۶۰ بطور متوسط ۳۷۵۴۰ ریال هزینه نگهداری وسایل نقلیه را در هر هزار کیلومتر لحاظ کرد. طبق آمار موجود در سال ۱۳۷۵ و با در نظر گرفتن رشد در حدود ۱/۵ برابر قیمت‌های لوازم یدکی و هزینه تعمیر و نگهداری نتیجه می‌شود:

جدول (۹-۱۶): هزینه تعمیر و نگهداری وسایل نقلیه (ریال در هر ۱۰۰۰ کیلومتر)

PCI / سرعت کارکرد Kph	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰
۶۰	۱۵۷۶۶۸	۱۳۵۱۴۴	۱۱۲۶۲۰	۶۷۵۷۲	۴۹۵۵۳	۴۵۰۴۸	۴۰۵۴۴	۳۶۰۳۹	۳۱۵۳۳	۲۷۰۲۹
۹۰	۱۹۷۰۸۵	۱۶۸۹۳۰	۱۴۰۷۷۵	۸۴۴۶۵	۶۱۹۴۱	۵۶۳۱۰	۵۰۶۷۹	۴۵۰۴۸	۳۹۴۱۷	۳۳۷۸۶
۱۲۰	۲۳۶۵۰۲	۲۰۲۷۱۶	۱۶۸۹۳۰	۱۰۱۳۵۸	۷۴۳۳۰	۶۷۵۷۲	۶۰۸۱۵	۵۴۰۵۷	۴۷۳۰۱	۴۰۵۴۴

با در نظر گرفتن همه هزینه‌های فوق مقادیر مطلق و نسبی برای هزینه کارکرد وسایل نقلیه برون شهری به صورت زیر ارائه می‌شوند:

جدول (۹-۱۷): مقایسه اجزای هزینه کارکرد وسایل نقلیه در PCI = ۶۰ و سرعت ۹۰ کیلومتر در ساعت

	سوخت	روغن	لاستیک	نگهداری
ریال در هزار کیلومتر	۴۶۱۹۴	۹۷۹۰	۲۰۶۴۲	۵۶۳۱۰
مقادیر نسبی	۱	۰/۲۱	۰/۴۵	۱/۲۲

در نهایت به مجموع هزینه‌های کارکرد (سوخت + روغن موتور + هزینه لاستیک + هزینه تعمیر و نگهداری) به صورت زیر نتیجه می‌شود:

omoorepeyman.ir

جدول (۹-۱۸): هزینه کارکرد وسایل نقلیه در راه‌های برون شهری (ریال در هر ۱۰۰۰ کیلومتر)

PCI / سرعت کارکرد Kph	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰
۶۰	۲۳۰۲۱۵	۲۰۴۴۹۷	۱۷۸۷۸۰	۱۳۰۵۳۹	۱۰۹۳۲۷	۱۰۱۶۲۹	۹۳۹۳۱	۸۶۲۳۲	۷۸۵۳۳	۷۰۸۰۳
۹۰	۲۹۹۸۹۱	۲۶۳۳۲۹	۲۳۰۷۳۱	۱۶۹۹۷۷	۱۴۳۰۱۰	۱۳۲۹۳۶	۱۲۲۸۶۱	۱۱۲۷۸۷	۱۰۲۷۱۲	۹۲۵۸۷
۱۲۰	۳۶۴۴۲۱	۳۲۴۶۲۴	۲۸۵۰۰۶	۲۱۱۶۰۲	۱۷۸۷۴۲	۱۶۶۱۵۲	۱۵۳۵۶۲	۱۴۰۹۷۳	۱۲۸۳۸۵	۱۱۵۷۲۷

۹-۱۴- مثال نمونه برای روش اولویت‌بندی در سطح شبکه

مثالی که در جدول (۹-۱۹) نشان داده شده است فقط جنبه راهنما داشته و به منظور تشریح مراحل اولویت‌بندی در سطح شبکه برای سرمایه‌گذاری در سطح شبکه برای سیستم مدیریت روسازی ارائه شده است. در این جدول با توجه به بودجه موجود و اولویت‌بندی صورت گرفته تعدادی از پروژه‌های مورد نظر قابل اجرا بوده و پروژه‌هایی که بودجه کافی برای آن‌ها وجود ندارد به سال بعد موکول می‌شوند. بدلیل افت وضعیت روسازی بر اثر مرور زمان در سال بعدی نیز سود حاصل از اجرای این پروژه‌ها باید محاسبه شود. معمولاً پروژه‌های به تعویق افتاده در سال بعد دارای اولویت بالاتری هستند.

در مثال زیر سه نوع اولویت به کار رفته است:

۱- اولویت‌هایی که بر اساس صرفه‌جویی خالص استفاده‌کنندگان از راه در نظر گرفته شده اند (پروژه‌های با کد ۱۰۰ و ۱۳ در جدول (۹-۱۹)).

۲- اولویت‌های ویژه (پروژه با کد ۲۸).

۳- اولویت‌هایی که براساس قضاوت مهندسی در نظر گرفته‌اند. سود اینگونه پروژه‌ها کمی نمی‌شوند (پروژه با کد ۹۷).

در مورد اولویت‌بندی براساس عوامل (فاکتورهای) اقتصادی، بعضی سازمان‌ها فقط هزینه‌ها را ملاک اولویت‌بندی قرار می‌دهند، در حالیکه اگر محاسبات بر پایه صرفه‌جویی استفاده‌کنندگان انجام شود حتی اگر اطلاعات موجود کامل نباشد، این روش مبنای منطقی تری برای اولویت‌بندی ارائه می‌نماید.

omoorepeyman.ir

جدول (۹-۱۹): مثال روش اولویت‌بندی پیشن‌هادی

کد پروژه	۱۰۰	۱۳	۲۸	۹۷	۳۳	۲۲
نوع راه	آزادراه	بزرگراه	اصلی معمولی	اصلی عریض	فرعی عریض	فرعی درجه۱
طول (km)	۱۴	۱۶	۱۴	۱۰	۸	۱۳
حد سرعت(km)	۱۲۰	۱۰۰	۹۰	۹۰	۸۰	۸۰
زمان ساخت AADT	۱۰۰۰۰	۵۰۰۰	–	۳۵۰۰	۳۰۰۰	۲۲۰۰
پایان عمر سرویس‌دهی AADT	۲۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۸۵۰۰	۴۵۰۰	۵۰۰۰	۳۸۰۰
PCI قبل از نوسازی	۵۲	۴۸	–	۶۵	۵۰	۶۰
سیاست نوسازی	روکش cm ۹	روکش cm ۸	روسازی جدید	سیل کت	روکش cm ۴	درزگیری و وصله‌کاری
عمر سرویس(سال)	۱۲	۱۰	۱۴	۴	۷	۳
PCI پس از نوسازی	۹۰	۹۰	۹۷	۷۵	۸۰	۷۰
هزینه سرمایه‌گذاری(هزارریال)	۱۶۵۵۶۴۰	۱۱۲۱۲۸۰	۱۲۲۶۰۰۰	۳۰۰۰۰	۱۴۰۱۶۰	۷۷۰۰
هزینه نگهداری کل(هزارریال)	۱۱۰۳۷۶	۴۶۷۲۰	–	–	۹۷۵۰	–
هزینه متوسط سالیانه(هزارریال بر کیلومتر)	۱۰۵۱۲	۷۳۰۰	–	–	۱۴۴۱	۱۹۷
سود متوسط سالیانه(هزارریال بر کیلومتر)	۳۲۳۱۹	۲۳۸۱۴	–	–	۹۵۲۶	۶۲۹۸
سود خالص سالیانه (هزارریال بر کیلومتر)	۳۰۶۰۵	۲۲۶۴۲	–	–	۹۲۹۰	۶۱۰۱
اولویت‌ها	اقتصادی	اقتصادی	ویژه	قضاوتی	اقتصادی	اقتصادی
رتبه	۳	۴	۱	۲	۵	۶

۹-۱۴-۱- مبانی محاسباتی مثال ذکر شده

بر اساس آمار ترافیک مفروض که در جدول (۹-۱۹) منعکس شده است، وضعیت روسازی (PCI) قبل از عملیات نوسازی با انجام ارزیابی و با استفاده از نمودارهای (۹-۴) تا (۹-۹) بدست می‌آید. نمودارهای (۹-۴) تا (۹-۶) رابطه بین هزینه کارکرد کل وسایل نقلیه با PCI در سرعت‌های کارکرد مختلف وسایل نقلیه را نشان می‌دهند. این نمودارها برای تعیین هزینه کارکرد کل وسایل‌نقلیه از روی PCI میانگین حاصل پس از انجام عملیات تعمیر و نگهداری، در سرعت‌های کارکرد مورد نظر مورد استفاده قرار می‌گیرند. از روی نمودارهای فوق می‌توان برای انواع راه‌ها با توجه به مقدار افزایش هزینه کارکرد کل وسایل نقلیه، محدوده تقریبی PCI لازم برای انجام عملیات تعمیر و نگهداری را مشخص نمود. هرچه مقدار PCI از ۱۰۰ (در بهترین وضعیت) به صفر (بدترین حالت ممکن) تغییر کند هزینه کارکرد کل وسایل نقلیه افزایش پیدا خواهد کرد. باید توجه داشت که‌این افزایش در قسمتی از نمودار شدت پیدا می‌کند که‌این محدوده به عنوان PCI مورد نظر برای انجام عملیات تعمیر و نگهداری باید مدنظر قرار گیرد. شاخص PCI پس از نوسازی بر مبنای تجربیات گذشته برآورد می‌شود، لیکن برای این مثال کاربردی استراتژی‌های تعمیر و مرمت ذکر شده برآوردی هستند (مثلاً روکش ۹ سانتیمتری پروژه با کد ۱۰۰ را می‌توان ۸ یا ۱۰ سانتیمتر در نظر گرفت. عمر سرویس‌دهی اولیه نیز بطور تقریبی در نظر گرفته شده است. مثلاً در پروژه با کد ۱۳ پس از طرح تفصیلی در سطح پروژه شاید روکش ۷ سانتیمتری با عمر خدمت

omoorepeyman.ir

دهی اولیه ۹ سال بهترین انتخاب شود، در این صورت هزینه متوسط سالیانه و صرفه‌جویی‌های استفاده‌کنندگان تغییر می‌کنند. این تغییرات گاهی رتبه پروژه‌ها و برنامه اولویت‌بندی را نیز تغییر می‌دهند).

هزینه‌های نگهداری برای تمام عمر بهره‌برداری اولیه روسازی ارائه شده اند. مثلاً در پروژه با کد ۱۳ هزینه ساخت ۱۶ کیلومتر روکش ۱،۱۲۱،۲۸۰،۰۰۰ ریال و هزینه نگهدار ی برای ۱۰ سال عمر بهره‌برداری اولیه ۴۶،۷۲۰،۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است. هزینه کل سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه کل نگهداری با هم جمع شده و بر مسافت و تعداد سال‌ها تقسیم می‌گردند و به‌این ترتیب هزینه متوسط سالیانه طی عمر سرویس طرح بدست می‌آید. در پروژه با کد ۱۳ هزینه کل برابر با ۱،۱۶۸،۰۰۰،۰۰۰ ریال می‌شود که هزینه متوسطی معادل ۷۳،۰۰۰،۰۰۰ (۱،۱۶۸،۰۰۰،۰۰۰/۱۶×۱۰) ریال بر کیلومتر در هر سال بدست می‌آید. مبنای محاسبه سود سالیانه استفاده‌کنندگان از راه، رابطه بین هزینه کارکرد وسایل نقلیه و اندیس وضعیت روسازی در سرعت‌های مختلف بر اساس جدول (۹-۲۰) می‌باشد که ذیلاً تشریح می‌شود:

بعنوان مثال قطعه‌ای از روسازی با اندیس وضعیت ۴۲ و حد سرعت ۹۰ کیلومتر بر ساعت و AADT برابر با ۳۰۰۰ را که برای انجام روکش انتخاب شده است در نظر بگیرید. اگر عمر بهره‌برداری از روکش برابر ۱۰ سال فرض شود (یعنی ۱۰ سال دیگر سطح PCI به ۴۲ نزول کند) و PCI پس از انجام روکش ۹۰ بشود، در نتیجه PCI متوسط در این ۱۰ سال معادل ۶۶=۴۲+۲/(۴۲-۹۰) می‌شود. در صورت عدم اجرای روکش نیز PCI میانگین طی ۱۰ سال آینده برابر با ۳۲ (با فرض کاهش ۱ واحد PCI در هر سال)

جدول (۲۰-۹) : راهنمای انتخاب سرعت متوسط عملکرد در جریان آزاد ترافیک در سطوح مختلف PCI

PCI /سرعت مجاز(kph)	۸۰	۹۰	۹۵	۱۰۵	۱۱۵
۱۰-۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰
۲۰-۱۱	۶۸	۶۸	۶۸	۶۸	۶۸
۳۰-۲۱	۷۴	۷۷	۸۰	۸۰	۸۰
۴۰-۳۱	۷۷	۸۵	۹۰	۹۲	۹۳
۵۰-۴۱	۸۰	۹۰	۹۳	۱۰۰	۱۰۵
۶۰-۵۱	۸۰	۹۰	۹۵	۱۰۵	۱۰۹
۷۰-۶۱	۸۰	۹۰	۹۵	۱۰۵	۱۱۵
۸۰-۷۱	۸۰	۹۰	۹۵	۱۰۵	۱۱۵
۹۰-۸۱	۸۰	۹۰	۹۵	۱۰۵	۱۱۵
۱۰۰-۹۱	۸۰	۹۰	۹۵	۱۰۵	۱۱۵

omoorepeyman.ir

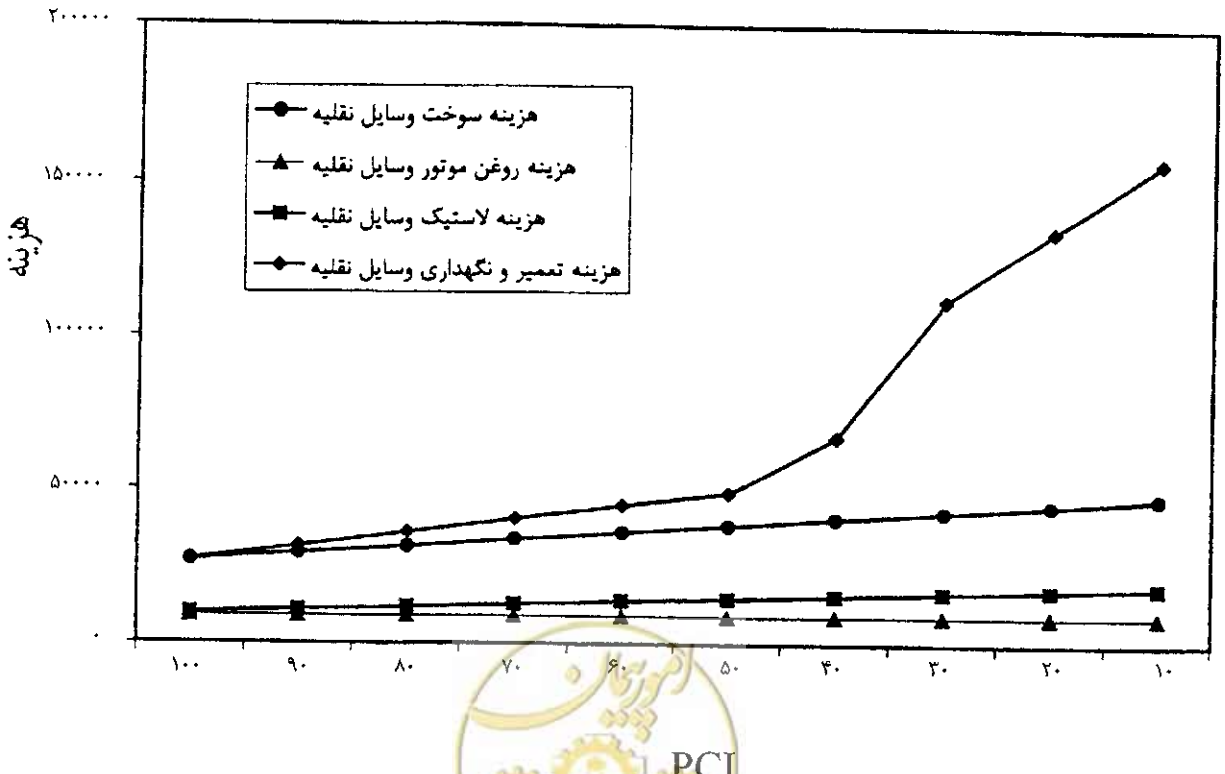
برآورد می‌شود. سرعت متوسط عملکرد وسیله نقلیه نیز با کاهش PCI به شرح جدول (۹-۲۰) تغییر می‌کند. با توجه به جدول (۹-۲۰) و درونیابی متوسط هزینه کارکرد هر وسیله و اختلاف هزینه کارکرد وسیله نقلیه در صورت انجام روکش و عدم انجام آن به صورت جدول (۹-۲۱) بدست می‌آید:

جدول (۹-۲۱) محاسبه سود متوسط استفاده‌کنندگان در اثر عملیات نوسازی

PCI	متوسط سرعت عملکرد	متوسط هزینه کارکرد هر وسیله (از جدول ۹-۱۸)
۳۲	۸۵ (کیلومتر در ساعت)	۲۱۰۳۳۹ ریال در هر ۱۰۰۰ کیلومتر
۶۶	۹۰ (کیلومتر در ساعت)	۱۲۶۸۹۱ ریال در هر ۱۰۰۰ کیلومتر

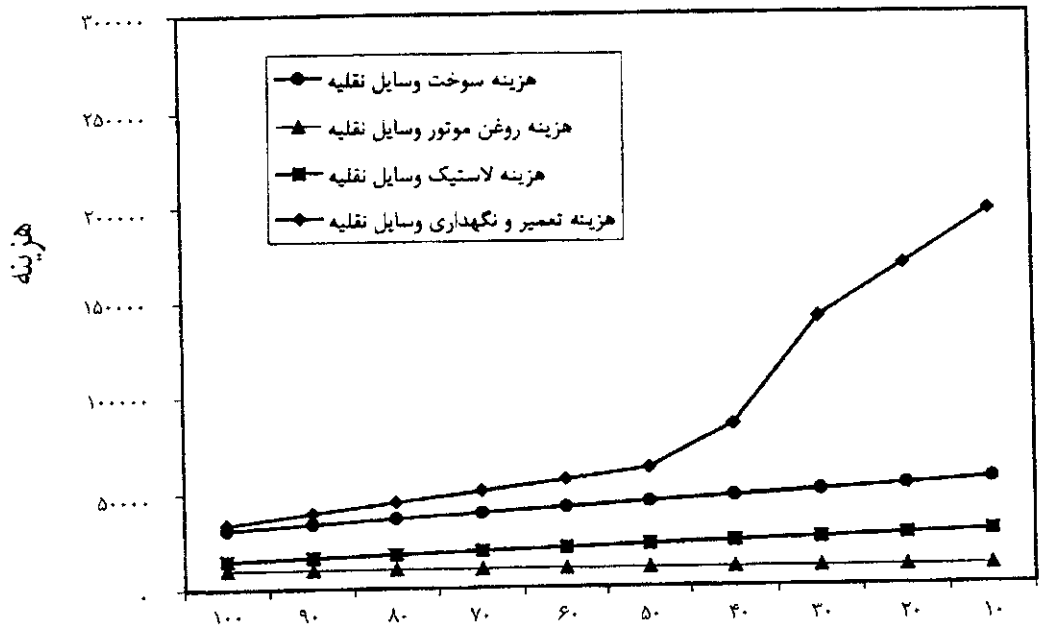
سود متوسط هر استفاده کننده ناشی از ارتقاء سطح PCI با انجام روکش = ۸۳۴۴۸ ریال در هر ۱۰۰۰ کیلومتر

اگر AADT در انت‌های سال دهم به ۴۰۰۰ برسد، AADT متوسط طی این ۱۰ سال معادل ۳۵۰۰ خواهد شد. در نتیجه متوسط صرفه‌جویی استفاده‌کنندگان در هر سال برابر با (۱۰۶۶۰۴۸۲۰= ۳۶۵×۳۵۰۰×۸۳۴۴۸/۱۰۰۰) ریال بر کیلومتر می‌شود. چنانچه هزینه متوسط سالیانه ساخت و نگهداری از سود متوسط سالیانه استفاده‌کنندگان کسر شود، سود خالص استفاده‌کنندگان در سال بدست می‌آید که موارد مشابه در ستون ماقبل آخر جدول (۹-۱۹) منعکس شده است.

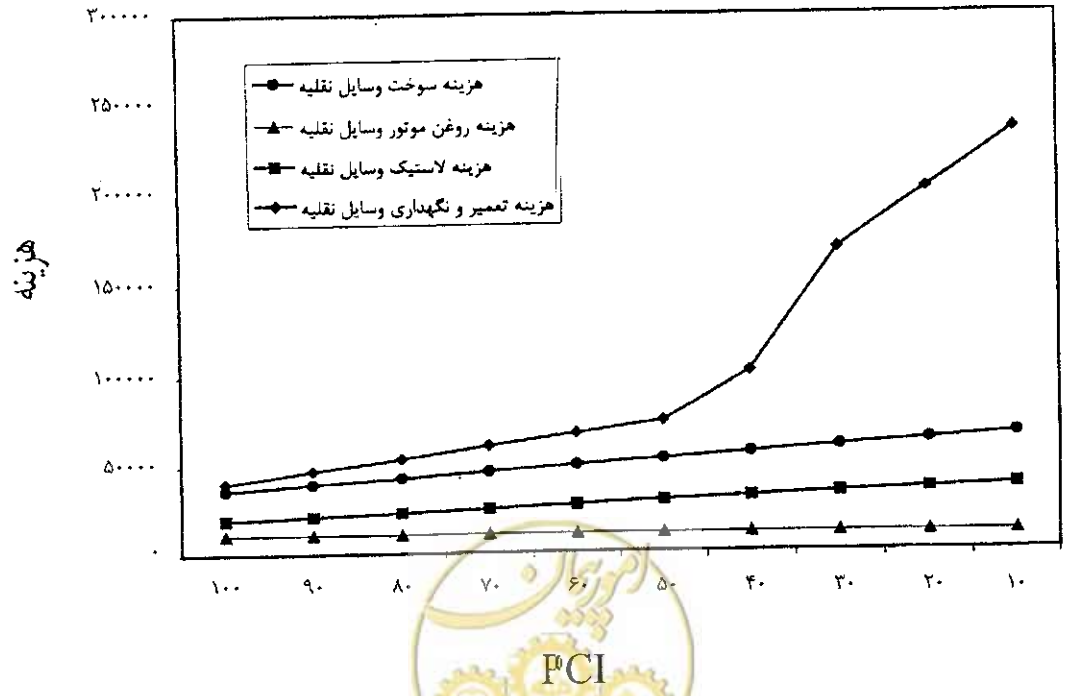


شکل(۹-۴) : نمودار هزینه کارکرد وسایل نقلیه به تفکیک در سرعت ۶۰ کیلومتر بر ساعت

omoorepeyman.ir

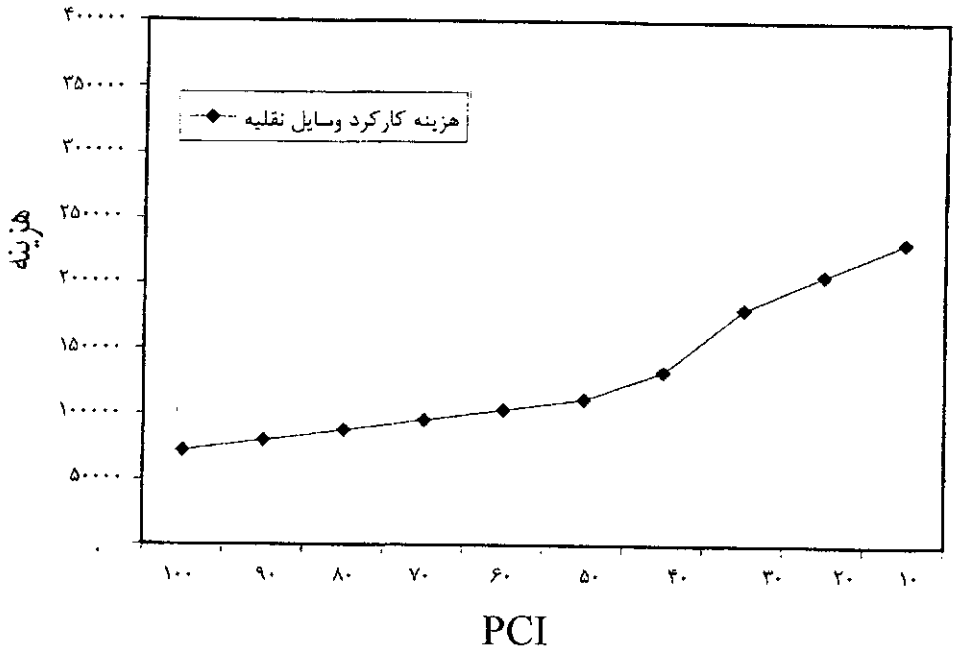


شکل(۹-۵) : نمودار هزینه کارکرد وسایل نقلیه به تفکیک در سرعت ۹۰ کیلومتر بر ساعت

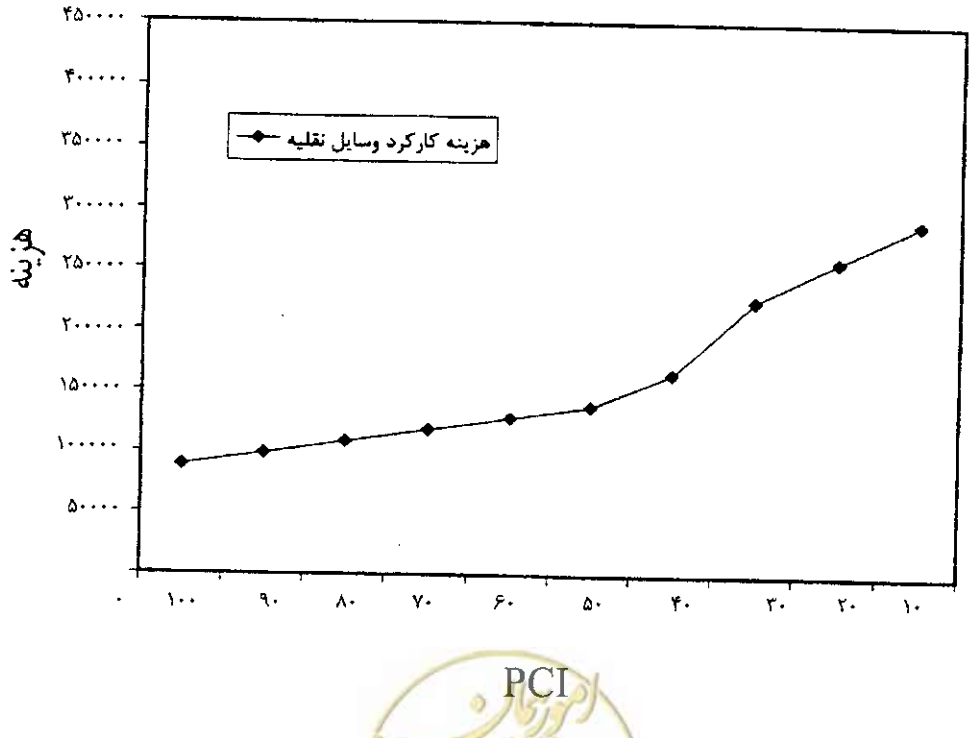


شکل(۹-۶) : نمودار هزینه کارکرد وسایل نقلیه به تفکیک در سرعت ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت

omoorepeyman.ir

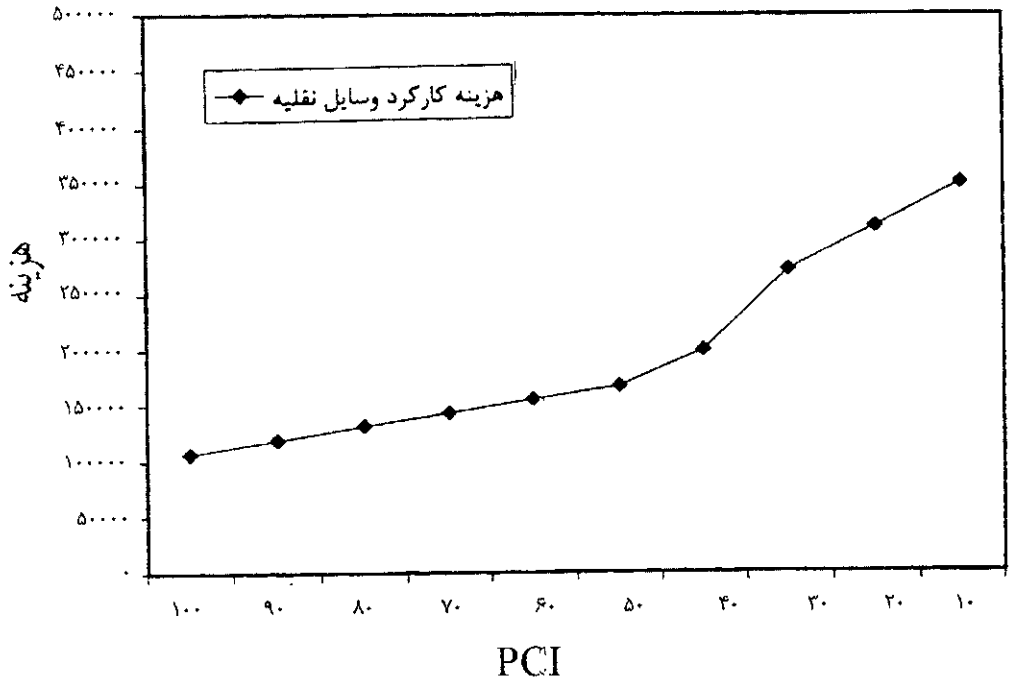


شکل(۹-۷) : نمودار هزینه کارکرد وسایل نقلیه به تفکیک در سرعت ۶۰ کیلومتر بر ساعت



شکل(۹-۸) : نمودار هزینه کارکرد وسایل نقلیه به تفکیک در سرعت ۹۰ کیلومتر بر ساعت

omoorepeyman.ir



شکل(۹-۹) : نمودار هزینه کارکرد وسایل نقلیه به تفکیک در سرعت ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت

۹-۱۵- نحوه اولویت‌بندی اقتصادی پروژه‌ها

۹-۱۵-۱- سیاست‌های نگهداری و نوسازی

در کلیه سیستم‌های مدیریت روسازی راه‌ها، بخش نگهداری، به کمک مطالعات اقتصادی و فنی، سیاست‌های مناسب را برای نگهداری انواع روسازی‌های ارائه می‌کند. روش‌های مختلفی می‌تواند برای حفظ شبکه موجود روسازی راه‌ها استفاده شود. یکی از این روش‌ها وابسته کردن سیاست‌های نگهداری به سیاست‌های ساخت روسازی‌ها است. بعنوان مثال در سیستم نگهداری روسازی راه‌های کشور کانادا پنج نوع روسازی مختلف با ترکیب سازه‌ای متفاوت بررسی شده و در نهایت بهترین نحوه نگهداری برای روسازی بصورت دوره‌ای پیشنهاد شده است. بعنوان مثال در این سیستم از بین روسازی‌های متداول آسفالتی در کانادا بهترین ترکیب با ضخامت معادل اساس ۶۵۳ میلیمتر (شامل ۱۲۵ میلیمتر رویه آسفالتی، ۲۵۰ میلیمتر اساس دانه‌ای و ۲۳۰ میلیمتر زیراساس) کمترین هزینه را شامل می‌شود. همراه با این ساختار دو روکش ۷۵ میلیمتری با فاصله ۱۱ سال توصیه شده است [۱۸]. لازم به توضیح است که بدلیل تفاوت شرایط عملکردی روسازی و اقتصاد ایران با کانادا لزوماً چنین نتیجه‌ای برای ایران توصیه نمی‌شود. با توجه به شرایط سازمانی حاکم بر راهسازی و راهداری در ایران و اینکه برای هر یک از راه‌های ساخته شده سیاست خاصی دنبال شده است، بهتر است که سیاست‌های ساخت و نگهداری برای هر راه بصورت جداگانه اعمال شوند.

omoorepeyman.ir

۹-۱۵-۱-۱- سیاست‌های ساخت:

سیاست انتخابی برای ساخت روسازی راه‌ها تابع نحوه دسترسی به بودجه در حال حاضر و در سالهای آینده و وضعیت ترافیکی شبکه راه‌هاست. چنانچه احتمال دسترسی به بودجه مناسب در سالهای آینده ضعیف باشد، انتخاب طرح سازه‌ای در طراحی اولیه، انتخابی اقتصادی است. ولی در شرایطی که نگهداری خوب، کافی و مطمئن باشد، ساخت مرحله‌ای بهترین انتخاب می‌باشد زیرا هزینه‌های سرمایه‌گذاری متناسب با رشد ترافیک و گذر زمان ارائه می‌شوند که به معنای حداکثر بهره‌وری اقتصادی است. بررسی‌های بانک جهانی نشان داده است که برای روسازی‌های با ترافیک سنگین (ADT >۲۵۰۰) و (۱/۲ میلیون ESAL < درسال در هر جهت) استفاده از یک روسازی با مقاومت کامل (SN >۵) تحت تمام روش‌های نگهداری نسبت به ساخت مرحله‌ای با ساختار اولیه متوسط (SN =۳) اقتصادی‌تر خواهد بود [۱۸].

با توجه به‌اینکه ضریب اطمینان در کسب بودجه‌های نگهداری و نوسازی آینده بالا نیست، توصیه می‌شود از ساختارهای قوی اولیه به جای ساخت مرحله‌ای استفاده شود. البته در صورت ثبات شاخص‌های اقتصادی نظیر قیمت دلار و نرخ بهره و تورم (برای محاسبه هزینه تمام شده ساخت و نگهداری و ...) می‌توان بهترین سیاست‌های ساخت و نوسازی برای ایران را بر اساس محاسبات دقیق انجام داد.

در این تحقیق از جدول (۹-۲۲) بعنوان راهنمای طرح ضخامت لازم برای روسازی‌ها استفاده می‌شود. این جدول راهنمای طرح روسازی به روش مقاطع استاندارد وزارت حمل‌و نقل انتاریو کاناداست که برای ترافیک سنگین توصیه شده است [۲۶].

جدول (۹-۲۲): ضخامت لازم برای لایه‌های روسازی (برحسب سانتیمتر)

خاک بستر	لایه آسفالتی	اساس شنی	زیراساس	معادل اساس شنی *
شن و ماسه‌ای	۱۳	۱۵-۲۵	-	۴۱-۵۱
ماسه و لای ۴۰٪> ریزدانه	۱۳	۱۵	۳۰-۴۵	۶۱-۷۱
ماسه و لای ۵۵٪ >ریزدانه >۴۰٪	۱۳	۱۵	۴۵-۶۰	۷۱-۸۱
ماسه و لای ریزدانه > ۵۵٪	۱۳	۱۵	۶۰-۸۰	۸۱-۹۵
رس	۱۳	۱۵	۴۵-۱۱۰	۷۱-۱۱۵

* ۱ سانتیمتر رویه آسفالتی = ۲ سانتیمتر اساس شنی = ۳ سانتیمتر زیراساس

۹-۱۵-۱-۲- سیاست‌های نگهداری و نوسازی :

روش‌های متفاوتی برای نگهداری شبکه روسازی‌ها ارائه شده است. بطور مثال در الگوریتم ژنتیک نگهداری با توجه به وضعیت آینده خرابی‌ها تمام حالات ممکن تلفیق عملیات نگهداری توسط کامپیوتر بررسی شده و با توجه به هزینه‌های نسبی آن‌ها برای سالهای آینده برنامه‌ریزی نگهداری ارائه می‌شود. روش دینامیکی برنامه‌ریزی نیز یکی از پرکاربردترین روش‌های برنامه‌ریزی برای نگهداری روسازی‌ها است. در تمامی این روش‌ها با توجه به شرایط خاص هر منطقه و وضعیت حاکم بر روسازی‌ها طی یک فرآیند سیستماتیک و همچنین در نظر گرفتن استراتژی‌های انتخاب شده در سال اول ساخت روسازی، وضعیت روسازی برای سال بعد

omoorepeyman.ir

تعیین و به‌این ترتیب روش نگهداری مناسب برای آن در سال انتخاب می‌شود. یادآوری می‌شود که انتخاب زمان نگهداری و نوسازی با هدف کاهش هزینه نهایی و حفظ وضعیت شبکه باید در حد مطلوب انجام شود.

عواملی که سیاست نگهداری را به سیستم روسازی راه‌ها دیکته می‌کنند عبارتند از: سطوح بودجه و وضعیت شبکه. انتخاب نوع و زمان عملیات نگهداری بر اساس منحنی‌های اقتصادی هزینه عملکرد وسایل نقلیه در اثر تغییر PCI صورت می‌گیرد.

برای سیاستگذاری نگهداری روسازی معمولاً سه سطح بودجه قابل تشخیص می‌باشند که عبارتند از: بودجه بیش از حد مورد نیاز، بودجه در حد نیاز (بهینه) و بودجه کمتر از حد مورد نیاز. متناظر با این سطوح بودجه‌ای، سیاست نگهداری روسازی تغییر می‌کند که در زیر نحوه تغییر سیاست نگهداری ارائه می‌شود:

۹-۱۵-۱-۳- بودجه در حد نیاز یا بودجه بهینه

بودجه بهینه به بودجه‌ای اطلاق می‌شود که مصرف آن بیشترین بازدهی اقتصادی را دارد. بدین معنی که کاهش هزینه استفاده‌کنندگان از راه نسبت به هزینه‌های صرف شده توسط اداره راه بیشتر است. در این حالت متخصصان بانک جهانی پس از مطالعه ۳۱ نوع سیاست نگهداری و نوسازی، انجام درزگیری و وصله‌کاری های سالیانه همراه با انجام روکش را برای شرایطی که وضعیت روسازی بین ۴۰ تا ۶۰ است ($۴۰ \leq PCI \leq ۶۰$) است در وضعیت‌های متوسط روسازی‌های با ترافیک سنگین برای ترافیک معادل سواری برابر ۲۰۰۰ وسیله نقلیه در روز یا بیشتر ($ADT > ۲۰۰۰$) را توصیه نموده اند [۱۸]. حالت بهینه برای شبکه هنگامی است که اندیس وضعیت هیچ راهی در محدوده ۰ تا ۴۰ نبوده و راه‌های بسیار کمی در محدوده بحرانی ۴۰ تا ۶۰ واقع باشند.

۹-۱۵-۱-۴- بودجه بیش از حد مورد نیاز

معمولاً در این حالت سیاست نگهداری در جهت کاهش هزینه‌های استفاده‌کنندگان از راه خواهد بود هرچند که به بهای افزایش هزینه‌های اداره راه باشد. در این حالت قبل از رسیدن PCI به وضعیت بحرانی با انجام عملیات ارتقاء وضعیت، از رسیدن وضعیت روسازی به حد بحرانی جلوگیری می‌شود. در این حالت اولویت‌بندی در سطح شبکه مفهومی نخواهد داشت و بیشتر به بهینه سازی در سطح پروژه برای کاهش هزینه‌های استفاده‌کنندگان از راه پرداخته می‌شود. این سیاست معمولاً به صورت انجام روکش‌های دوره‌ای در فواصل زمانی کوتاه اعمال می‌شود.

۹-۱۵-۱-۵- بودجه کمتر از حد مورد نیاز

این حالت زمانی اتفاق می‌افتد که بودجه تخصیصی کمتر از میزان واقعی و بهینه بودجه مورد نیاز باشد. سیاست نگهداری در این حالت در جهت کاهش هزینه‌های اداره راه خواهد بود. نتیجه کسر بودجه در بخش نگهداری افزایش هزینه‌های استفاده‌کنندگان از راه خواهد بود بطوریکه برای بعضی از پروژه‌های کم اهمیت سیاست لکه‌گیری سالیانه و وصله‌کاری تا رسیدن به حد بازسازی ($PCI < ۴۰$) دنبال می‌شود. در این حالت سعی می‌شود به روسازی‌هایی که دارای وضعیت بسیار ضعیف هستند بودجه کمی تخصیص یابد و از عملیاتی که با حداقل بودجه وضعیت روسازی را بهتر می‌کنند استفاده شود. در این راستا معمولاً از عملیاتی نظیر درزگیری و وصله‌کاری که بازدهی خوبی دارند استفاده می‌شود. در مواقع کمبود بودجه سیاست‌های اولویت‌بندی در جهتی است که بودجه‌های

موجود به راه‌های پرترافیک با وضعیت متوسط و ضعیف تخصیص یابد و در صورت باقی ماندن بودجه تنها سعی می‌شود از ورود راه‌های با ترافیک کم به محدوده بازسازی (PCI >۴۰) جلوگیری شود. همچنین در مواقع کمبود بودجه سعی می‌شود که حتی‌الامکان اجرای روکش به صورت مرحله‌ای انجام شود، بدین معنی که مثلاً لایه رگلاژی و بیندر در یک مرحله و توپکا در مرحله بعد اجرا شود و یا اینکه از روکش‌های نازک استفاده شود.

۹-۱۵-۲- اولویت‌بندی پروژه‌ها براساس سطوح بودجه‌ای مختلف و تحلیل پیامدهای اقتصادی

همانطوریکه قبلاً نیز اشاره شد، زمان‌بندی پروژه‌ها با توجه به بودجه موجود و به کمک برنامه‌های اولویت‌بندی اقتصادی انجام می‌شود. حال براساس اولویت‌بندی اقتصادی انجام شده در سطح شبکه به اولویت‌بندی سیاست‌های مختلف اقتصادی برای انجام هر پروژه پرداخته می‌شود که سه سیاست به شرح زیر در نظر گرفته می‌شوند:

۱- سیاست عدم توجه به خرابی‌های بوجود آمده در سطح راه تا زمان رسیدن شاخص وضعیت روسازی به وضعیت بحرانی (ناحیه نوسازی)

۲- استفاده از عملیات درزگیری و وصله‌کاری پیش از رسیدن راه به حدود بحرانی نوسازی

۳- برنامه‌ریزی پنج ساله برای انجام عملیات نگهداری و نوسازی به کمک اولویت‌بندی اقتصادی پروژه‌ها برای شرایطی که بودجه‌ای کمتر از بودجه بهینه در اختیار باشد.

۹-۱۵-۳- انجام روکش و بازسازی در آستانه وضعیت بحرانی

در این حالت به دلیل عدم استفاده از عملیات درزگیری و وصله‌کاری، پس از پیدایش ترک در سطح روسازی، اضمحلال روسازی شتاب می‌گیرد. این شتابگیری به‌این صورت است که روند زوال روسازی قبل از پیدایش ترک‌ها کند بوده ولی با پیدایش ترک‌ها و تسهیل نفوذ آبهای سطحی (بسته به شدت و گستره ترک‌ها) سریع می‌شود. انجام عملیات درزگیری و وصله‌کاری روند زوال را کند می‌کند.

روشی که در این تحلیل برای طرح روکش در نظر گرفته شده است روش معادل سازی روسازی موجود با لایه اساس و استفاده از مقاطع استاندارد بعنوان معیار پایه برای ضخامت لازم روسازی می‌باشد. با مقایسه سازه موجود با سازه استاندارد، ضخامت لازم برای روکش بدست می‌آید. اعداد جدول (۹-۲۲) مقاطع استاندارد را نشان می‌دهند. برای معادل سازی روسازی موجود به لایه اساس دان‌های از رابطه (۹-۴) استفاده می‌شود:

$$He = k_1.a_1.t_1 + k_2.a_2.t_2 + k_3.a_3.t_3 \qquad (۹-۴)$$

که در آن a_1 و a_2 و a_3 ضرایب قشر لایه‌ها هستند که متناسب با کعب نسبت ضرایب برجهندگی لایه‌ها می‌باشند (در شرایط معمول به ترتیب برابر با ۲، ۱ و ۰/۷)، t_1 و t_2 و t_3 ضخامت لایه‌های آسفالتی، اساس دانه‌ای و زیراساس هستند و k_1 و k_2 و k_3 ضرایب کاهش ارزش سازه‌ای لایه‌های موجود روسازی کهنه (بر اثر خدمت‌دهی) هستند. Kher و Phang این ضرایب را با اندیس راحتی رانندگی قبل از اجرای روکش (RCI_b) همبسته کرده‌اند. رابطه‌این دو به صورت زیر است:

$$K_1 = ۰/۰۷RCI_b + ۰/۳ \qquad (۹-۵)$$

omoorepeyman.ir

ضرایب کاهش لایه‌های غیرآسفالتی نیز تابع جنس خاک بستر هستند و می‌توان آنها را برابر با ۰/۷ در نظر گرفت. بدین ترتیب برای محاسبه ضخامت معادل اساس روسازی موجود از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$He = (۰.۱۴RCI_b + ۰.۶)t_۱ + ۰.۷t_۲ + ۰/۴۷t_۳ \qquad (۹-۶)$$

مسئله‌ای که در اینجا جای بررسی دارد، اثر انجام روکش بر وضعیت روسازی است. واضح است که انجام روکش موجب افزایش RCI و PCI روسازی می‌شود. Tessier رابطه اندیس راحتی قبل و بعد از روکش را به صورت زیر ارائه کرده است:

$$RCI_a = ۰/۸RCI_b + ۳/۲ \qquad (۹-۷)$$

که در آن RCI_a اندیس راحتی رانندگی پس از روکش و RCI_b اندیس راحتی پیش از روکش می‌باشند. در این دستورالعمل اجرای روکش با توجه به اندیس وضعیت روسازی صورت می‌گیرد. لذا لازم است رابطه‌ای بین PCI قبل و بعد از اجرای روکش در اختیار باشد. رابطه تقریبی بین اندیس وضعیت روسازی (PCI) و درجه راحتی رانندگی (RCR) و اندیس خرابی (DMI) در جدول (۹-۲۳) آورده شده است:

جدول (۹-۲۳): رابطه تقریبی اندیس وضعیت روسازی و درجه راحتی رانندگی و اندیس خرابی

PCI	RCR	DMI
۰-۴۰	≤ ۳	۸۰-۲۰۵
۴۰-۵۰	۴	۶۰-۹۵
۵۰-۶۵	۵	۳۰-۷۰
۶۵-۷۵	۶	۱۵-۴۰
۷۵-۹۰	۷	۰-۳۰
۹۰-۱۰۰	۹	۰-۱۵

ارتباط RCR قبل و بعد از اجرای روکش نیز از رابطه Tessier بدست می‌آید. با توجه به‌اینکه پس از اجرای روکش خرابی‌ها رفع می‌شوند DMI تقریباً صفر می‌شود و رابطه RCR و PCI پس از اجرای روکش براحتی بصورت زیر بدست می‌آید:

$$PCI = ۸/۸۵۶ + ۹۲/۴\sqrt{۰/۱RCR} \qquad (۹-۸)$$

لازم به ذکر است که اعداد حاصل از این رابطه با شرایط ایران مطابقت نمی‌کنند. مسئله این است که صلاحیت و تجربه اجرایی پیمانکار و ضخامت روکش از عوامل بسیار مهم در دستیابی به وضعیتی خوب پس از اجرای روکش هستند که در رابطه (۹-۸) وارد نشده‌اند. برای دست یافتن به رابطه‌ای که تمام عوامل را در برداشته باشد نیاز به مطالعات جامع دارد. برای این کار لازم است وضعیت تعداد زیادی از روسازی‌ها بعد از روکش ارزیابی و نتایج با ضخامت روکش، میزان صلاحیت پیمانکار و وضعیت روسازی قبل از اجرای روکش، همبسته شوند.

چنانچه در جدول (۹-۲۳) مشاهده می‌شود، هنگامیکه اندیس وضعیت روسازی برابر با ۶۰ باشد، اندیس راحتی رانندگی برابر با ۵ است، با توجه به رابطه (۹-۴)، رابطه تعیین ضخامت معادل اساس روسازی موجود بصورت زیر در می‌آید:

© omoresanat.ir

$$He = ۱/۳t_۱ + ۰/۷t_۲ + ۰/۴t_۳ \qquad (۹-۹)$$

به کمک معادله فوق و جدول (۹-۲۲) (معادل اساس لازم برای روسازی) و درنظر داشتن حجم ترافیک، طبق آمارهای موجود در وزارت راه و ترابری ضخامت روکش لازم برای برخی از محورهای استان تهران به صورت زیر تعیین می‌شود [۱۸]:

۱- آزاد راه تهران– قم: ضخامت معادل لایه اساس برای روسازی راه موجود این محور در وضعیت بحرانی (۵۰<PCI<۶۰)، ۵۰ سانتیمتر است. با اجرای یک روکش به ضخامت ۱۵ سانتیمتر، معادل اساس آن به ۶۰/۶ سانتیمتر می‌رسد که با توجه به وضعیت مناسب بستر آن کافی است.

۲- جاده قدیم تهران– قم: ضخامت معادل لایه اساس برای روسازی راه موجود در وضعیت بحرانی ۷۰ سانتیمتر است، لذا ضخامت روکش آن ۱۰ سانتیمتر در نظر گرفته می‌شود.

۳- محور قم – کاشان: این مسیر در طول برنامه ۵ ساله نیاز به روکش ندارد.

۴- محور قم – سلفچگان: ضخامت معادل اساس موجود روسازی این محور در وضعیت بحرانی ۵۴ سانتیمتر است. چنانچه ضخامت روکش آن ۱۵ سانتیمتر فرض شود، معادل اساس آن برابر با ۶۴/۵ سانتیمتر می‌شود.

۵- محور قم – نیزار: قطعات ۳ و ۴ این محور در سال ۱۳۷۳ با کیفیتی متوسط بازسازی شده اند. ضخامت این قطعات در وضعیت بحرانی معادل ۴۰ سانتیمتر اساس خواهد شد. با اجرای روکش ۲۰ سانتیمتری معادل اساس روسازی این دو قطعه به ۵۴ سانتیمتر می رسد. قطعات دیگر نیز باید سریعاً بازسازی شوند. نحوه بازسازی بدین صورت خواهد بود که پس از برداشتن لایه موجود، ۱۵ سانتیمتر زیراساس، ۱۰ سانتیمتر اساس شنی، ۱۰ سانتیمتر اساس آسفالتی و ۱۰ سانتیمتر بیندر و توپکا اجرا خواهد شد. معادل اساس این روسازی برابر با ۶۰ سانتیمتر خواهد بود که برای خاک بستر این مسیر مناسب است.

جدول (۹-۲۵) شامل محاسبه هزینه اجرای عملیات روکش و بازسازی قطعات مختلف راه‌های حوزه استحفاظی قم می‌باشد. در این جدول کد عملیات توصیه شده بر اساس جدول (۹-۲۴) می‌باشد. سال توصیه شده برای اجرای عملیات نیز یک سال پس از رسیدن وضعیت روسازی به آستانه بحرانی در نظر گرفته شده است، زیرا اعداد پیش‌بینی شده مربوط به وضعیت روسازی در انتهای سال مربوطه است. براساس هزینه‌های محاسبه شده در این جدول، بودجه لازم برای اعمال سیاست در نظر گرفته شده بدست می‌آید. وضعیت ناشی از اعمال این سیاست برای پنج سال آینده در جدول (۹-۲۶) و در جدول (۹-۲۷) کل بودجه سالیانه لازم در طول برنامه پنجساله ارائه شده است. در جدول (۹-۲۸) نیز وضعیت کلی آینده شبکه مورد بررسی مشاهده می‌شود.

omoorepeyman.ir

جدول (۹-۲۴) : کد بدی عملیات نگهداری و نوسازی

کد	توصیف عملیات	کد	توصیف عملیات
۰	عدم انجام هیچ فعالیتی (هیچ)	۹	وصله به ضخامت ۱۵ سانتیمتر
۱	نگهداری جاری (پاک کردن فنرها ، ...)	۱۰	وصله به ضخامت ۲۰ سانتیمتر
۲	ماسه پاشی کم (۵ kg/m^2)	۱۱	بازسازی روسازی راه فرعی درجه ۱
۳	ماسه پاشی زیاد (۱۰ kg/m^2)	۱۲	بازسازی راه اصلی
۴	تر گیری با قیر روان	۱۳	بازسازی روسازی آزاد راه
۵	ترک‌گیری با مخلوط روان‌آسفالتی	۱۴	روکش به ضخامت ۴ سانتیمتر
۶	ترک‌گیری به روش وصله‌کاری	۱۵	روکش به ضخامت ۱۰ سانتیمتر
۷	وصله به ضخامت ۵ سانتیمتر	۱۶	روکش به ضخامت ۱۵ سانتیمتر
۸	وصله به ضخامت ۱۰ سانتیمتر	۱۷	روکش به ضخامت ۲۰ سانتیمتر

جدول (۹-۲۵): محاسبه هزینه ناشی از اعمال سیاست

کد قطعه و زیر قطعه	سطح زیر قطعه m^2	کد عملیات توصیه شده	هزینه واحد عملیات (ریال بر متر مربع)	هزینه کل اجرا (میلیون ریال)	سال انجام عملیات
۲/۱	۱۱۶۸۰	۱۶	۳۵۲۱	۴۱/۱۳	۱۳۷۸
۳/۱	۵۸۴۰	۱۶	۳۵۲۱	۲۰/۵۶	۱۳۷۷
۱,۴	۱۸۸۰	۱۶	۳۵۲۱	۶۶/۸۳	۱۳۷۸
۵/۱	۹۴۹۰	۱۶	۳۵۲۱	۳۳/۴۱	۱۳۷۸
۶/۱	۱۰۹۵۰	۱۶	۳۵۲۱	۳۸/۵۵	۱۳۷۶
۷/۱	۱۰۹۵۰	۱۶	۳۵۲۱	۳۸/۵۵	۱۳۷۶
۸/۱	۱۰۹۵۰	۱۶	۳۵۲۱	۳۸/۵۵	۱۳۷۶
۹/۱	۲۰۸۰۵	۱۶	۳۵۲۱	۷۳/۲۵	۱۳۷۹
۱۰/۱	۲۰۸۰۵	۱۶	۳۵۲۱	۷۳/۲۵	۱۳۷۸
۱۱/۱	۲۰۸۰۵	۱۶	۳۵۲۱	۷۳/۲۵	۱۳۷۸
۱۲/۱	۲۱۹۰۰	۱۶	۳۵۲۱	۷۷/۱۱	۱۳۷۸
۳۱/۱	۱۰۹۵۰	۱۶	۳۵۲۱	۳۸/۵۵	۱۳۷۹

omoorepeyman.ir

کد قطعه و زیر قطعه	سطح زیر قطعه m^2	کد عملیات توصیه شده	هزینه واحد عملیات (ریال بر متر مربع)	هزینه کل اجرا (میلیون ریال)	سال انجام عملیات
۱۴/۱	۲۴۰۹۰	۱۶	۳۵۲۱	۸۴/۸۲	۱۳۷۸
۱۵/۱	۱۲۰۴۵	۱۶	۳۵۲۱	۴۲/۴۱	۱۳۷۸
۳/۲	۱۰۹۵۰	۱۵	۲۴۶۱	۲۶/۹۵	۱۳۸۰
۴/۲	۵۴۷۵۰	۱۵	۲۴۶۱	۱۳۴/۷۴	۱۳۸۰
۱/۴	۳۶۵۰	۱۶	۳۵۲۱	۱۲/۸۵	۱۳۸۰
۴,۲	۳۶۵۰	۱۶	۳۵۲۱	۱۲/۸۵	۱۳۷۹
۱/۶	۱۴۰۰۰	۱۱	۶۶۰۵	۹۲/۴۷	۱۳۷۶
۲/۶	۷۰۰۰	۱۱	۶۶۰۵	۴۶/۲۴	۱۳۷۶
۲/۶	۷۰۰۰	۱۱	۶۶۰۵	۴۶/۲۴	۱۳۷۶
۳/۶	۱۵۴۰۰	۱۷	۴۵۷۰	۷۰/۳۸	۱۳۷۸
۴/۶	۹۸۰۰	۱۷	۴۵۷۰	۴۴/۷۹	۱۳۸۰
۵/۶	۲۷۳۰۰	۱۱	۶۶۰۵	۱۸۰/۳۲	۱۳۷۶

جدول (۹-۲۶): اندیس وضعیت روسازی پیش‌بینی شده قطعات مختلف بر اثر اعمال سیاست ۱

کد قطعه و زیر قطعه	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰
۱/۱	۹۰	۸۷	۸۳	۸۰	۷۷	۷۴
۲/۱	۶۶	۶۳	۵۹	۸۸	۸۵	۸۱
۳/۱	۶۳	۶۰	۸۸	۸۵	۸۱	۷۸
۴/۱	۶۶	۶۳	۵۹	۸۸	۸۵	۸۱
۵/۱	۶۴	۶۱	۵۷	۸۸	۸۵	۸۱
۶/۱	۵۳	۸۸	۸۵	۸۱	۷۸	۷۵
۷/۱	۵۲	۸۸	۸۵	۸۱	۷۸	۷۵
۸/۱	۵۶	۸۸	۸۵	۸۱	۷۸	۷۵
۹/۱	۶۸	۶۵	۶۱	۵۸	۸۸	۸۵
۱۰/۱	۶۶	۶۳	۵۹	۸۸	۸۵	۸۱
۱۱/۱	۶۷	۶۴	۶۰	۸۸	۸۵	۸۱

omoorepeyman.ir

کد قطعه و زیر قطعه	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰
۱۲/۱	۶۷	۶۴	۶۰	۸۸	۸۵	۸۱
۱۳/۱	۷۰	۶۷	۶۳	۶۰	۸۸	۸۵
۱۴/۱	۶۵	۶۰	۵۸	۸۸	۸۵	۸۱
۱۵/۱	۶۴	۶۱	۵۷	۸۸	۸۵	۸۱
۱/۲	۸۵	۸۰	۷۵	۷۰	۶۵	۶۰
۲/۲	۷۹	۷۴	۶۹	۶۴	۵۹	۸۸
۳/۲	۸۴	۷۹	۷۴	۶۹	۶۴	۵۹
۴/۲	۸۰	۷۵	۷۰	۶۵	۶۰	۸۸
۱/۳	۷۵	۷۲	۶۸	۶۵	۶۲	۵۹
۲/۳	۸۶	۸۳	۷۹	۷۶	۷۳	۷۰
۳/۳	۸۱	۷۸	۷۴	۷۱	۶۸	۶۵
۴/۳	۸۱	۷۸	۷۴	۷۱	۶۸	۶۵
۱/۴	۸۰	۷۵	۷۰	۶۵	۶۰	۸۸
۲/۴	۷۲	۶۷	۶۲	۵۷	۸۸	۸۵
۳/۴	۸۳	۷۸	۷۳	۶۸	۶۳	۵۸
۴/۴	۸۵	۸۰	۷۵	۷۰	۶۵	۶۰
۱/۶	۳۸	۹۷	۹۴	۹۰	۸۷	۸۴
۲/۶	۳۱	۹۷	۹۴	۹۰	۸۷	۸۴
۳/۶	۶۸	۶۳	۵۸	۸۸	۸۵	۸۱
۴/۶	۷۷	۷۲	۶۷	۶۲	۵۷	۸۸
۵/۶	۲۸	۹۷	۹۴	۹۰	۸۷	۸۴

جدول (۹-۲۷): بودجه سالیانه لازم برای اجرای سیاست ۱

سال	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰
بودجه	۴۳۴/۶۸	۲۰/۵۶	۵۶۲/۵۹	۱۲۴/۶۵	۲۱۹/۳۳

omoorepeyman.ir

جدول (۹-۲۸) اندیس وضعیت پیش‌بینی شده راههای مختلف شبکه

محور	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰
اتوبان قم – تهران	۶۶/۶	۶۸/۷	۶۵/۸۵	۸۲/۱۸	۸۳/۶۰	۸۰
قدیم قم - تهران	۸۱	۷۶	۷۱	۶۶	۶۱	۸۰/۹
قم – کاشان	۸۲/۱	۷۹/۱	۷۵/۱	۷۲/۱	۶۹/۱	۶۶/۱
قم – سلفچگان	۸۲/۸	۷۷/۸	۸۲/۸	۶۸/۸	۶۵/۸	۶۳/۸
قم - نیزار	۴۵/۱	۸۶/۵	۸۲/۹	۸۵/۸	۸۲/۶	۸۳/۹
شکه	۶۹/۴	۷۴/۹	۷۱/۲	۷۷/۳	۷۶	۷۷/۴

۹-۱۵-۴- سیاست درزگیری و وصله‌کاری یا انجام روکش و بازسازی در آستانه وضعیت بحرانی

در این سیاست فرض بر این است که از درزگیری و وصله‌کاری برای کندکردن زوال روسازی استفاده می‌شود. برای تحلیل وضعیت ناشی از اعمال این سیاست بر روسازی‌ها لازم است اثر عملیات ترمیمی در ارتقاء وضعیت روسازی در نظر گرفته شود. ارتقاء وضعیت روسازی باید براساس میزان کاهش که عملیات ترمیم در اندیس خرابی (به دلیل محو آثار خرابی) اعمال می‌کند، محاسبه شود. حال آنکه در درازمدت وجود موانع درزگیری شده و وصله‌کاری شده فراوان روی سطح راه چه از نظر بازتاب ظاهری روسازی و چه از نظر ایجاد ناهمواری‌های فراوان (کاهش نسبت راحتی رانندگی (RCR) قابل قبول نخواهد بود. میزان کاهش RCR ناشی از عملیات درزگیری و وصله‌کاری بستگی مستقیم به درصد سطح مرمت شده (گسترش خرابی‌ها) و کیفیت اجرایی عملیات ترمیمی دارد. تجربه نشان داده است که در مواردیکه درصد درزگیری‌ها و وصله‌کاری‌ها به حدود ۴۰ درصد سطح روسازی برسد، انجام روکش اجتناب‌ناپذیر است.

مسئله مهم دیگر که باید در نظر گرفته شود، عمر کوتاه عملیات ترمیم است. معمولاً درزگیری ها حداکثر ۲ سال و وصله‌کاری‌های سطحی عمری معادل ۳ تا ۴ سال دارند (بسته به شرایط حاکم بر روسازی) و معمولاً نیاز به تجدید مرمت با پایان یافتن عمر ترمیم یا به دلیل گسترش و تشدید خرابی هر سال احساس می‌شود. در هر صورت آنچه عملیات ترمیم را توجیه‌پذیر می‌نماید، هزینه کم انجام عملیات می‌باشد. به نظر می رسد که‌این امر به ویژه در کشور ما اهمیت بیشتری پیدا می‌کند، زیرا نسبت هزینه عملیات ترمیم به نوسازی به دلیل ارزان‌تر بودن نیروی کار نسبت به کشورهای دیگر کمتر است.

سیاست انجام درزگیری و وصله‌کاری باید به‌این صورت انجام شود که از زمان پیدایش ترک‌ها تا زمان نیاز روسازی به روکش (تقریباً ۷۵> PCI >۶۰) از عملیات مناسب مربوطه استفاده شود. در واقع اتخاذ این سیاست به‌این دلیل است که سطح وضعیتی که برای استفاده‌کنندگان از راه قابل قبول است، طولانی‌تر شود. بدلیل هزینه کم عملیات ترمیم که در این وضعیت موجب کند شدن زوال روسازی می‌شوند، احتمالاً این سیاست بهینه باشد و موجب بهره‌وری حداکثر می‌شود.

omoorepeyman.ir

با توجه به مطالب مذکور عملیات مفروض براساس سیاست ذکر شده و با توجه به وضعیت آینده شبکه در جدول (۹-۲۹) ارائه شده است. هزینه اجرای این عملیات نیز با توجه به خصوصیات قطعات و هزینه واحد عملیات در جدول (۹-۳۰) مشاهده می‌شود. در جدول (۹-۳۱) مجموع هزینه سالیانه و در واقع بودجه بهینه سالیانه لازم منعکس شده است و جدول (۹-۳۲) نیز وضعیت پنج ساله قطعات مورد بررسی را بر اثر اعمال این سیاست نشان می‌دهد. برای ارزیابی پی‌آمد وضعیتی سیاست بهینه در جدول (۹-۳۳) وضعیت کلی شبکه و راه‌های آن ارائه شده است.

جدول (۹-۲۹): کد عملیات توصیه شده بر اساس سیاست ۲ (بهینه)

ک.ز.ق	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	ک.ز.ق	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰
۱/۱	–	–	–	–	–	۳/۲	–	۸و۴	–	–	۰/۵(۸و۴)
۲/۱	۸و۴	–	–	–	–	۴/۲	–	۲	۸و۴	۲	۰/۵(۸و۴)
۳/۱	۸و۴	–	–	–	۱۶	۱/۳	–	۸و۴	–	۰/۵(۸و۴)	–
۴/۱	۸و۴	–	–	–	–	۲/۳	–	–	۲	۰/۵(۸و۴)	۲
۵/۱	۸و۴	–	–	–	۱۶	۳/۳	–	–	۲	۸و۴	۲
۶/۱	۱۶	–	–	–	–	۴/۳	–	–	۲	۸و۴	۲
۷/۱	۱۶	–	–	–	–	۵/۳	–	–	۲	۸و۴	۲
۸/۱	۱۶	–	–	–	–	۶/۳	–	–	–	۰/۵(۸و۴)	–
۹/۱	۸و۴	–	–	–	–	۱/۴	–	۸و۴	–	–	۰/۵(۸و۴)
۱۰/۱	۸و۴	–	–	–	–	۲/۴	۸و۴	–	–	۰/۵(۸و۴)	–
۱۱/۱	۸و۴	–	–	–	–	۳/۴	–	–	۸و۴	–	۰/۵(۸و۴)
۱۲/۱	۸و۴	–	–	–	–	۴/۴	–	–	۸و۴	–	۰/۵(۸و۴)
۱۳/۱	۸و۴	–	–	۰/۵(۸و۴)	–	۱/۶	۱۱	–	–	–	–
۱۴/۱	۸و۴	–	–	–	۱۶	۲/۶	۱۱	–	–	–	–
۱۵/۱	۸و۴	–	–	–	۱۶	۳/۶	۸و۴	–	–	۰/۵(۸و۴)	–
۱/۲	–	–	۸و۴	–	۰/۵(۸و۴)	۴/۶	۰/۵(۸و۴)	–	۲	۸و۴	۲
۲/۲	–	۲	۸و۴	۲	۰/۵(۸و۴)	۵/۶	۱۱	–	–	–	–

omoorepeyman.ir

جدول (۹-۳۰): هزینه عملیات توصیه شده براساس سیاست ۲ (برحسب میلیون ریال)

کد قطعه و زیرقطعه	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	کد قطعه و زیرقطعه	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰
۱/۱	–	–	–	–	–	۳/۲	–	–	۱/۲۱	–	۰/۶۱
۲/۱	۱/۹۴	–	–	–	–	۴/۲	–	۰/۷۲	۹/۰۷	۰/۷۲	۴/۵۴
۳/۱	۰/۹۷	–	–	–	۲۰/۵۶	۱/۳	–	۱/۸۱	–	۰/۹۱	–
۴/۱	۳/۱۵	–	–	–	–	۲/۳	–	–	۰/۰۵	۰/۶	۰/۰۵
۵/۱	۱/۵۷	–	–	–	–	۳/۳	–	–	۰/۱۲	۳/۰۲	۰/۱۲
۶/۱	۳۸/۵۵	–	–	–	۳۳/۴۱	۴/۳	–	–	۰/۲۴	۳/۰۲	۰/۲۴
۷/۱	۳۸/۵۵	–	–	–	–	۵/۳	–	–	۰/۱	۰/۶	۰/۱
۸/۱	۳۸/۵۵	–	–	–	–	۶/۳	–	–	–	۰/۹۱	–
۹/۱	۳/۴۵	–	–	–	–	۱/۴	–	۰/۶	–	–	۰/۳
۱۰/۱	۳/۴۵	–	–	–	–	۲/۴	۰/۶	–	–	۰/۳	–
۱۱/۱	۳/۴۵	–	–	–	–	۳/۴	–	–	۲/۴۲	–	۱/۲۱
۱۲/۱	۳/۶۳	–	–	–	–	۴/۴	–	–	۳/۶۳	–	۱/۸۱
۱۳/۱	۱/۸۱	–	–	۰/۹۱	–	۱/۶	۹۲/۴۷	–	–	–	–
۱۴/۱	۳/۹۹	–	–	–	۷۰/۸۲	۲/۶	۴۶/۲۴	–	–	–	–
۱۵/۱	۲	–	–	–	۴۲/۴۱	۳/۶	۲/۵۵	–	–	۱/۲۸	–
۱/۲	–	–	۲/۴۲	–	۱/۲۱	۴/۶	۱/۰۴	–	۰/۲۳	۱/۶۲	۰/۲۳
۲/۲	–	۰/۱۵	۱/۸۱	۰/۱۵	۰/۹۱	۵/۶	۱۸۰/۳۲	–	–	–	–

جدول (۹-۳۱): بودجه سالیانه لازم برای اجرای سیاست ۲ (برحسب میلیون ریال)

سال	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰
بودجه	۴۶۸/۲۸	۳/۷۹	۲۰/۷۹	۱۴/۰۴	۱۸۰/۵۳

omoorepeyman.ir

جدول (۹-۳۲): وضعیت آینده شبکه ناشی از اعمال سیاست ۲

کدقطعه و زیرقطعه	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	کد قطعه و زیرقطعه	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰
۱/۱	۸۷	۸۳	۸۰	۷۷	۷۴	۳/۲	۷۹	۷۴	۷۸	۷۳	۷۲
۲/۱	۷۲	۶۹	۶۵	۶۲	۵۹	۴/۲	۷۵	۷۰	۷۴	۶۹	۶۸
۳/۱	۶۹	۶۶	۶۲	۵۹	۸۸	۱/۳	۷۲	۷۷	۷۴	۷۴	۷۱
۴/۱	۷۲	۶۹	۶۵	۶۲	۵۹	۲/۳	۸۳	۷۹	۷۶	۷۷	۷۴
۵/۱	۷۰	۶۷	۶۳	۶۰	۸۸	۳/۳	۷۸	۷۴	۷۱	۷۲	۶۹
۶/۱	۸۸	۸۵	۸۱	۷۸	۷۵	۴/۳	۷۸	۷۴	۷۱	۷۲	۶۹
۷/۱	۸۸	۸۵	۸۱	۷۸	۷۵	۵/۳	۸۴	۸۰	۷۷	۷۸	۷۵
۸/۱	۸۸	۸۵	۸۱	۷۸	۷۵	۶/۳	۸۴	۸۰	۷۷	۷۸	۷۵
۹/۱	۷۴	۸۳	۶۹	۶۶	۶۳	۱/۴	۷۵	۷۹	۷۴	۶۹	۶۸
۱۰/۱	۷۲	۶۹	۶۵	۶۲	۵۹	۲/۴	۷۶	۷۱	۶۶	۶۵	۶۱
۱۱/۱	۷۳	۷۰	۶۶	۶۳	۶۰	۳/۴	۷۸	۷۳	۷۷	۷۲	۷۱
۱۲/۱	۷۳	۷۰	۶۶	۶۳	۶۰	۴/۴	۸۰	۷۵	۷۹	۷۴	۷۳
۱۳/۱	۷۶	۷۳	۶۹	۷۱	۶۷	۱/۶	۹۷	۹۴	۹۰	۸۷	۸۴
۱۴/۱	۷۱	۶۸	۶۴	۶۱	۸۸	۲/۶	۹۷	۹۴	۹۰	۸۷	۸۴
۱۵/۱	۷۰	۶۷	۶۳	۶۰	۸۸	۳/۶	۷۲	۶۷	۶۲	۶۲	۵۷
۱/۲	۸۰	۷۵	۷۹	۷۴	۷۳	۴/۶	۷۶	۷۱	۶۶	۷۰	۶۵
۲/۲	۷۴	۶۹	۷۳	۶۸	۶۷	۵/۶	۹۷	۹۴	۹۰	۸۷	۸۴

جدول (۹-۳۳): اندیس وضعیت راه‌ها و شبکه ناشی از اعمال سیاست ۲

محور	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰
اتوبان تهران قم	۷۵/۸۱	۷۲/۹	۶۸/۹۹	۶۶/۲۳	۷۰/۰۱
قدیم تهران قم	۷۶/۰۴	۷۱/۰۴	۷۵/۰۴	۷۰/۰۴	۶۹/۰۴
قم-کاشان	۷۹/۱	۷۶/۴۵	۷۳/۴۵	۷۴/۳۰	۷۱/۳۰
قم سلفچگان	۷۸/۵۸	۷۴/۳۳	۷۶/۸۳	۷۲/۱۷	۷۰/۹۲
قم نیزار	۸۸/۹۶	۸۵/۲۸	۸۰/۹۳	۷۹/۵	۷۵/۸۱
شبکه	۷۸/۵۲	۷۵/۰۶	۷۳/۱۲	۷۰/۵۳	۷۰/۹۷

omoorepeyman.ir

۹-۱۵-۵- سیاست انتخاب عملیات لازم براساس بودجه تخصیص یافته

چنانچه بودجه تخصیصی به شبکه کمتر از بودجه بهینه باشد، لازم است به کمک اولویت‌بندی اقتصادی، برنامه‌ریزی عملیات ترمیمی انجام شود. این امر سبب می‌شود که میزان کاهش بهره‌وری ناشی از کسر بودجه، حداقل شود. در حال حاضر بودجه تخصیصی به بخش نگهداری راه‌ها در ایران پایین‌تر از حد بهینه آن است. با توجه به‌اینکه در این بخش عملاً برنامه‌ریزی برای عملیات نگهداری انجام می‌شود، لازم است به کمک اولویت‌بندی اقتصادی برنامه‌ریزی عملیات نگهداری (درزگیری، روکش، وصله‌کاری و بازسازی) انجام شود.

بررسی سیاست‌های قبلی بدین صورت انجام شد که بودجه مورد نیاز برای اعمال یک سیاست از پیش تعیین شده محاسبه و وضعیت ناشی از صرف بودجه مربوطه تعیین شد. در این قسمت برخلاف قسمت‌های قبلی با فرض بودجه‌ای محدود، سیاست تحمیلی به شبکه بررسی شده و وضعیت ناشی از آن تعیین می‌شود. در این سیاست بودجه‌ای به عنوان بودجه مفروض سالیانه فرض می‌شود که‌این بودجه در طول برنامه پنج ساله ثابت باقی می‌ماند. با توجه به اینکه بودجه اختصاصی به یک سال ممکن است از حد بهینه کمتر باشد، احتمال اینکه در سالهای بعدی نیز کسر بودجه رخ دهد وجود دارد. بنابراین ممکن است در سالهای بعد نیز استفاده از برنامه اولویت‌بندی لازم شود.

اجرای این سیاست به‌این ترتیب می‌باشد که ابتدا هزینه عملیات توصیه شده در هر سال برآورد می‌شود و با توجه به بودجه تخصیصی سالیانه میزان کسر بودجه مشخص می‌شود. با توجه به‌اینکه بودجه تخصیصی کمتر از بودجه بهینه است، پروژه‌های منتخب به روش ذکر شده در اولویت‌بندی اقتصادی در شبکه، اولویت‌بندی می‌شوند. پس از انجام این مراحل، پروژه‌های قابل اجرا انتخاب و پروژه‌هایی که بودجه کافی برای آنها وجود ندارد به سال بعد موکول می‌شوند. یادآوری می‌شود که مبنای محاسبات هزینه استفاده‌کنندگان از راه می‌باشد. در هر سال با توجه به اولویت پروژه و امکان‌سنجی انجام آن در حد بودجه موجود سالیانه، بودجه اختصاصی سالیانه به هر پروژه ترمیم و مرمت روسازی مشخص شده و با کسر آن از کل بودجه سالیانه تخصیصی مقدار بودجه باقیمانده برای سایر پروژه‌های منتخب تعیین می‌شود که به همین ترتیب برای سایر پروژه‌ها به ترتیب اولویت عمل شده و پروژه‌هایی که بودجه آن‌ها از حد کافی پایینتر است به سال بعد با اولویت بالاتر منتقل می‌شوند. اگر مقداری از بودجه سالیانه (پس از تخصیص اعتبار به پروژه‌های منتخب) باقی بماند، این بودجه در عمل صرف مخارج دیگر در یک حوزه استحفاظی شده ودر سال بعدی از همان منبع جبران می‌شود. برای این سیاست نیز نتیجه برنامه‌ریزی‌های صورت گرفته در جداول (۹-۳۴) و (۹-۳۵) ارائه شده است. در جدول (۹-۳۶) نیز وضعیت کلی شبکه راه‌ها در سالهای مختلف برنامه مشاهده می‌شود.

omoorepeyman.ir

جدول (۹-۳۴) کد عملیات توصیه شده بر مبنای برنمه‌های اولویت بندی (سیاست ۳)

کدقطعه و زیر قطعه	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	کدقطعه و زیر قطعه	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰
۱/۱	-	-	-	-	-	۳/۲	-	-	-	۴ و ۸	-
۲/۱	۴ و ۸	-	-	-	-	۴/۲	-	۲	-	۲و۴و۸	-
۳/۱	۴و۸	-	-	-	۱۶	۱/۳	-	۴و۸	-	(۴و۸)۰/۵	-
۴/۱	۴و۸	-	-	-	-	۲/۳	-	-	۲	(۴و۸)۰/۵	۲
۵/۱	۴و۸	-	-	۱۶	-	۳/۳	-	-	۲	۴و۸	۲
۶/۱	۴و۵و۷و۹	-	-	-	-	۴/۳	-	-	۲	۴و۸	۲
۷/۱	۴و۵و۷و۹	-	۱۶	-	-	۵/۳	-	-	۲	(۴و۸)۰/۵	۲
۸/۱	۴و۵و۷و۹	-	-	-	-	۶/۳	-	-	-	(۴و۸)۰/۵	-
۹/۱	۴و۸	-	-	-	-	۱/۴	-	۴و۸	-	-	(۴و۸)۰/۵
۱۰/۱	۴و۸	-	-	-	-	۲/۴	۴و۸	-	-	(۴و۵و۸۹۰/	-
۱۱/۱	۴و۸	-	-	-	-	۳/۴	-	-	۴و۸	-	(۴و۸)۰/۵
۱۲/۱	۴و۸	-	-	-	-	۴/۴	-	-	۴و۸	-	(۴و۸)۰/۵
۱۳/۱	۴و۸	-	-	(۴و۸)۰/۵	-	۱/۶	-	-	-	-	-
۱۴/۱	۴و۸	-	-	-	۱۶	۲/۶	۱۱	-	-	-	-
۱۵/۱	۴و۸	-	-	-	۱۶	۳/۶	٤و۸	-	-	(۴و۸)۰/۵/	-
۱/۲	-	-	-	۴و۸	-	۴/۶	(٤و۸)۰/۵	-	۲	۴و۸	۲
۲/۲	-	۲	۴و۸	۲	(۴و۸)۰/۵	۵/۶	-	۱۱	-	-	-

omoorepeyman.ir

جدول (۹-۳۵) : وضعیت پیش‌بینی شده شبکه ناشی ازاعمال برنامه‌های اولویت‌بندی (سیاست ۳)

کد قطعه و زیرقطعه	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰
۱/۱	۹۰	۸۷	۸۳	۸۰	۷۷	۷۴
۱/۲	۶۶	۶۳	۵۹	۸۸	۸۵	۸۱
۳/۱	۶۳	۶۰	۸۸	۸۵	۸۱	۷۸
۱/۴	۶۶	۶۳	۵۹	۸۸	۸۵	۸۱
۵/۱	۶۴	۶۱	۵۷	۸۸	۸۵	۸۱
۶/۱	۵۳	۸۸	۸۵	۸۱	۷۸	۷۵
۷/۱	۵۲	۸۸	۸۵	۸۱	۷۸	۷۵
۸/۱	۵۶	۸۸	۸۵	۸۱	۷۸	۷۵
۹,۱	۶۸	۶۵	۶۱	۵۸	۸۸	۸۵
۱۰/۱	۶۶	۶۳	۵۹	۸۸	۸۵	۸۱
۱۱/۱	۶۷	۶۴	۶۰	۸۸	۸۵	۸۱
۱۲/۱	۶۷	۶۴	۶۰	۸۸	۸۵	۸۱
۱۳/۱	۷۰	۶۷	۶۳	۶۰	۸۸	۸۵
۱۴/۱	۶۵	۶۰	۵۸	۸۸	۸۵	۸۱
۱۵/۱	۶۴	۶۱	۵۷	۸۸	۸۵	۸۱
۱/۲	۸۵	۸۰	۷۵	۷۰	۶۵	۶۰
۲,۲	۷۹	۷۴	۶۹	۶۴	۵۹	۸۸
۳/۲	۸۴	۷۹	۷۴	۶۹	۶۴	۵۹
۴/۲	۸۰	۷۵	۷۰	۶۵	۶۰	۸۸
۱/۳	۷۵	۷۲	۶۸	۶۵	۶۲	۵۹
۲/۳	۸۶	۸۳	۷۹	۷۶	۷۳	۷۰
۳/۳	۸۱	۷۸	۷۴	۷۱	۶۸	۶۵
۴/۳	۸۱	۷۸	۷۴	۷۱	۶۸	۶۵
۵/۳	۸۷	۸۴	۸۰	۷۷	۷۴	۷۱
۶/۳	۸۷	۸۴	۸۰	۷۷	۷۴	۷۱

omoorepeyman.ir

جدول (۹-۳۶) پیش‌بینی وضعیت شبکه ناشی از اعمال سیاست ۳ (بودجه ثابت سالیانه)

محور	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰
اتوبان تهران قم	۷۱/۹	۶۹/۰۲	۶۸/۸۱	۶۸/۶۶	۷۱/۱۲
قدیم تهران قم	۷۶/۰۴	۷۱/۰۴	۶۷/۱۷	۷۰/۰۴	۶۵/۵۴
قم-کاشان	۷۹/۱	۷۶/۴۵	۷۳/۴۵	۷۴/۳۰	۷۱/۳۰
قم سلفچگان	۷۸/۵۸	۷۴/۳۳	۷۶/۸۳	۷۲/۱۵	۷۰/۹۲
قم نیزار	۴۹/۲۹	۷۴/۲۰	۸۳/۷۵	۸۱/۹۴	۷۸/۰۷
شبکه	۷۰/۸۳	۷۱/۶۵	۷۱/۲۱	۷۱/۹۹	۷۱/۲۱

۹-۱۵-۶- مقایسه سیاست‌های مختلف

برای مقایسه سیاست‌های مختلف شاخصی به نام بازدهی سرمایه تعریف می‌شود. بدین صورت که سرمایه صرف شده در هر یک از سیاست‌های مذکور در قسمت‌های قبلی برای افزایش یک واحد وضعیت میانگین شبکه نسبت به زوال طبیعی، به عنوان بازدهی سرمایه تعریف می‌شود. با مقایسه سه سیاست ذکر شده معلوم می‌شودکه سیاست ۲ بیشترین بازدهی سرمایه را خواهد داشت (جدول ۹-۳۷). برتری سیاست ۲ نسبت به سیاست ۱ به دلیل بهینه بودن سیاست انتخابی است، به‌این معنی که از عملیاتی استفاده شده است که بیشترین بازدهی را دارا هستند (عملیات درزگیری و وصله‌کاری). برتری سیاست ۲ نسبت به سیاست ۳ به دلیل تخصیص به موقع اعتبار و بودجه لازم می‌باشد. قابل توجه است که پیامدهای ناشی از انتخاب سیاست نادرست بیشتر از عدم تخصیص به موقع بودجه در سیاست‌های درست می‌باشد [۳۵].

جدول (۹-۳۷) مقایسه سیاستهای ۱ و ۲ و ۳

سیاست	بودجه ۵ ساله (10^6 ریال)	بودجه سالیانه (10^6 ریال)	وضعیت شبکه پس از سیاست	افزایش وضعیت نسبت به طبیعی	بازدهی (٪)
۱	۱۳۶۱/۸۱	۲۷۲	۷۵/۳۶	۱۷/۷۶	۱۳
۲	۶۹۹/۴۳	۱۴۰	۷۳/۶۴	۱۶/۰۴	۲۳
۳	۷۰۰	۱۴۰	۷۱/۳۸	۱۳/۷۸	۲۰

omoorepeyman.ir

۹-۱۶- نتیجه‌گیری و بحث:

ارزیابی‌های متناوب صورت گرفته بر روی روسازی راه‌های موجود وضعیت روسازی‌ها را مشخص می‌کند. با توجه به مشخصه‌های عملکردی روسازی‌ها (PCI) که در این دستورالعمل به تفصیل شرح داده شد، روسازی‌هایی که PCI آن‌ها کمتر از حد مجاز و قابل قبول باشند برای عملیات تعمیر و نگهداری انتخاب می‌شوند.

در سیستم مدیریت روسازی راه‌ها، در سطح شبکه معمولاً پروژه‌های مختلف موجود با توجه به بودجه مورد نیاز هر پروژه برای انجام عملیات نگهداری و به احتمال زیاد محدودیت بودجه، اولویت‌بندی می‌شوند. برای این کار در این دستورالعمل سود خالص سالیانه حاصل از هر پروژه معیار اولویت‌بندی اقتصادی قرار گرفته است بدین صورت که برای هر پروژه ابتدا هزینه سرمایه گذاری اولیه و هزینه نگهداری کل راه در دوره طرح راه مشخص شده و هزینه متوسط سالیانه برای هر کیلومتر از راه محاسبه می‌شود سپس با توجه به هزینه کارکرد وسایل نقلیه در اثر ارتقای PCI پس از انجام عملیات نگهداری، سود متوسط سالیانه هر استفاده کننده در هر کیلومتر از راه تعیین می‌گردد. تفاوت سود و هزینه سالیانه نشاندهنده سود خالص سالیانه می‌باشد به‌این صورت که پروژه با سود خالص سالیانه بیشتر دارای اولویت اقتصادی بالاتری است.

پس از انجام اولویت‌بندی در سطح شبکه برای تعیین اقتصادی‌ترین و بهینه‌ترین گزینه انجام یک پروژه نیز باید اولویت‌بندی اقتصادی انجام گیرد. در این اولویت‌بندی بر مبنای بودجه تخصیص یافته در مرحله قبل به هر پروژه بهترین و اقتصادی‌ترین گزینه انجام هر پروژه (لکه‌گیری، روکش و ...) مشخص می‌شود. با انجام اولویت‌بندی‌های ذکر شده می‌توان بودجه اختصاص یافته به امر نگهداری روسازی راه‌ها را به طرز بهینه ابتدا در سطح شبکه به پروژه‌های مختلف تقسیم نمود و سپس با توجه به مقدار بودجه تخصیص یافته نسبت به بودجه مورد نیاز هر پروژه بهترین گزینه انجام آن پروژه را انتخاب کرد که این کار برنامه‌ای مناسب و اقتصادی برای انجام عملیات تعمیر و نگهداری روسازی‌ها ارائه نموده و سیستم مدیریت روسازی راه‌ها را بهینه خواهد نمود.

omoorepeyman.ir

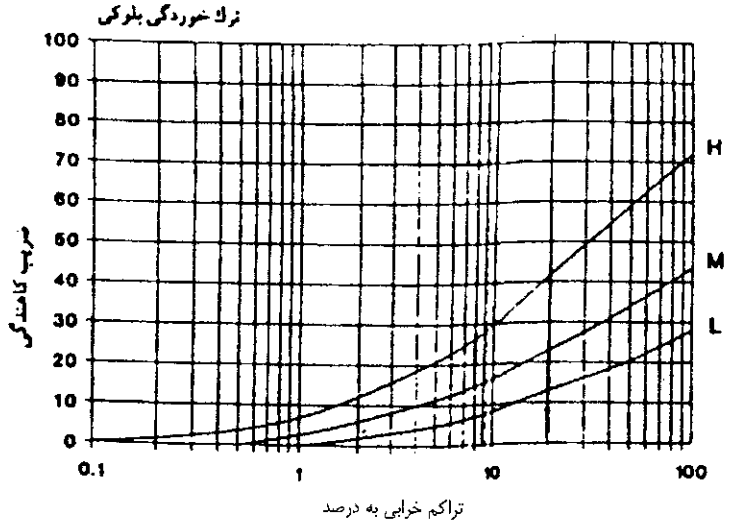
omoorepeyman.ir

پیوست ۱

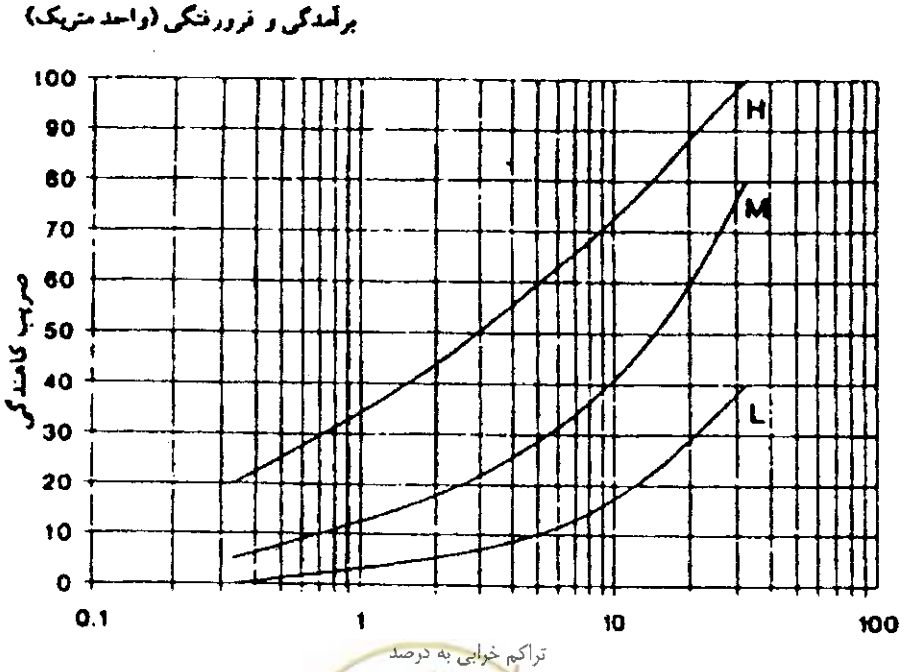
omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

منحنیهای ضریب کاهندگی
راههای رویه‌دار

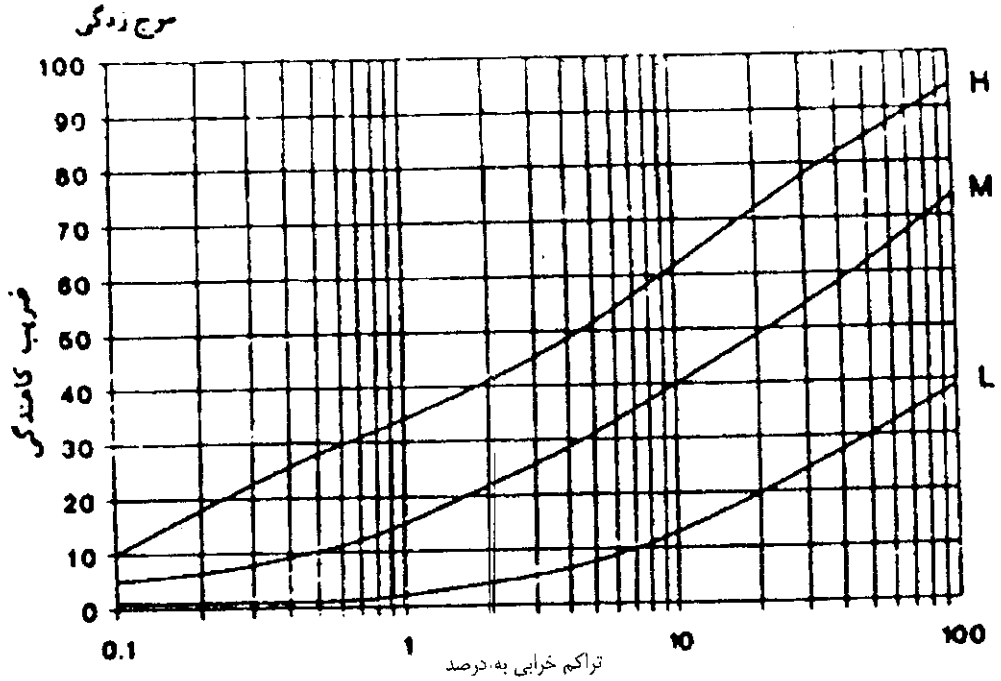


شکل (۱-۱-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع ترک خوردگی

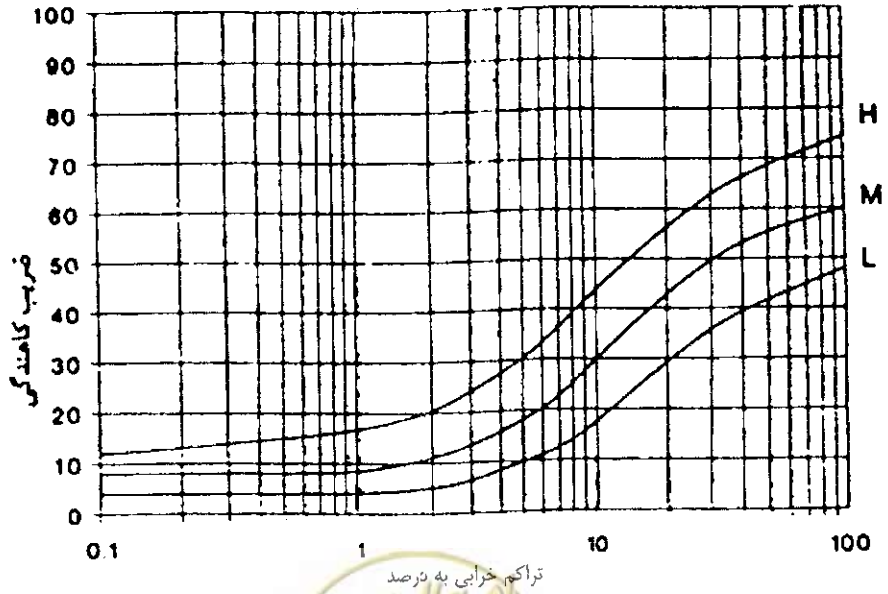


شکل (۱-۲-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع برآمدگی و فرورفتگی

omoorepeyman.ir

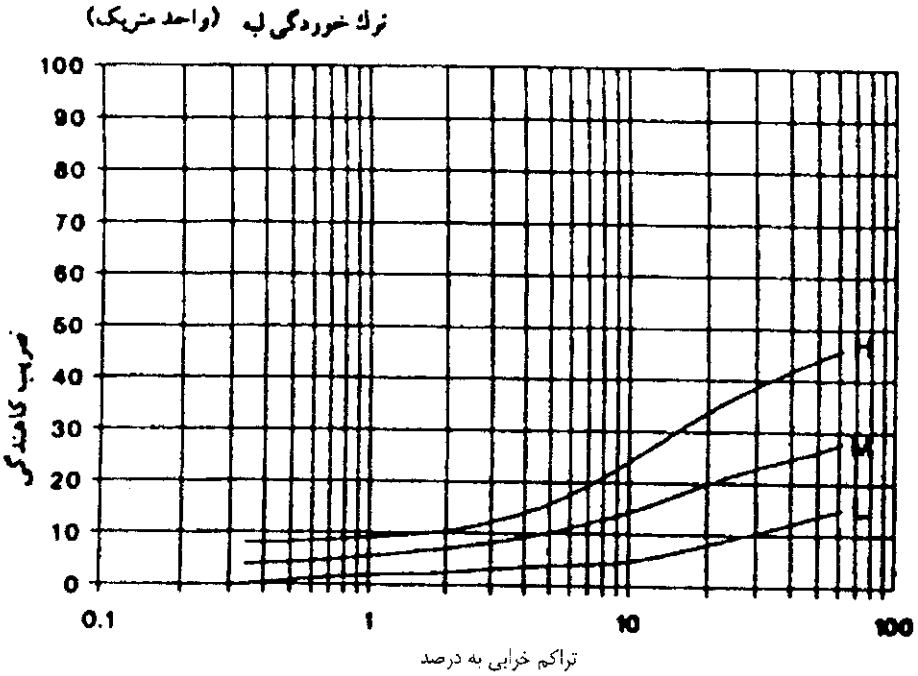


شکل (۱-۳-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع موج‌زدگی

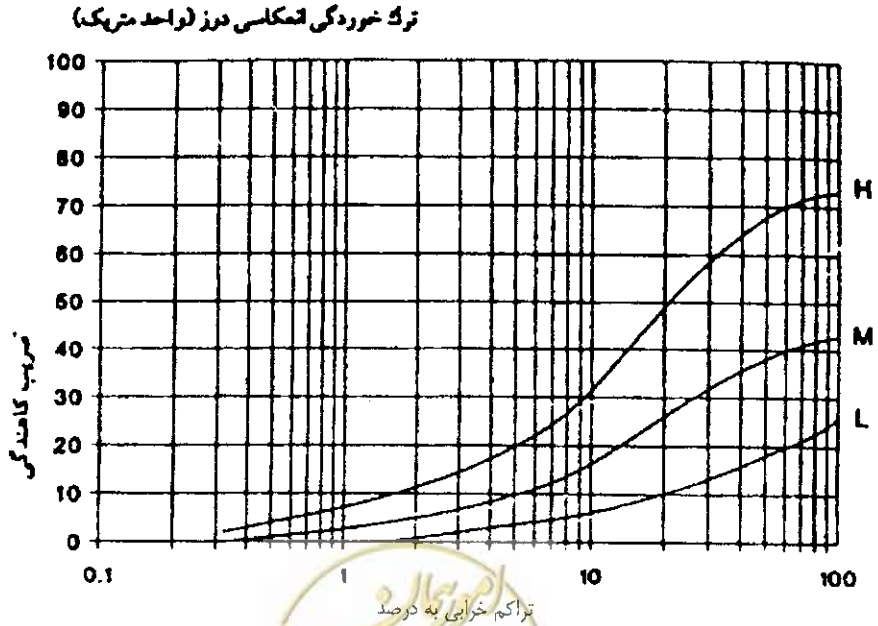


شکل (۱-٤-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع نشست

omoorepeyman.ir

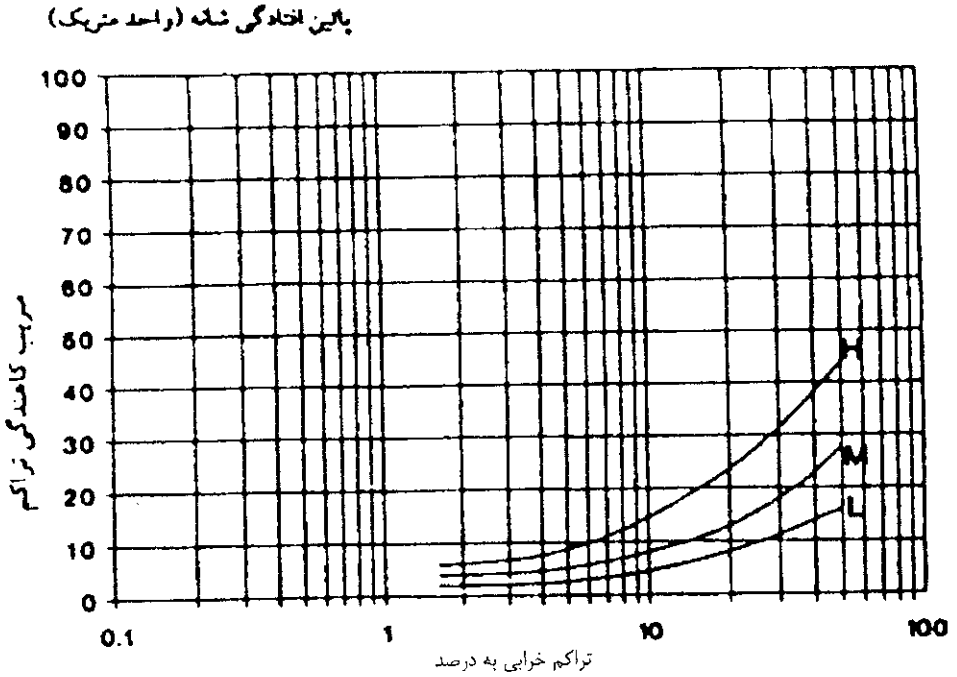


شکل(۱-۵-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع ترک خوردگی لبه

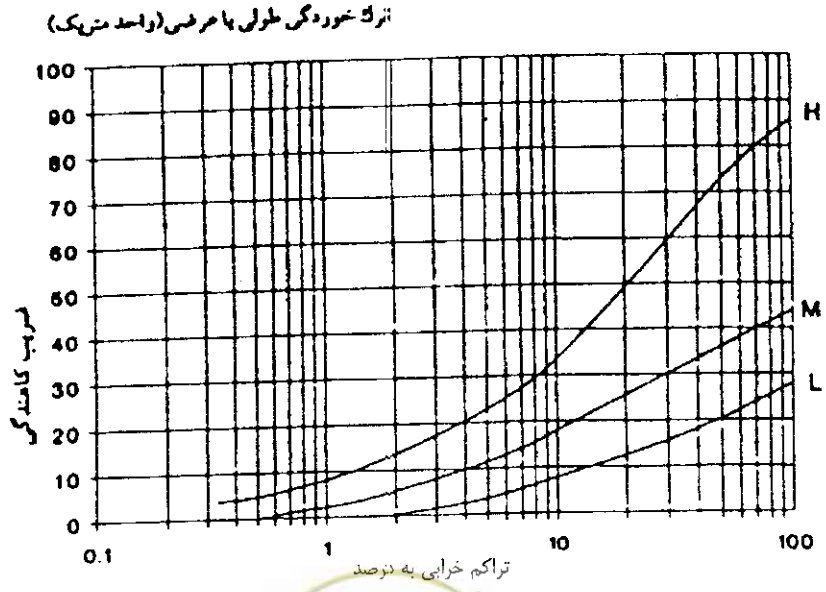


شکل(۱-۶-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع ترک خوردگی انعکاسی

omoorepeyman.ir

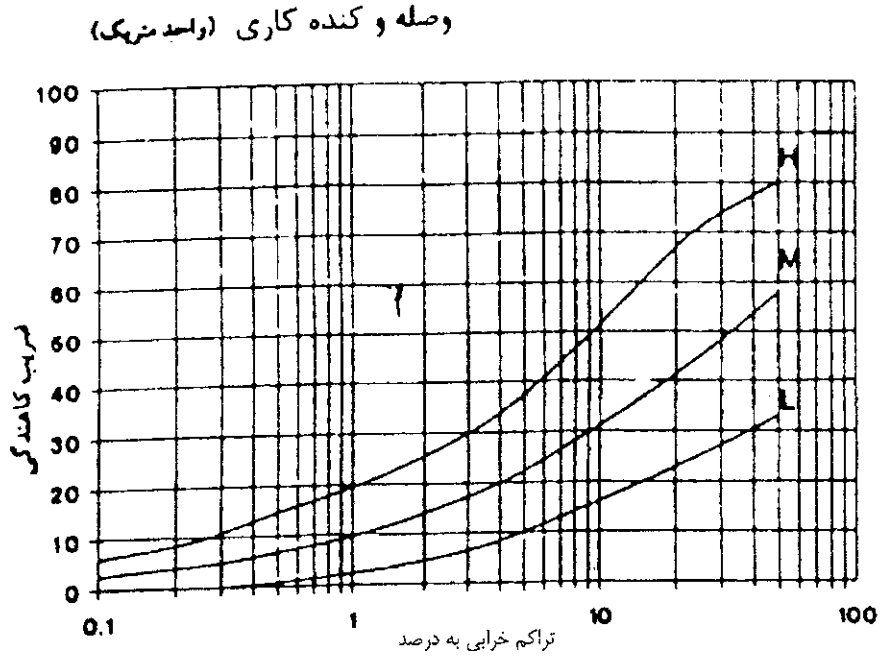


شکل (۱-۷-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع پایین افتادگی شانه

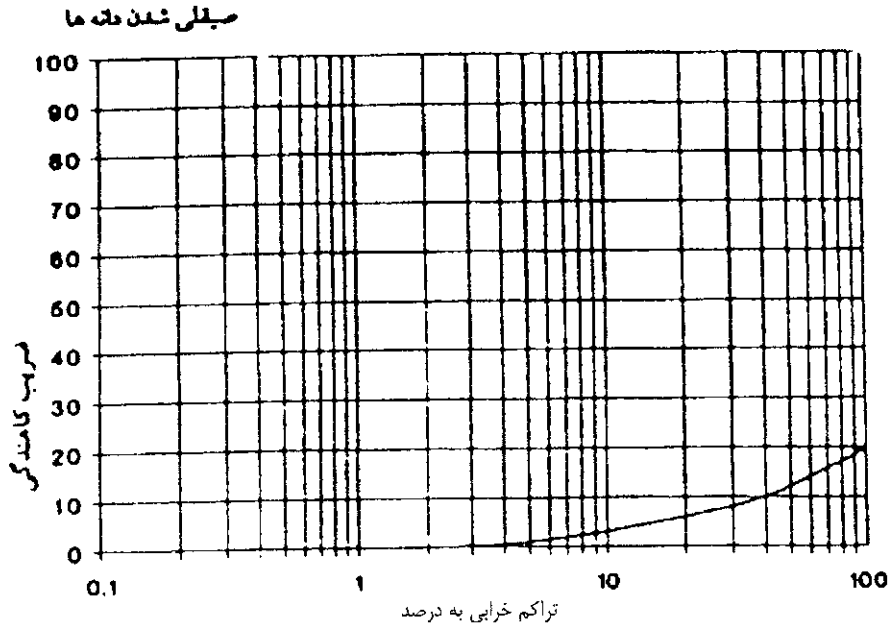


شکل(۱-۸-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع ترک خوردگی طولی یا عرضی

omoorepeyman.ir

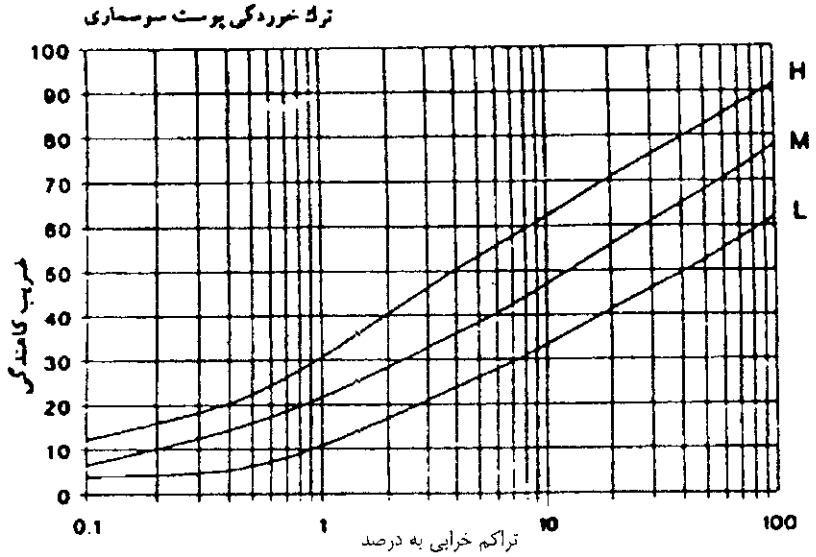


شکل(۱-۹-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع وصله وکنده‌کاری

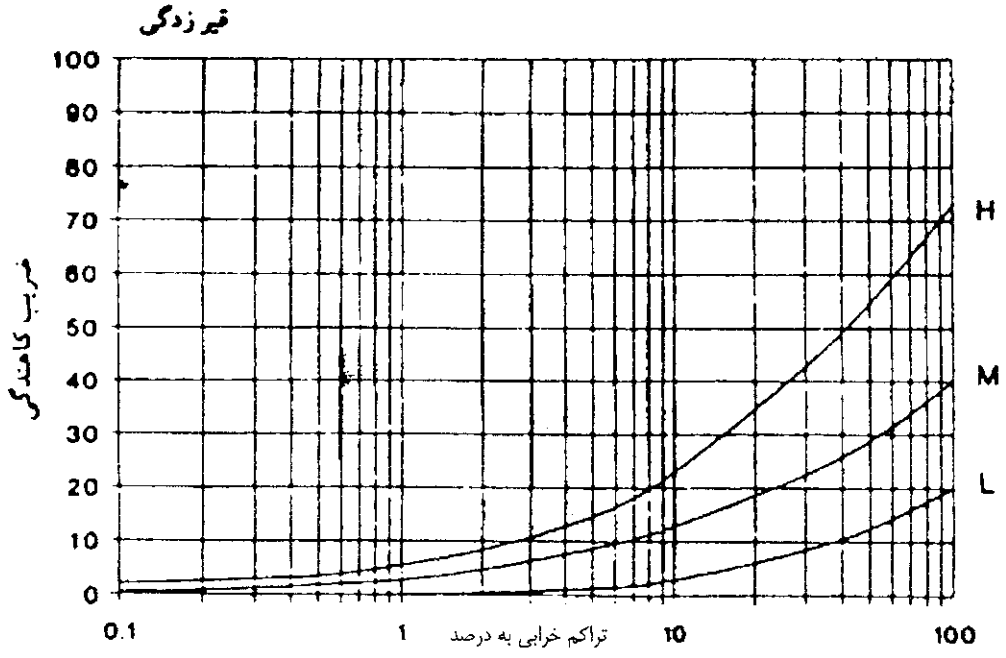


شکل(۱-۱۰-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع صیقلی شدن دانه‌ها

omoorepeyman.ir

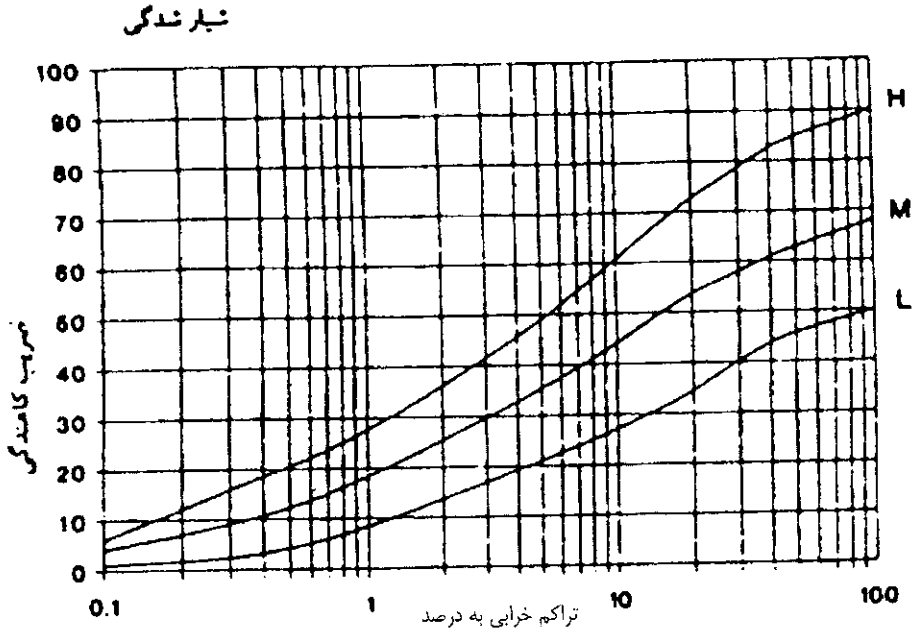


شکل(۱-۱۱-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع ترک خوردگی پوست سوسماری

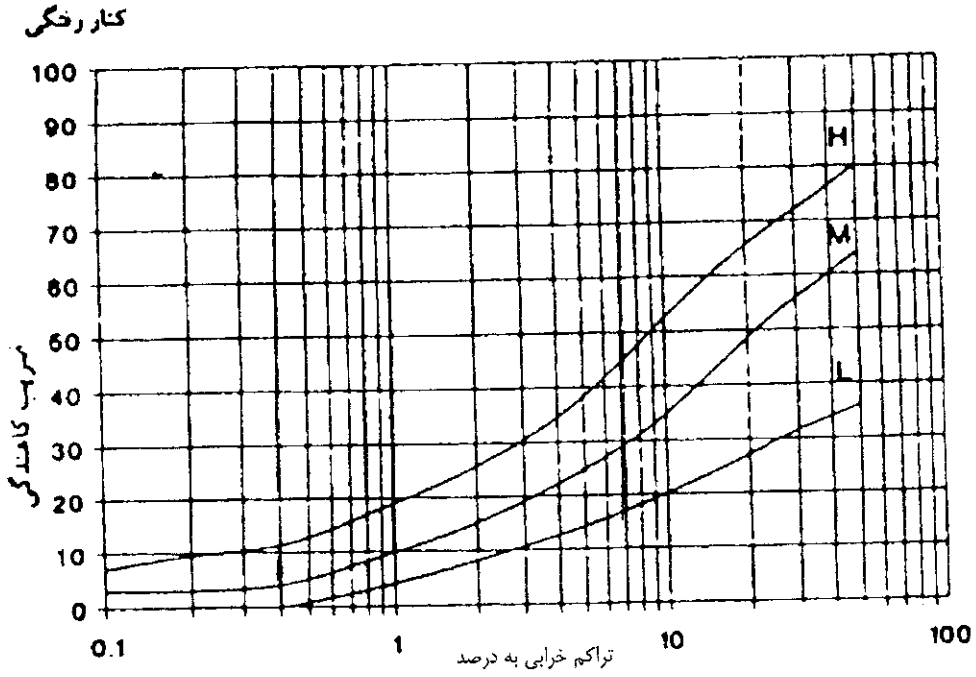


شکل(۱-۱۲-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع ترک خوردگی انعکاسی درز

omoorepeyman.ir

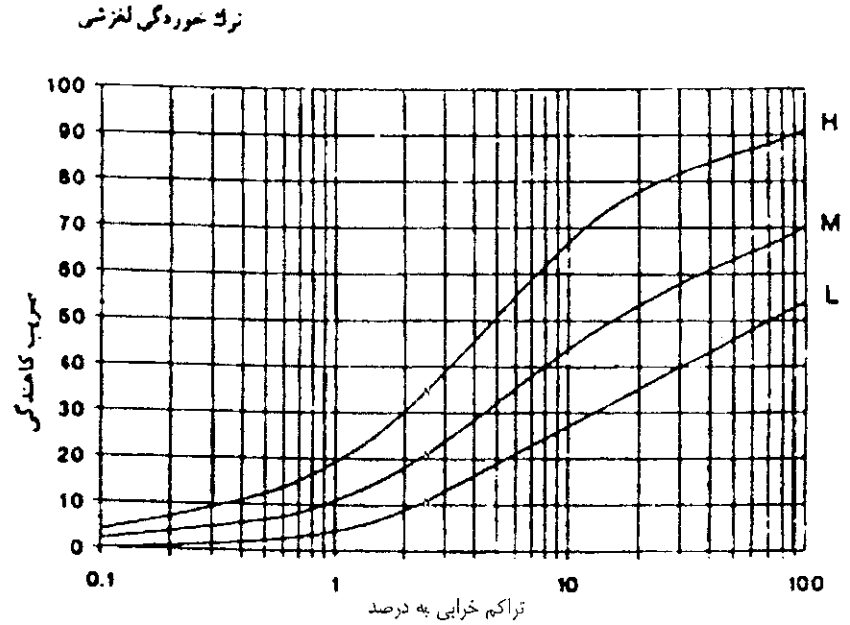


شکل(۱-۱۳-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع شیارشدگی

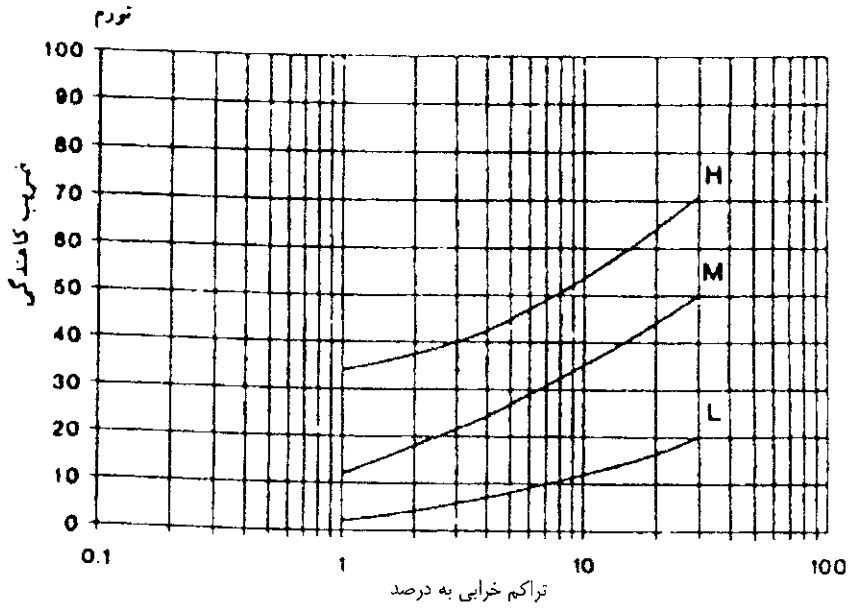


شکل(۱-۱۴-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع کناررفتگی

omoorepeyman.ir

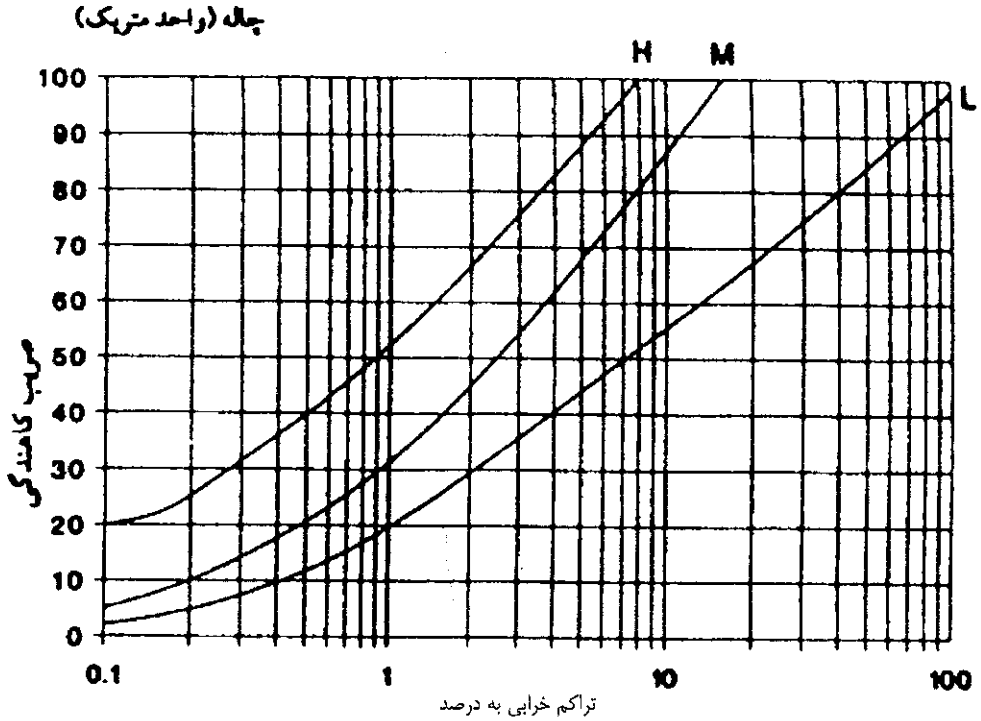


شکل(۱-۱۵-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع ترک خوردگی لغزشی

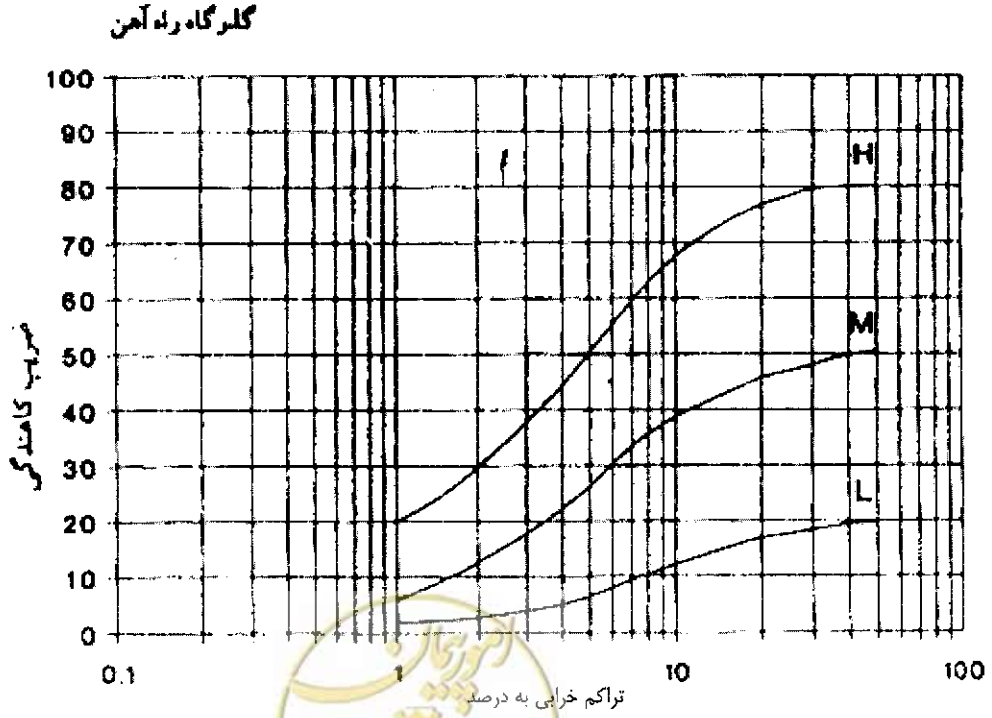


شکل(۱-۱۶-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع تورم

omoorepeyman.ir

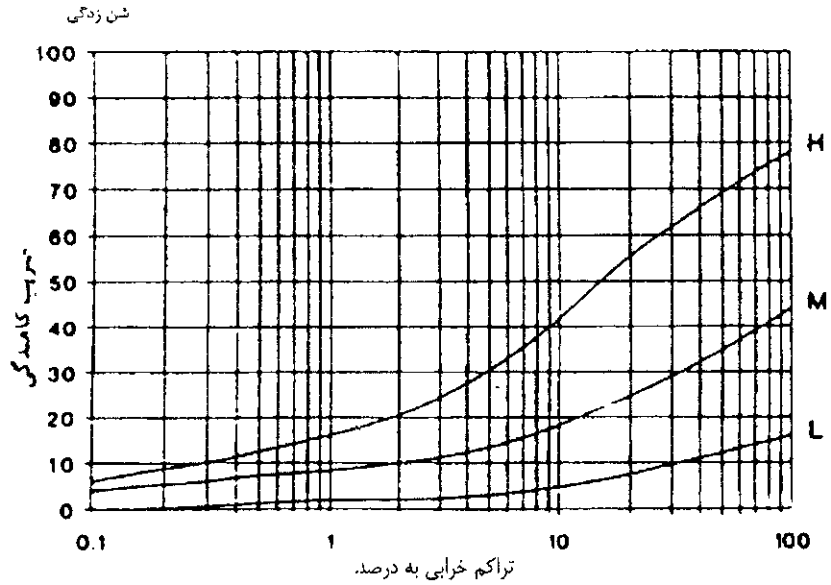


شکل(۱-۱۷-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع چاله

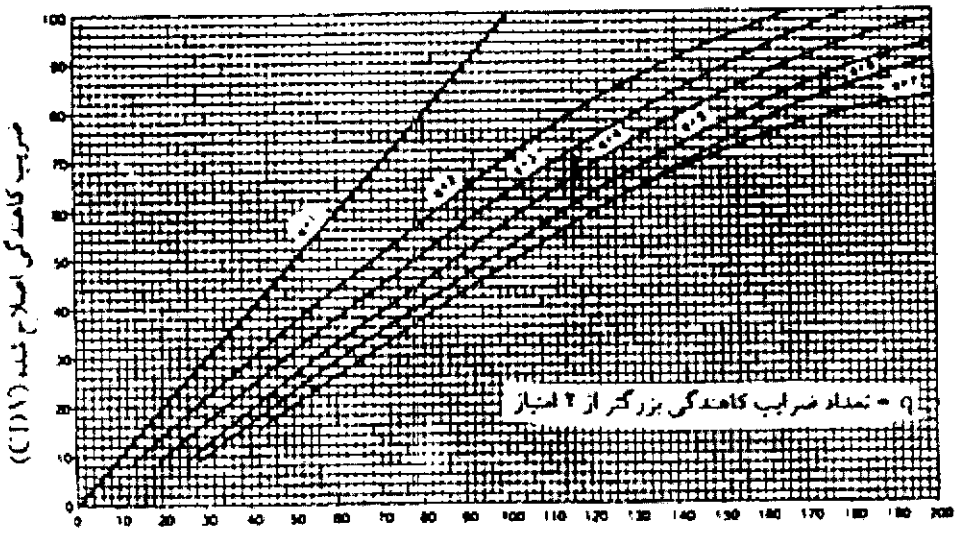


شکل(۱-۱۸-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع گذرگاه راه‌آهن

omoorepeyman.ir



شکل(۱-۱۹-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع شن‌زدگی



ضریب کاهندگی کل (CDV)

شکل(۱-۲۰-پ) : منحنی ضریب کاهندگی کل برای راه‌های رویه‌دار

omoorepeyman.ir

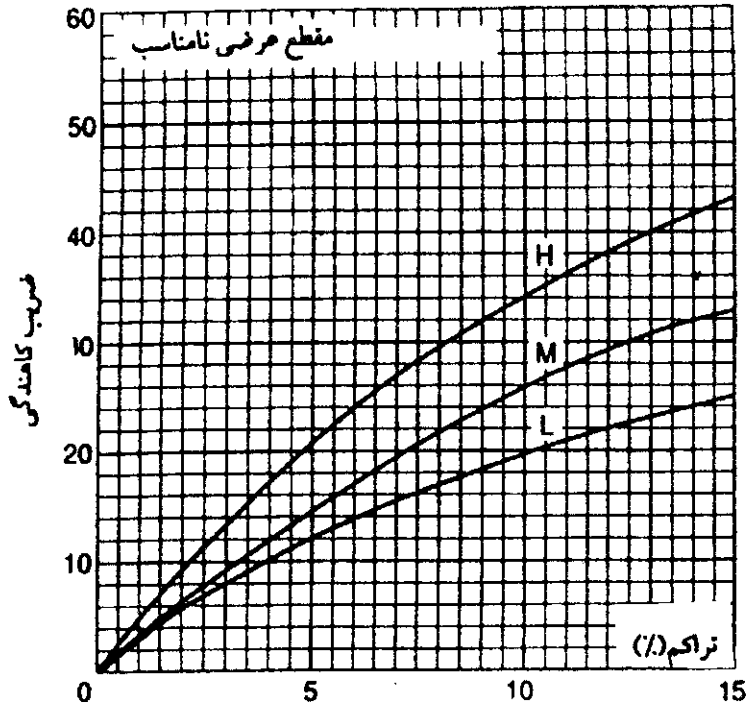
پیوست ۲

omoorepeyman.ir

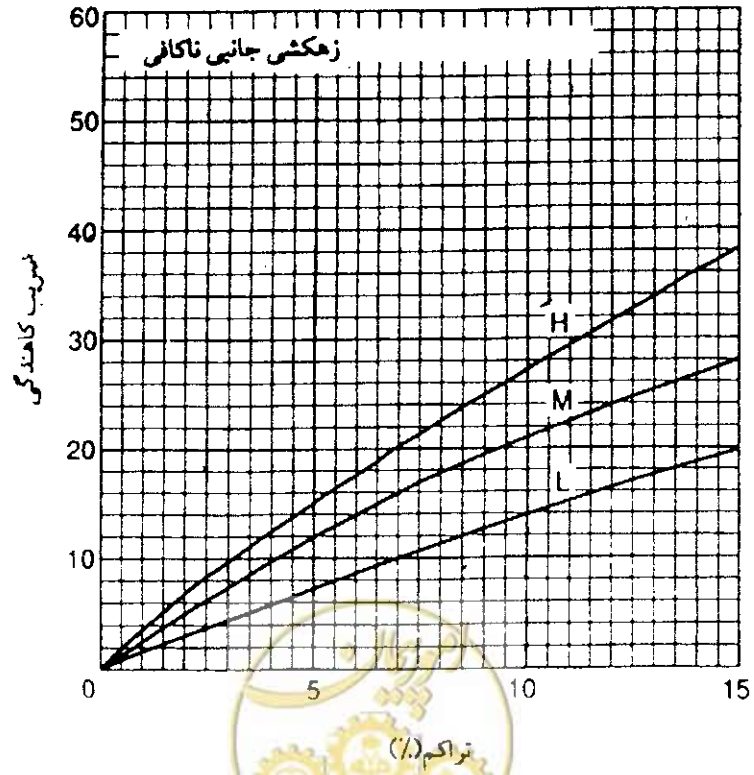
omoorepeyman.ir

منحنیهای ضریب کاهندگی

راههای بدون رویه

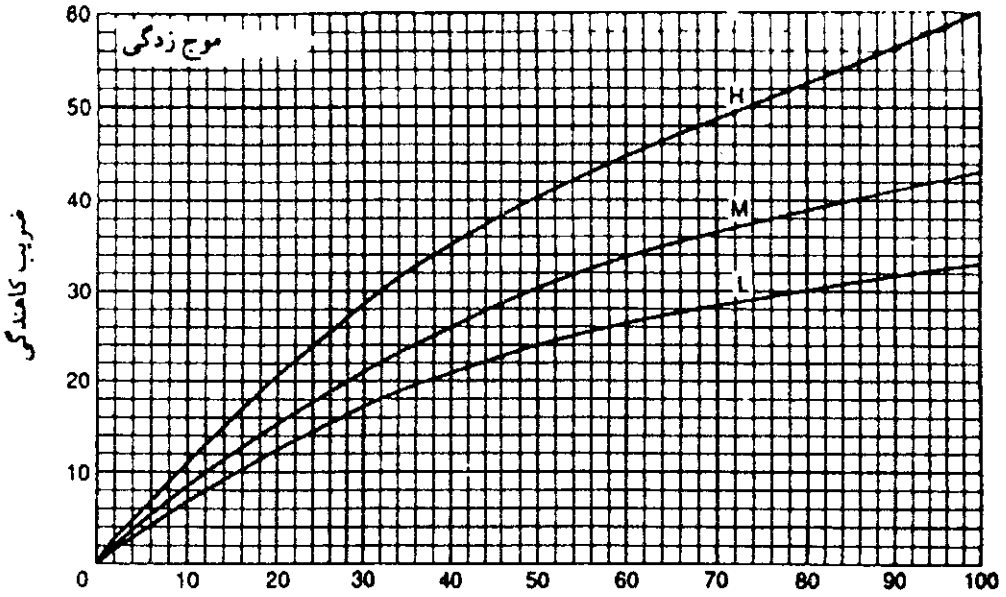


شکل(۲-۱-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع مقطع عرضی نامناسب



شکل (۲-۲-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع زهکشی ناکافی

omoorepeyman.ir



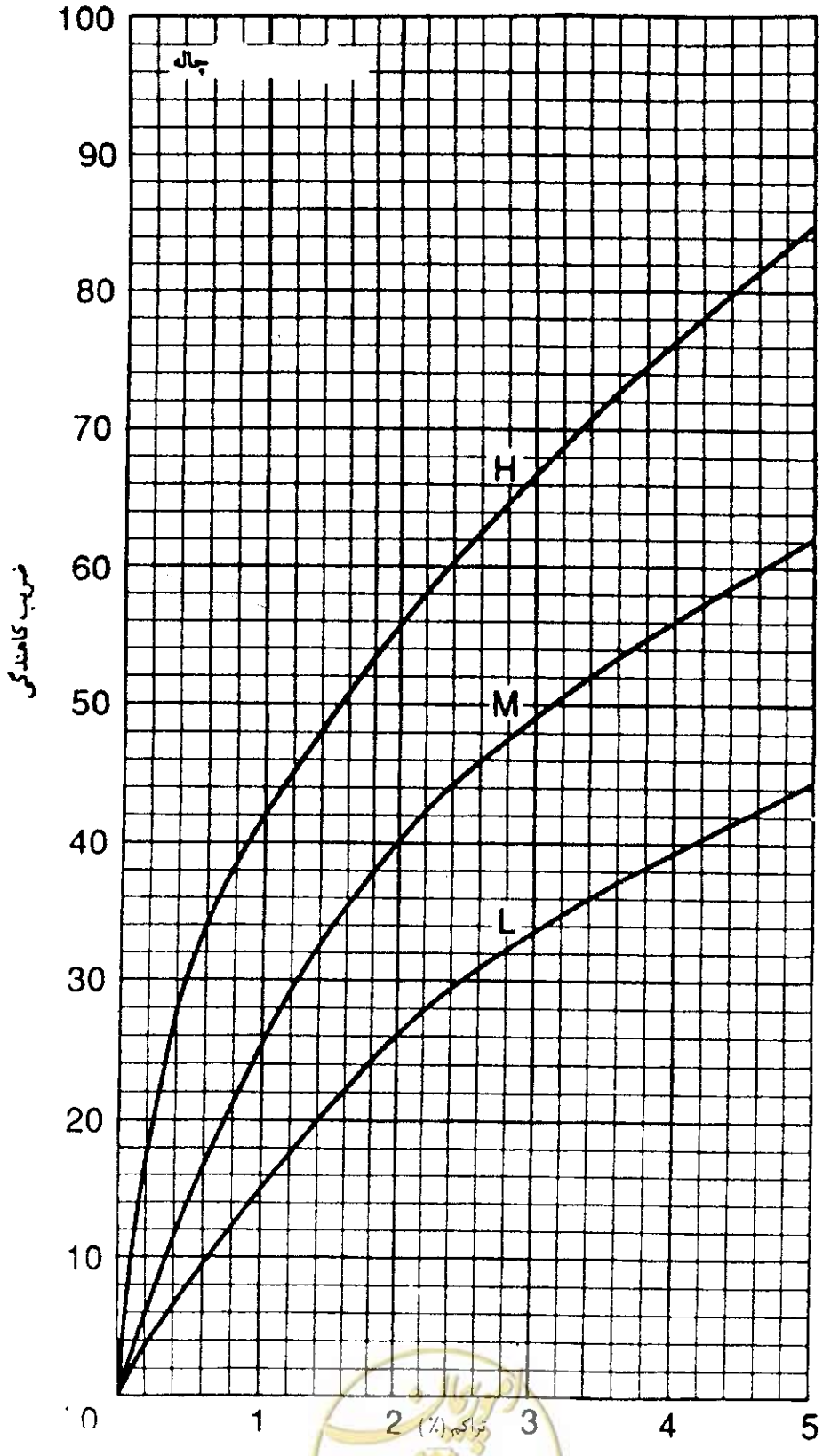
شکل (۲-۳-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع موج زدگی

گرد و غبار براساس تراکم درجه بندی نمی‌شود
ضرایب کاهندگی برای سطوح شدت از این قرارند:

کم	۲
متوسط	۵
زیاد	۱۵

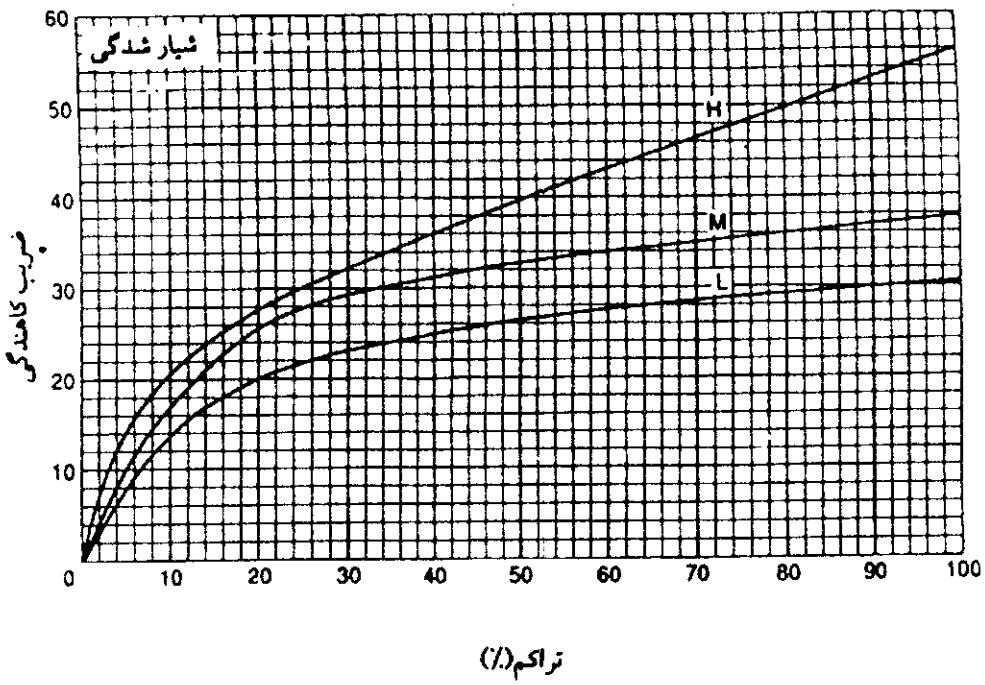
شکل (۲-۴-پ) : ضرایب کاهندگی برای خرابی از نوع گرد و غبار

omoorepeyman.ir

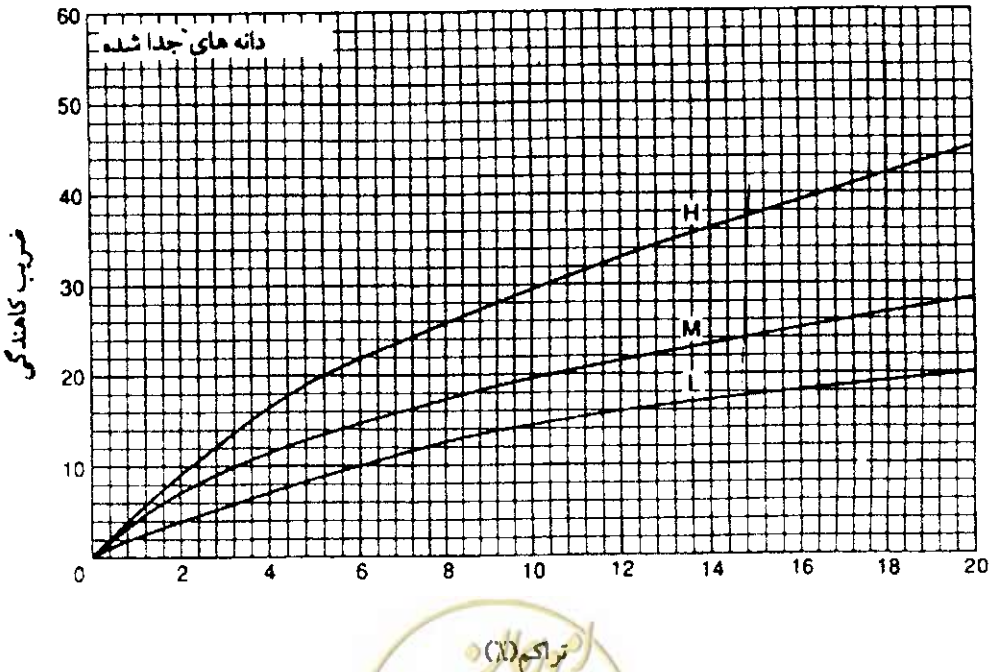


شکل (۲-۵-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع چاله

omoorepeyman.ir

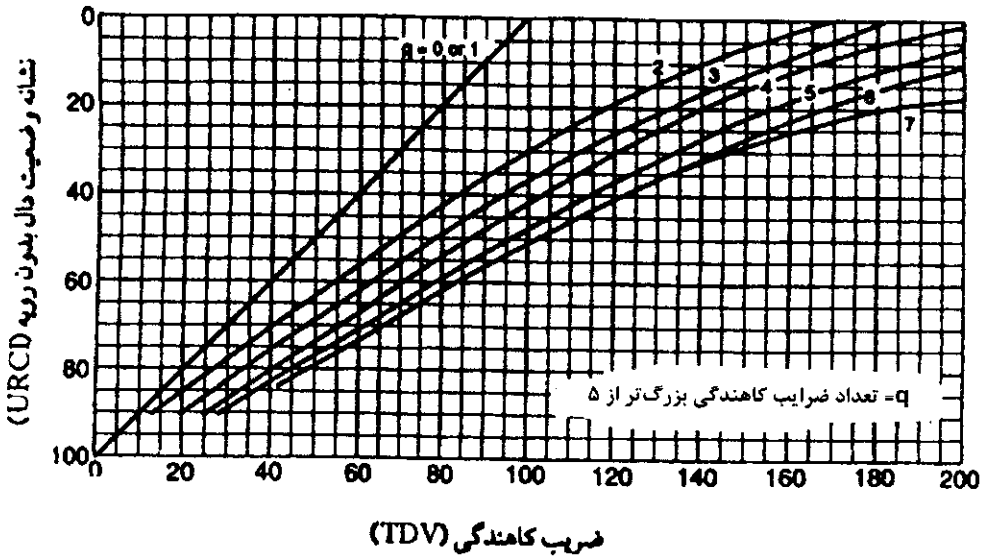


شکل (۲-۶-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع شیارشدگی



شکل (۲-۷-پ) : منحنی ضریب کاهندگی برای خرابی از نوع دانه های جدا شده

omoorepeyman.ir



شکل (۲-۸-پ) : منحنی ضریب کاهندگی کل برای راههای بدون رویه

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

پیوست ۳

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

نحوه محاسبه PCI یک واحد نمونه

پس از انتخاب واحد نمونه بازرسی (نحوه انتخاب واحدهای نمونه بازرسی در فصل چهارم این راهنما تشریح شده است)، PCI هر واحد نمونه با استفاده از اطلاعات حاصل از بازرسی واحد نمونه که در پرسشنامه منحصر به آن واحد (نظیر جدول (۳-۱-پ)) ثبت شده است محاسبه می‌شود. برداشت خرابی‌ها در هر واحد نمونه بایستی با رعایت کامل مبانی و براساس تعریف هر نوع خرابی، شرح خرابی، سطوح شدت و نحوه اندازه‌گیری خرابی که در فصول سوم و پنجم این راهنما برای راه‌های رویه‌دار و بدون رویه ارائه شده است انجام شود. نحوه محاسبه PCI یک واحد نمونه با ارائه یک مثال کاربردی به قرار زیر تشریح می‌شود: جداول (۳-۲-پ) و (۳-۳-پ) پرسشنامه یک واحد نمونه بازرسی شده را نشان می‌دهند. همانطوریکه ملاحظه می‌شود در این واحد نمونه چهار نوع خرابی با سطوح شدت متفاوت به شرح زیر مشاهده و ثبت شده است.

۱- یک مورد ترک پوست سوسماری با دو سطح شدت کم و متوسط

۲- یک مورد فرورفتگی و برآمدگی با یک سطح شدت کم

۳- شش مورد ترکهای طولی و عرضی با دو سطح شدت کم و متوسط

۴- یک مورد جدا شدن دانه‌ها / هوازدگی و دانه‌دانه شدن با یک سطح شدت متوسط

در پرسشنامه بازرسی برای هر سطح شدت خرابی یک ردیف اختصاص داده شده است که بازرس بایستی جمع کل هر خرابی را با در نظر گرفتن سطح شدت مربوطه (کم، متوسط، زیاد) در ستون مربوط به نوع خرابی متناظر ثبت نماید (در این مثال کاربردی برای خرابی از نوع ترک پوست سوسماری ۰/۵۶ (۰/۷۵ × ۰/۷۵) متر مربع ترک پوست سوسماری با شدت کم و ۱/۴۹ (۱/۲۲ × ۱/۲۲) متر مربع ترک پوست سوسماری با شدت متوسط محاسبه گردیده که در ستون خرابی ترک پوست سوسماری و ردیف‌های سطوح شدت کم و متوسط ثبت شده است). گام بعدی برای محاسبه PCI واحد نمونه بازرسی شده آنستکه برای هر نوع خرابی، تراکم خرابی (برحسب درصد) را برای هر سطح شدت ملاحظه شده نسبت به سطح کل واحد نمونه بازرسی شده محاسبه نمود. نحوه محاسبه تراکم خرابی به این ترتیب است که مقدار هر خرابی اندازه‌گیری شده بر سطح کل واحد نمونه تقسیم و سپس در عدد ۱۰۰ ضرب شود. (در این مثال کاربردی برای محاسبه درصد تراکم خرابی از نوع پوست سوسماری با شدت کم مقدار ۰/۵۶ متر مربع بر سطح کل واحد نمونه بازرسی شده یعنی ۴۵۰ (۱۵×۳۰) متر مربع تقسیم و سپس در عدد ۱۰۰ ضرب و با در نظر گرفتن نوع و شدت خرابی در ستون مربوطه (تراکم (درصد)) ثبت شده است. درصد تراکم سایر خرابی‌ها با توجه به نحوه اندازه‌گیری و شدت خرابی به همین منوال محاسبه و در ستون مربوطه ثبت شده اند).

پس از محاسبه تراکم هر خرابی گام بعدی تعیین ضریب کاهندگی منحصر به هر خرابی با درنظر گرفتن سطح شدت خرابی است. ضرایب کاهنده برای هر نوع خرابی با هر سطح شدت بصورت منحنی ترسیم و در پیوستهای شماره ۱ و ۲ این راهنما برای راه‌های رویه‌دار و بدون رویه ارائه شده‌اند. نحوه استفاده از این منحنی‌ها برای تعیین ضریب کاهنده کیفیت مربوط به هر نوع خرابی به این ترتیب است که ابتدا با در دست داشتن کمیت درصد خرابی، از روی محور افقی خطی قائم ترسیم تا منحنی مربوط به سطح شدت مورد نظر را قطع کند. سپس از محل تلاقی خط قائم ترسیمی با منحنی مربوطه خطی افقی رسم تا محور قائم مربوط به ضریب کاهندگی خرابی مورد نظر را قطع کند (در این مثال کاربردی برای خرابی از نوع ترک پوست سوسماری با شدت کم، مقدار ضریب کاهندگی برابر عدد ۷ و برای ترک پوست سوسماری با شدت متوسط این مقدار برابر عدد ۱۹ قرائت شده است).

omoorepeyman.ir

پس از تعیین ضرایب کاهندگی مربوط به هر نوع خرابی با هر سطح شدت، گام بعدی تعیین حداکثر تعداد ضرایب کاهندگی مجازی است که می تواند در عملیات محاسباتی مربوط به PCI هر واحد نمونه بازرسی شده وارد شود. تعداد ضرایب کاهنده تاثیر مستقیم در مقدار CDV (CDV تابع جمع کل ضرایب کاهنده است) و نتیجتاً PCI واحد نمونه بازرسی شده دارد. به همین دلیل حداکثر تعداد ضرایب کاهنده‌ای‌که می‌توانند برای تعیین CDV وارد محاسبات شوند نباید از تعداد معینی تجاوز نمایند. برای تعیین حداکثر تعداد ضرایب کاهندگی مجاز (m) بشرح زیر عمل می‌شود:

الف: کلیه ضرایب کاهندگی موجود باید به ترتیب نزولی مرتب شوند (برای مثال کاربردی ضرایب کاهندگی مرتب شده به ترتیب نزولی عبارتند از: ۱، ۲، ۵، ۵، ۷، ۱۹)

ب: برای راه‌های بدون رویه (رویه شنی) حداکثر تعداد مجاز ضرایب کاهندگی با استفاده از رابطه (۳-۱-پ) و برای راه‌های رویه‌دار (شامل رویه های آسفالتی، آسفالت سطحی و ...) با استفاده از رابطه (۳-۲-پ) تعیین می‌شود:

(۳-۱-پ) برای روسازی راه‌های بدون رویه $m = ۱ + (۹/۹۵)(۱۰۰ - HDV_i) \le ۱۰$

(۳-۲-پ) برای روسازی راه‌های رویه‌دار $m = ۱ + (۹/۹۸)(۱۰۰ - HDV_i) \le ۱۰$

پس از تعیین مقدار m چنانچه تعداد ضرایب کاهندگی موجود کمتر از m باشد باید از همه ضرایب استفاده شود (در این مثال کاربردی مقدار m با احتساب اعشار برابر ۸/۴۴ بدست می‌آید که چون بزرگتر از تعداد ضرایب کاهندگی موجود است (تعداد ضرایب کاهندگی موجود در این مثال کاربردی برابر ۶ است) بنابراین باید از همه ضرایب کاهندگی برای تعیین CDV حداکثر استفاده شود).

ج: برای راه‌های بدون رویه تعداد ضرایب کاهندگی بزرگتر از ۵ و برای راه‌های رویه‌دار تعداد ضرایب کاهندگی بزرگتر از ۲ باید مشخص شوند (این تعداد با حرف q نشان داده می‌شوند).

(در این مثال کاربردی (رویه آسفالتی) تعداد ضرایب کاهندگی بزرگتر از ۲ برابر ۴ است. q=۴)

ه: با در اختیار داشتن مقدار پارامتر q و جمع کل ضرایب کاهنده مقدار CDV با استفاده از منحنی‌های تصحیح مربوط به نوع روسازی (رویه‌دار یا بدون رویه) تعیین می‌شود. برای ساده نمودن عملیات محاسباتی مربوط به تعیین CDV حداکثر بهتر است که مراحل محاسباتی در یک جدول محاسباتی نظیر جدول (۴-۳-پ) انجام شود.

جدول (۳-۱-پ): مراحل محاسبات *CDV* حداکثر

ردیف	ضرایب کاهنده مرتب نشده							ضریب کاهندگی کل	q	CDV
۱	۱۹	۷	۵	۵	۲	۱		۳۹	۴	۱۲
۲	۱۹	۷	۵	۲	۲	۱		۳۶	۳	۱۸
۳	۱۹	۷	۲	۲	۲	۱		۳۳	۲	۲۱
۴	۱۹	۲	۲	۲	۲	۱		۲۸	۱	۲۵
۵										
۶										

omoorepeyman.ir

$$PCI = ۱۰۰ - ۲۵ = ۷۵$$

CDV حداکثر به طریق تکرار بشرح زیر تعیین می‌شود:

۱- با جمع کردن همه ضرایب کاهنده مرتب شده ضریب کاهندگی کل محاسبه می‌شود.

۲- با در اختیار داشتن q و ضریب کاهندگی کل و استفاده از منحنی تصحیح مربوطه مقدار CDV تعیین می‌شود (منحنی تصحیح ضریب کاهندگی راه‌های رویه‌دار در پیوست شماره ۱ و راه‌های بدون رویه در پیوست شماره ۲ ارائه شده است).

۳- برای راه‌های بدون رویه کوچکترین ضریب کاهندگی مرتب شده را که از ۵ بزرگتر است به عدد ۵ و برای راه‌های رویه‌دار کوچکترین ضریب کاهندگی مرتب شده را که از ۲ بزرگتر است به عدد ۲ تقلیل داده و ضریب کاهندگی کل جدید محاسبه شود (در این مثال کاربردی کوچکترین ضریب کاهندگی که از ۲ بزرگتر است برابر ۵ می‌باشد که به عدد ۲ تقلیل داده شده است (ردیف دوم جدول محاسباتی CDV)).

۴- مراحل ۱ الی۳ بایستی آنقدر تکرار شود تا مقدار q برابر ۱ شود.

۵- CDV حداکثر برابر است با بزرگترین عددیکه در ستون CDV جدول محاسباتی ثبت شده است.

۶- PCI واحد نمونه از کم کردن CDV حداکثر از عدد ۱۰۰ بدست می‌آید.

شکل (۱-۳-پ) گام‌های محاسباتی PCI مثال کاربردی را نشان می‌دهد.

در مثال ارائه شده در این پیوست، در واحد نمونه بازرسی شده فقط چهار نوع خرابی با سطوح شدت مختلف ملاحظه گردیده است که به دلیل نوع و سطح شدت خرابیهای ملاحظه شده فقط تعداد شش ضریب کاهندگی برای محاسبه PCI واحد نمونه مورد نظر وجود دارد. علاوه بر آن به دلیل آنکه تعداد این ضرایب کاهنده کمتر از حداکثر تعداد ضرایب کاهنده مجاز (m) است بایستی از همه آنها برای محاسبه PCI واحد نمونه بازرسی شده استفاده شود. در بعضی موارد این امکان وجود دارد که تعداد و سطوح شدت خرابیهای موجود در یک واحد نمونه بازرسی شده بیشتر از مواردی باشد که در مثالی ارائه شده در این پیوست ذکر شده است که به تبع آن تعداد ضرایب کاهندگی مربوطه نیز بیشتر خواهد شد. مثلاً فرض می‌شود که تعداد ضرایب کاهندگی برای یک واحد نمونه بازرسی شده یا رویه آسفالتی برابر با ۴/۹، ۴/۸، ۲۱، ۲۷، ۲۰، ۲، ۳، ۹، ۴ باشد که پس از مرتب کردن آنها به ترتیب نزولی خواهد شد:

۲، ۳، ۴، ۴/۸، ۴/۹، ۹، ۲۰، ۲۱، ۲۷

برای این تعداد ضریب کاهندگی، حداکثر تعداد ضرایب کاهندگی مجاز (m) که برای محاسبه PCIاین واحد نمونه می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد برابر است با:

$$m = ۱ + (۹/۹۸)(۱۰۰ - ۲۷) = ۷/۷$$

در محاسبات فوق به دلیل آنکه مقدار $m = ۷/۷$ کوچکتر از تعداد ضرایب کاهندگی موجود (۹) است، بنابراین تعداد حداکثر ضرایب کاهنده مجاز با احتساب اعشار بشرح زیر خواهد شد:

۱/۴، ۳، ۴، ۴/۸، ۴/۹، ۹، ۲۰، ۲۱، ۲۷

ضریب کاهندگی ۱/۴ در مجموعه فوق از حاصلضرب عدد اعشاری ۰/۷ (تفاضل عدد صحیح ۷ از عدد اعشاری ۷/۷) در آخرین ضریب کاهندگی مرتب شده به ترتیب نزولی (در این مثال آخرین ضریب کاهنده مرتب شده برابر ۲ می‌باشد) حاصل می‌شود. باقیمانده مراحل برای تعیین CDV و نهایتاً PCI اینگونه واحدهای نمونه بازرسی شده به نحوی است که در مثال ارائه شده در این پیوست تشریح گردیده است.

omoorepeyman.ir

جدول (۳-۲-پ): پرسشنامه بازرسی واحد نمونه روسازی آسفالتی

پرسشنامه بازرسی واحد نمونه روسازی آسفالتی		
استان:		واحد نمونه:
شبکه راه:		مساحت واحد نمونه:
شاخه:		تاریخ بازرسی:
قطعه:		مسئول بازرسی:
	انواع خرابی‌ها	کروکی و ابعاد واحد نمونه
۱- برآمدگی و فرو رفتگی	۱۱- چاله	
۲- پایین افتادگی شانه	۱۲- شیار یا گودافتادگی مسیر چرخها	
۳- ترک خوردگی انعکاسی درز	۱۳- صیقلی شدن دانه‌ها	
۴- ترک خوردگی بلوکی	۱۴- کنار رفتگی	
۵- ترک خوردگی پوست سوسماری	۱۵- گذرگاه راه‌آهن	
۶- ترک خوردگی طولی و عرضی	۱۶- قیرزدگی	
۷- ترک خوردگی لبه	۱۷- موج‌زدگی	
۸- ترک خوردگی لغزشی	۱۸- وصله و کنده‌کاری	
۹- تورفتگی	۱۹- هوازدگی و دانه، دانه شدن	
۱۰- تورم		

نوع خرابیهای موجود در واحد نمونه					
جمع کل خرابیهای باشدت کم L					
جمع کل خرابیهای با متوسط M					
جمع کل خرابیهای با زیاد H					

@omoorepeyman.ir

محاسبه PCI				
نوع خرابی	تراکم خرابی(درصد)	شدت خرابی	عدد کاهش کیفیت	
				PCI=100-CDV وضعیت کیفی روسازی:
q =				
کل کاهش کیفیت: (TDV)				
کاهش کیفیت تصحیح شده: (CDV)				

omoorepeyman.ir

جدول (۳-۳پ): پرسشنامه بررسی وضعیت واحد نمونه برای راه‌های بدون رویه

کروکی:	**راه‌های بدون رویه** **پرسشنامه بررسی وضعیت واحد نمونه**
	شاخه ---------- قطعه ---------- واحد نمونه ---------- مامور بررسی---------- تاریخ ---------- مساحت نمونه ----------

۱- مقطع عرضی نامناسب (متر)
۲- زهکشی جانبی ناکافی (متر)
۳- موج زدگی (متر مربع)
۴- گرد و غبار
۵- چاله (تعداد)
۶- شیار شدگی (متر مربع)
۷- جداشدن دانه‌ا (متر)

ضریب کاهندگی	تراکم ٪	کل	میزان خرابی	شدت خرابی

omoorepeyman.ir

CDV	Q	کل	ضرایب کاهندگی	
				۱
				۲
				۳
				۴
				۵
				۶
				۷
				۸
				۹
				۱۰

جدول (۳-۴-پ): پرسشنامه بازرسی واحد نمونه روسازی آسفالتی مثال کاربردی

پرسشنامه بازرسی واحد نمونه روسازی آسفالتی			
استان:		واحد نمونه:	
شبکه راه:		مساحت واحد نمونه:	
شاخه:		تاریخ بازرسی:	
قطعه:		مسئول بازرسی:	
انواع خرابیها			کروکی و ابعاد واحد نمونه
۱- برآمدگی و فرو رفتگی	۱۱- چاله		
۲- پایین افتادگی شانه	۱۲- شیار یا گودافتادگی مسیر چرخها		
۳- ترک خوردگی انعکاسی درز	۱۳- صیقلی شدن دانه ها		
۴- ترک خوردگی بلوکی	۱۴- کنار رفتگی		
۵- ترک خوردگی پوست سوسماری	۱۵- گذرگاه راه آهن		
۶- ترک خوردگی طولی و عرضی	۱۶- قیرزدگی		
۷- ترک خوردگی لبه	۱۷- موج زدگی		
۸- ترک خوردگی لغزشی	۱۸- وصله و کنده کاری		
۹- تورفتگی	۱۹- هوازدگی و دانه دانه شدن		
۱۰- تورم			

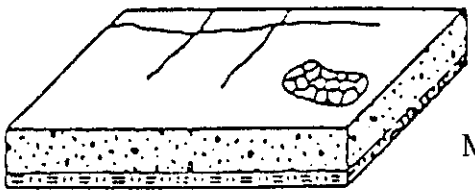
omoorepeyman.ir

نوع خرابیهای موجود در واحد نمونه					
جمع کل خرابیهای با شدت کم L					
جمع کل خرابیهای با متوسط M					
جمع کل خرابیهای با زیاد H					

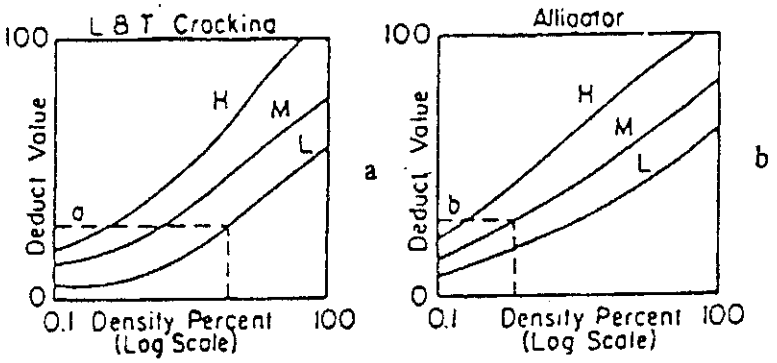
محاسبه PCI				
نوع خرابی	تراکم خرابی(درصد)	شدت خرابی	عدد کاهش کیفیت	
				PCI=100-CDV
				وضعیت کیفی روسازی:
q =				
کل کاهش کیفیت: (TDV)				
کاهش کیفیت تصحیح شده: (CDV)				

omoorepeyman.ir

مرحله۱- بازرسی واحد نمونه : تعیین نوع خرابی و شدت آن، و اندازه‌گیری تراکم خرابی



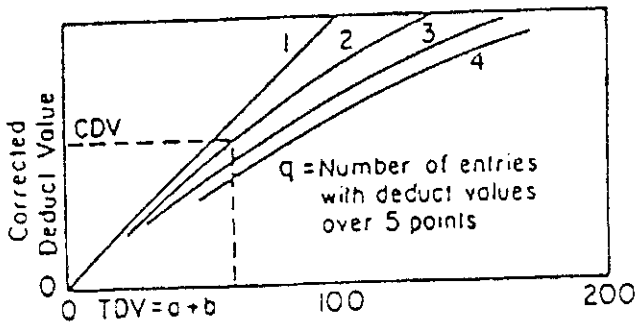
مرحله ۲- تعیین ضرایب کاهندگی



مرحله ۳- مجموع ضرایب کاهندگی (ارقام کاهش کیفیت) $(TDV) = a+b$

مرحله ۴- تعیین ضرایب کاهندگی تصحیح شده (CDV)

توجه : q تعداد مواردی که در آن‌ها ضریب کاهندگی بزرگتر از ۵ است.



مرحله ۵- محاسبه PCI $PCI=100.CDV$

شکل (۳-۱-پ): گامهای محاسباتی مثال کاربردی

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

پیوست ۴

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

طرح ضخامت روکش آسفالتی به روش ضریب برجهندگی (مدول) معادل

روشی که در این پیوست برای محاسبه حداقل ضخامت روکش آسفالتی برای روسازی‌های انعطاف‌پذیر ارائه شده است متکی بر روابط و فرضیات بوسینسک برای محاسبه مقادیر تنشها و تغییرشکلهای نسبی در یک سیستم نیمه بینهایت تحت یک بار گسترده یکنواخت دایره‌ای شکل می‌باشد. علاوه بر آن در این روش فرض بر آنستکه سیستم روسازی را می‌توان بصورت یک سیستم چند لایه‌ای در نظر گرفت (بطوریکه هر لایه دارای ضخامت مشخص (h_i) و همچنین مدول (E_i) و ضریب پواسون (μ_i) معین باشد) که بر روی یک بستر نیمه بینهایت، همجنس، همسان و ارتجاعی قرار دارد.

براساس روابط بوسینسک مقدار تنش فشاری قائم تحت یک بار گسترده یکنواخت دایره ای شکل در هر عمقی از سطح بارگذاری (و در محدوده شعاع سطح بارگذاری شده) از رابطه زیر قابل حصول است:

$$\sigma_z = p\left\{1 - \frac{1}{\left[1+\left(\frac{a}{z}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}\right\} \qquad (۴-۱پ)$$

که در آن:

p – فشار ناشی از بار وارده به سطح تماس دایره ای شکل

a – شعاع سطح بارگذاری

z – عمق (فاصله از سطح بارگذاری)

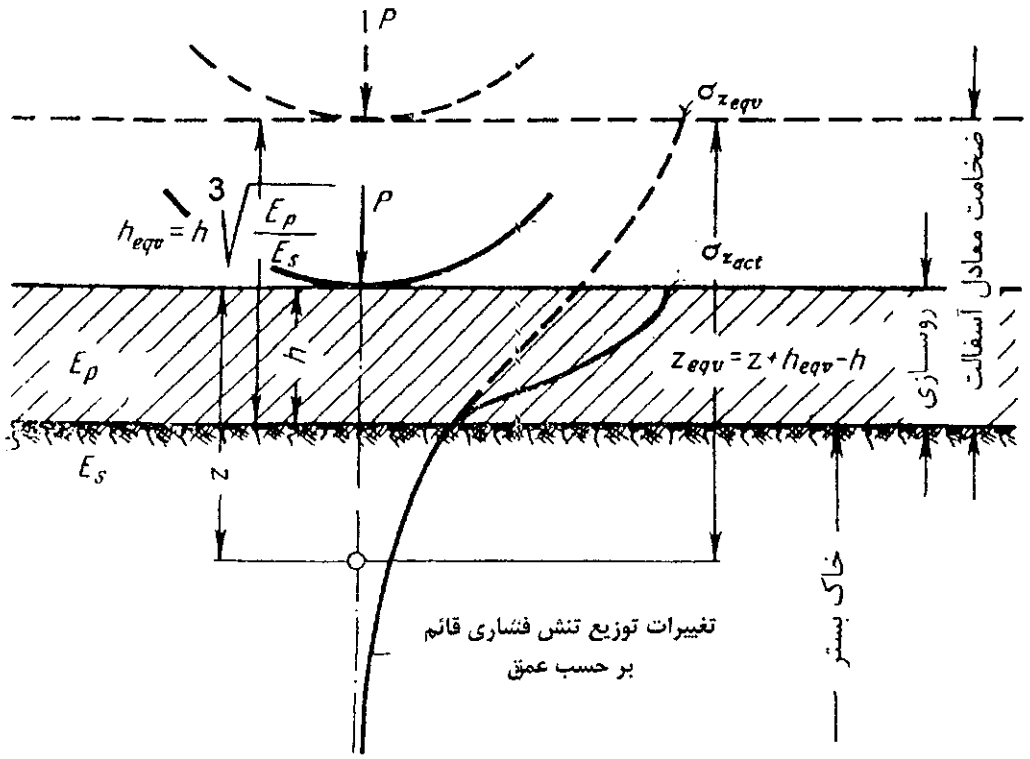
برای تعمیم روابط بوسینسک به سیستم‌های چندلایه‌ای و محاسبه مقدار تنشها و تغییرشکلها در اینگونه سیستمها آقای ادمارک (Odmark) یک رابطه تقریبی برای تبدیل سیستم‌های دولایه‌ای به یک سیستم معادل یک لایه‌ای (موسوم به ضخامت معادل) ارائه نمود [۲۳]. رابطه آقای ادمارک برای تبدیل یک سیستم دولایه‌ای (مثلاً یک لایه آسفالت به ضخامت h_p و مدول E_p و ضریب پواسون μ_p که بر روی خاک بستر با مدول E_s و ضریب پواسون μ_s قرار گرفته است) به یک سیستم معادل یک لایه‌ای بشرح زیر است:

$$h_{eq} = h_p \sqrt[3]{\frac{E_p\left(1-\mu_s^2\right)}{E_s\left(1-\mu_p^2\right)}} \qquad (۴-۲پ)$$

در رابطه (۴-۲پ) h_{eq} عبارت است از ضخامت معادل لایه فوقانی (h_p) برحسب مدول لایه تحتانی (یعنی خاک بستر) بطوریکه مقدار تنش در سطح خاک بستر برای هر دو حالت (سیستم دولایه‌ای موجود و سیستم تبدیل شده) یکسان باشد. بنابراین با توجه به نظریه آقای ادمارک و در نظرگرفتن شکل (۴-۱پ) ضخامت معادل در هر عمقی از سطح بارگذاری شده برابر خواهد بود با:

$$Z_{eq} = Z + h_{eq} - h_p \qquad (۴-۳پ)$$

omoorepeyman.ir



تغییرات توزیع تنش فشاری قائم نسبت به عمق

شکل (۴-۱پ):ضخامت معادل خاک بستر

برای سیستم دولایه‌ای فوق مقدار تغییرشکل ایجاد شده در عمق Z_{eq} از سطح بارگذاری شده برابر است با مجموع تغییرشکلهای ایجاد شده در روسازی و خاک بستر یعنی:

$$\Delta_T = \frac{p}{E_p}\int_0^{h_p}\left[1-\frac{Z_{eq}^{\ 3}}{\left(a^2+Z_{eq}^{\ 2}\right)^{\frac{2}{3}}}\right]dz + \frac{p}{E_s}\int_{h_p}^{\infty}\left[1-\frac{Z_{eq}^{\ 3}}{\left(a^2+Z_{sq}^{\ 2}\right)^{\frac{3}{2}}}\right]dz \qquad (۴-۴پ)$$

پس از جایگزین نمودن روابط (۴-۲پ) و (۴-۳پ) در رابطه (۴-۴پ)، انتگرالگیری و مرتب کردن عبارات خواهیم داشت:

$$\Delta_T = \frac{p}{E_s}\left\{\left\{\left\{a^2+h_p^{\ 2}n^{\frac{2}{3}}\right\}+\left\{\frac{a^2}{\left[a^2+h_p^{\ 2}n^{\frac{2}{3}}\right]^{\frac{1}{2}}}\right\}\right\}\left\{1-\frac{1}{n^{\frac{4}{3}}}\right\}+\left\{\frac{h_p}{n}+\frac{2a}{n}-h_p n^{\frac{1}{3}}\right\}\right\} \qquad (۴-۵پ)$$

omoorepeyman.ir

$$n = \frac{E_p\left(1-\mu_s^{\,2}\right)}{E_s\left(1-\mu_p^{\,2}\right)}$$

که در رابطه فوق پارامتر n برابر است با:

چنانچه حداکثر تغییرشکل مجاز روسازی و همچنین مشخصات فنی آسفالت و خاک بستر معلوم باشد رابطه (۴-۵پ) امکان محاسبه حداقل ضخامت روسازی را برای یک بار معین در یک سیستم دولایه ای میسر می‌سازد.

برای تعمیم رابطه (۴-۵پ) به سیستمهای چند لایه‌ای چنانچه مدول E_p را برابر E_s و معادل E_{eq} ($E_p - E_s = E_{eq}$) در نظر بگیریم تغییرشکل کل برای سیستم معادل برابر خواهد بود با:

$$\Delta_T = \frac{2ap}{E_{eq}} \qquad (۴-۶پ)$$

اکنون با مساوی قرار دادن روابط (۴-۵پ) و (۴-۶پ) این امکان فراهم می‌شود که یک سیستم چندلایه‌ای را به یک سیستم معادل یک لایه‌ای تبدیل نمود بطوریکه میزان تغییرشکل قائم در هر دو سیستم یکسان باشد.

(۴-۷پ)

$$E_{eq} = \frac{2E_s}{\left\{\left[1-\frac{1}{n^{\frac{4}{3}}}\right]\left[\frac{1}{\left[1+k^2n^{\frac{2}{3}}\right]^{\frac{1}{2}}}+\left[1+k^2n^{\frac{2}{3}}\right]^{\frac{1}{2}}-kn^{\frac{1}{3}}\right]+\frac{2}{n^{\frac{4}{3}}}\right\}}$$

$$K = \frac{h}{a}$$

که در آن:

در تمام روابط و محاسبات فوق مسئله دینامیکی بودن بارها و تعداد آنها در نظر گرفته نشده است. برای لحاظ نمودن اثر دینامیکی بارگذاری روسازیها انستیتو آسفالت رابطه (۴-۸پ) را برای تعیین حداکثر تغییرشکل برگشت پذیر رویه‌های آسفالتی برحسب تعداد دفعات بارگذاری مجاز محور ساده ۸/۲ تنی پیشنهاد نموده است [۲]:

$$\Delta_T = 2.0726(ESAL)^{-0.2438} \qquad (۴-۸پ)$$

بنابراین برای لحاظ نمودن اثر تعداد دفعات بارگذاری، ضخامت محاسبه شده با استفاده از رابطه (۴-۷پ) باید در حدی باشد که حداکثر تغییرشکل مجاز برگشت‌پذیر روسازی از مقداری که با استفاده رابطه (۴-۸پ) محاسبه شود تجاوز ننماید. بعبارت دیگر E_{eq} بایستی در حد $E_{eq,N}$ باشد یعنی:

$$E_{eq,N} = \frac{2ap}{2.0726(ESAL)^{-0.2438}} \qquad (۴-۹پ)$$

omoorepeyman.ir

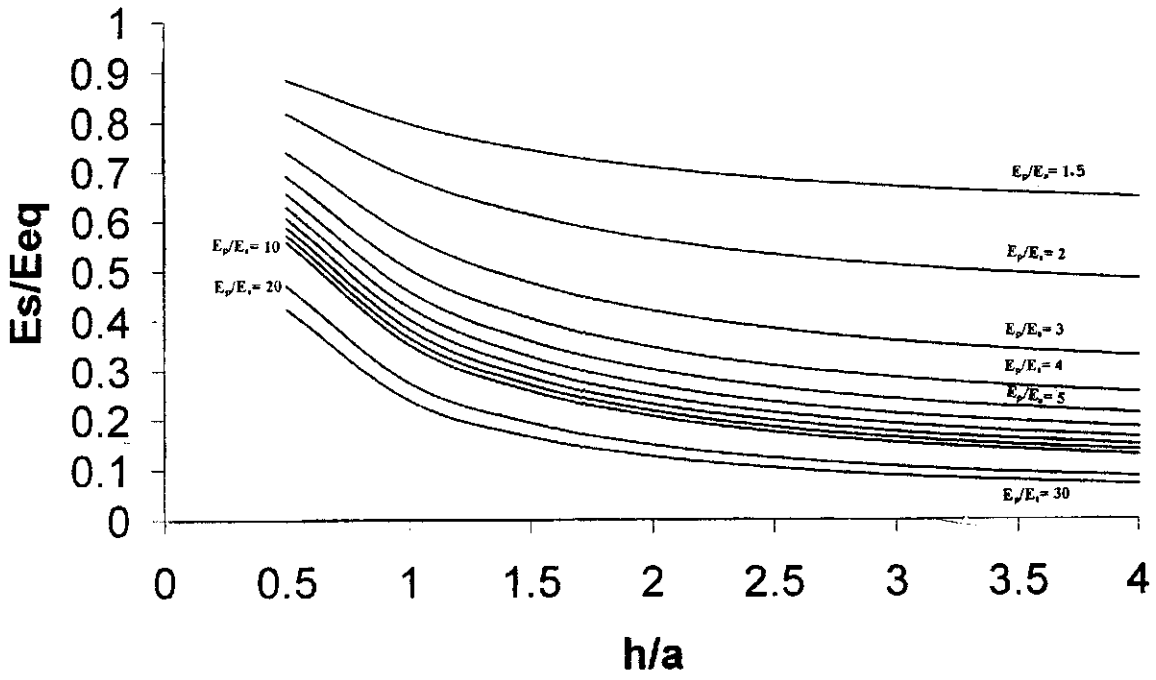
مراحل محاسبه ضخامت روکش به روش پیشنهادی در این پیوست بشرح زیر است:

۱- ابتدا با در اختیار داشتن ضخامت، مدول و ضریب پواسون کلیه لایه‌های روسازی موجود و همچنین خاک بستر راه و استفاده از رابطه (۴-۷پ) مدول معادل کل روسازی محاسبه می‌شود.

۲- با در اختیار داشتن مدول محاسبه شده در مرحله ۱ و همچنین مشخصات آسفالت روکش جدید (E_p و μ_p) ابتدا یک ضخامت فرضی (h_p) برای لایه آسفالت روکش جدید در نظر گرفته و برای این ضخامت فرضی مدول معادل (E_{eq}) روسازی حساب می‌شود.

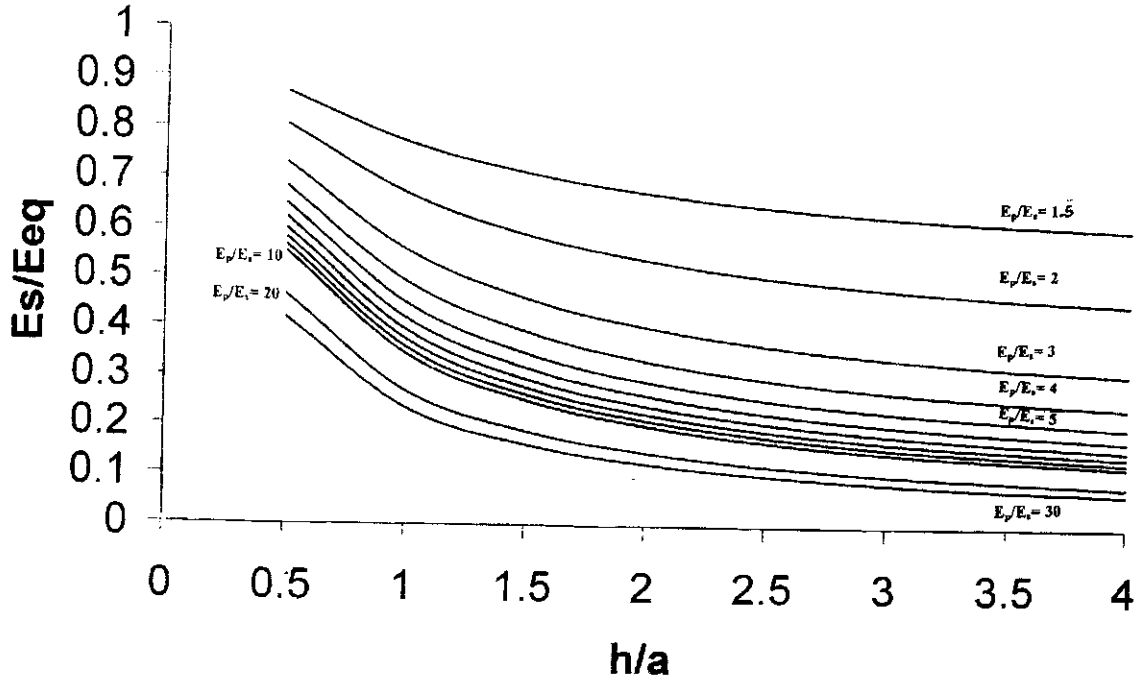
۳- مدول معادل محاسبه شده با ضخامت مفروض (مرحله ۲) باید در حدی باشد که تغییرشکلی که در اثر تعداد محور ساده ۸/۲ تنی پیش‌بینی شده در طرح روکش در روسازی بوجود می‌آید از مقدار تغییرشکل مجاز تجاوز ننماید (یعنی $E_{eq} \geq E_{eq,N}$ باشد).

۴- برای لحاظ نمودن موارد اقتصادی، مراحل ۱ تا ۳ بایستی آنقدر تکرار شود که حتی‌المقدور E_{eq} برابر $E_{eq,N}$ گردد. اشکال (۴-۲پ) تا (۴-۹پ) برای سهولت در انجام این محاسبات ارائه شده‌اند.

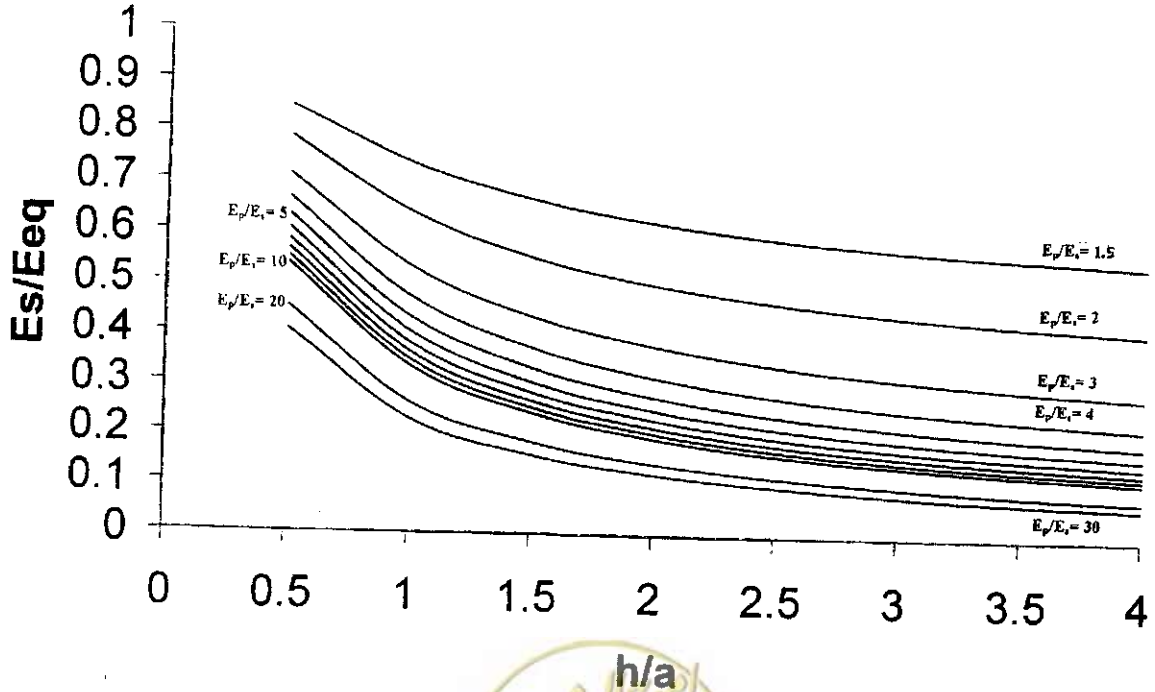


شکل (۴-۲-پ) نمودار تعیین مدول معادل روسازی با $\mu_P = ۰/۵, \mu_S = ۰/۵$

omoorepeyman.ir

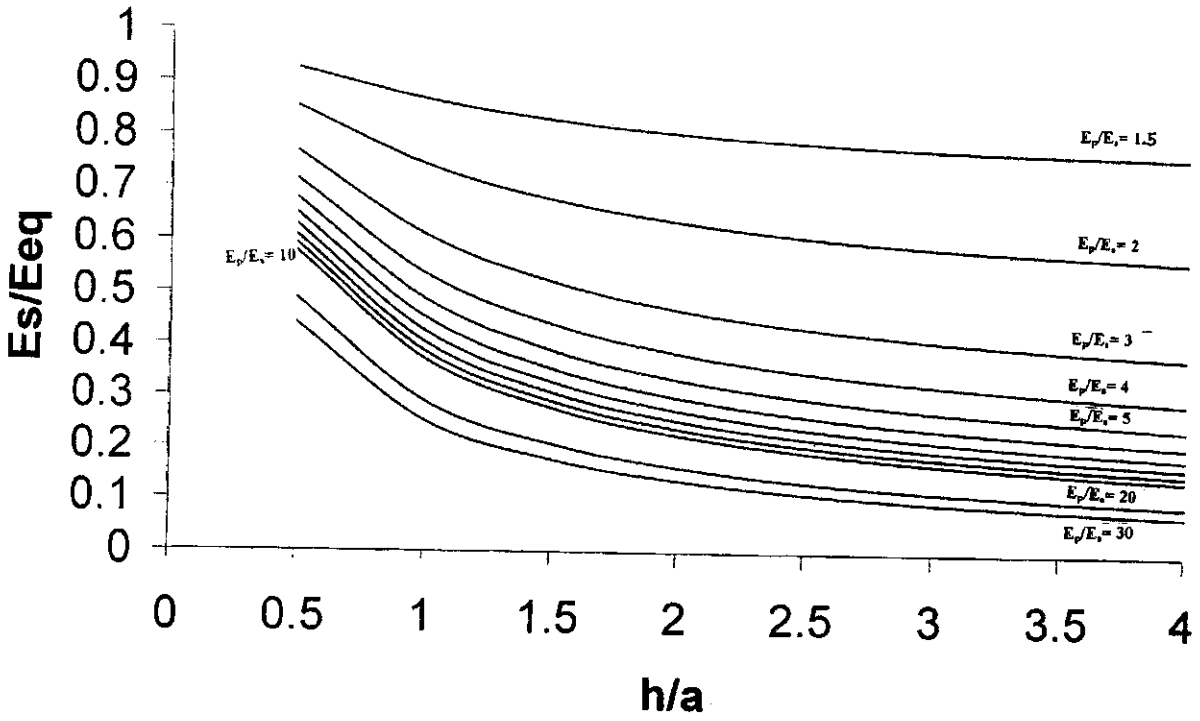


شکل (۴-۳- پ) نمودار تعیین مدول روسازی با $\mu_P = ۰/۵, \mu_S = ۰/۴۵$

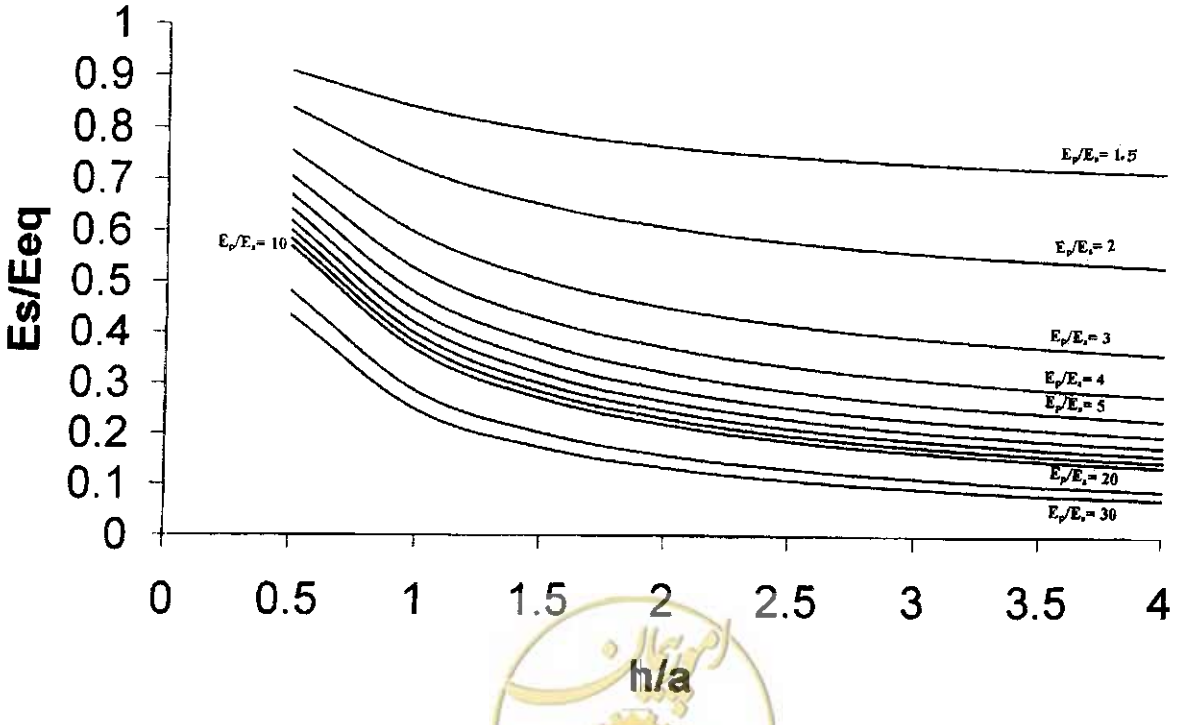


شکل (۴-۴) : نمودار مدول معادل روسازی با $\mu_P = ۰/۵, \mu_S = ۰/۳۵$

omoorepeyman.ir

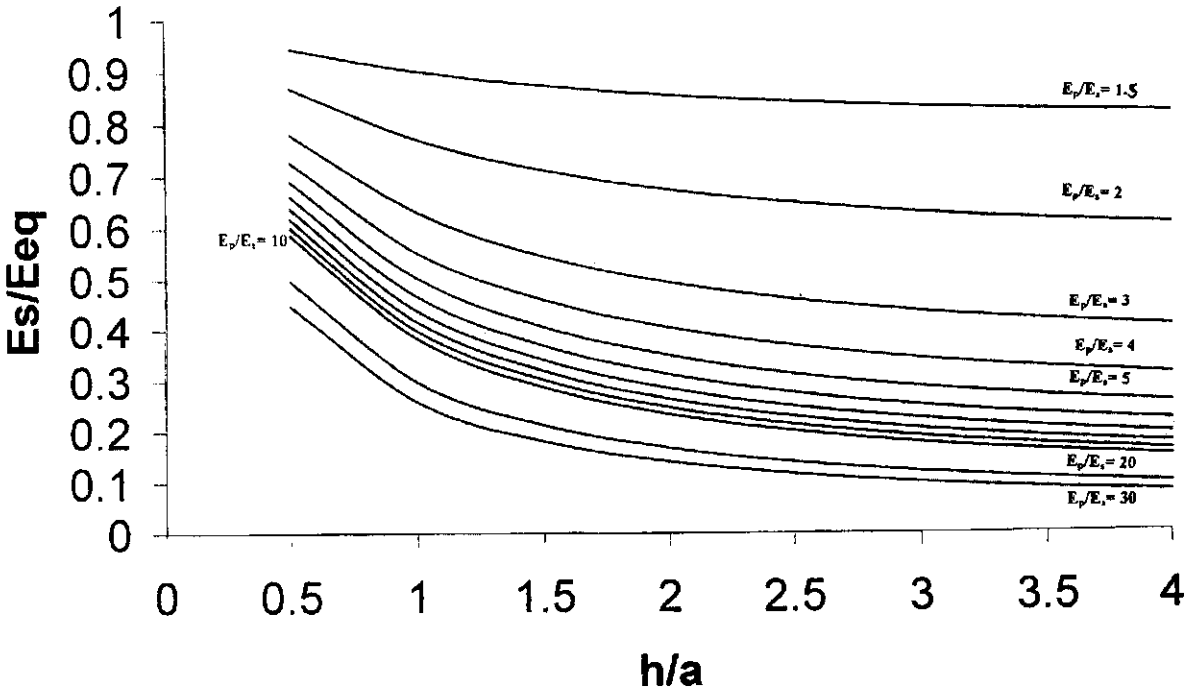


شکل (۴-۵)نمودار تعیین مدول معادل روسازی با $\mu_P = ۰/۳۵, \mu_S = ۰/۵$

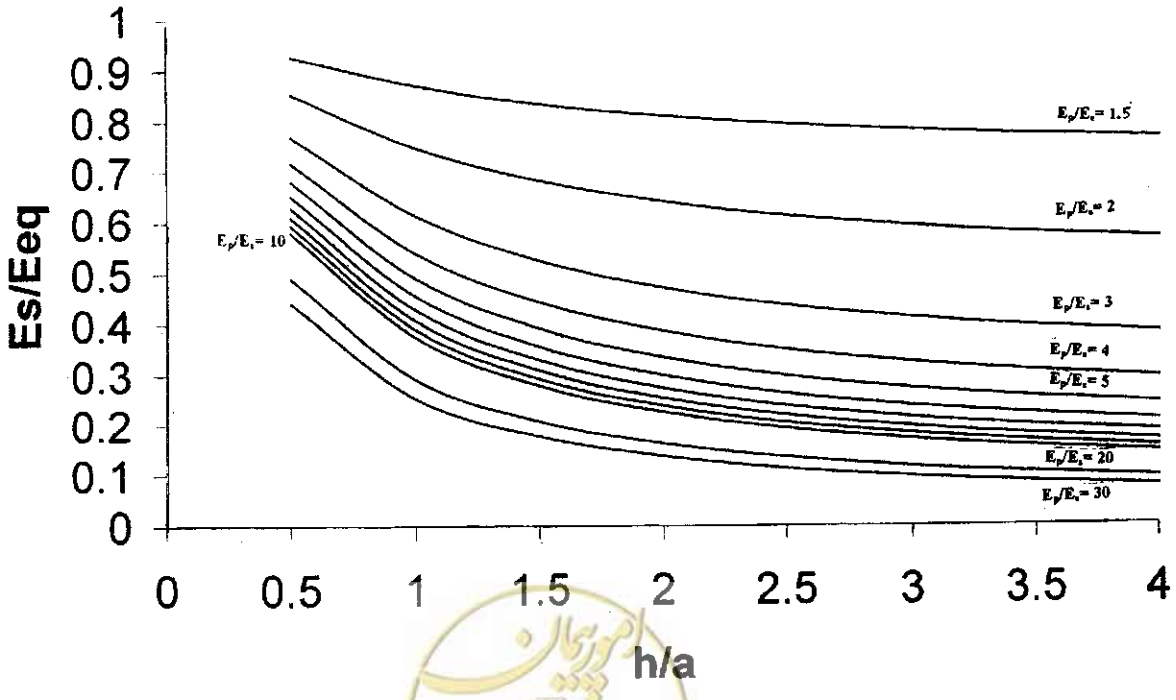


شکل (۴-۶-پ) نمودار تعیین مدول معادل روسازی با $\mu_P = ۰/۳۵, \mu_S = ۰/۴۵$

omoorepeyman.ir

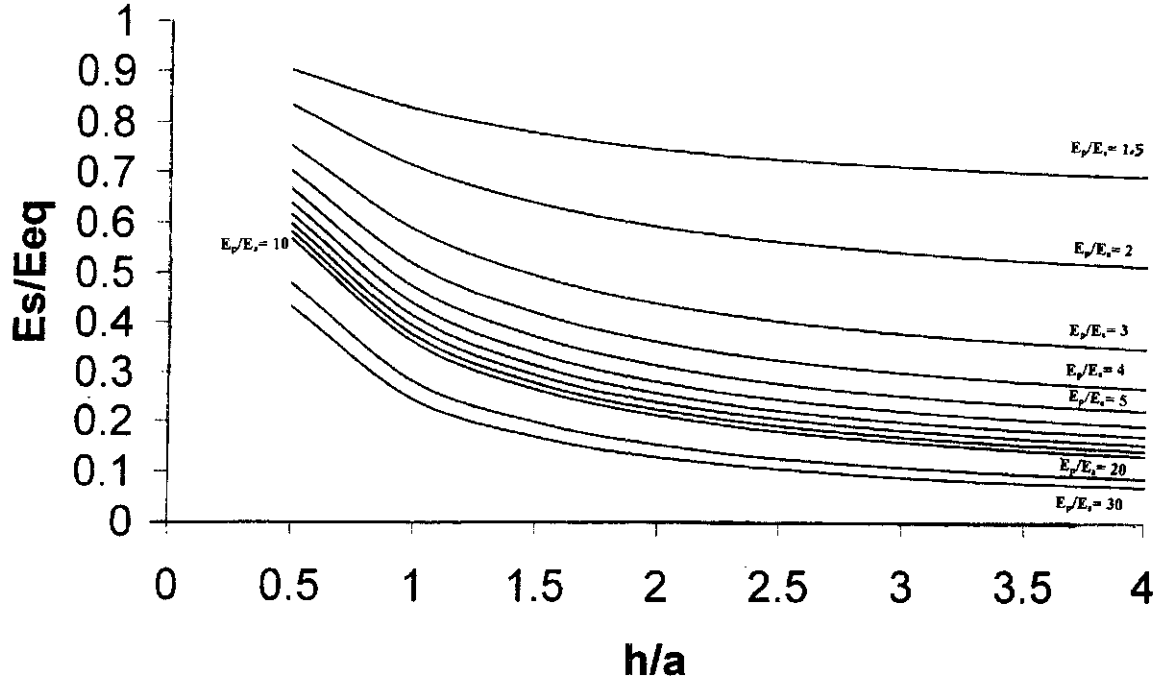


شکل (۴-۷-پ) : نمودار تعیین مدول معادل روسازی با $\mu_S = ۰/۲۵, \mu = ۰/۵$



شکل (۴-۸-پ) نمودار تعیین مدول معادل روسای با $\mu_P = ۰/۲۵, \mu_S = ۰/۴۵$

omoorepeyman.ir



شکل (۴-۹-پ) نمودار تعیین مدول معادل روسازی با $\mu_P = ۰/۲۵, \mu_S = ۰/۳۵$

omoorepeyman.ir

مراجع

۱- گزارش شماره ۱ کمیته انرژی و ارتباطات دفتر تبلیغات دولت، مجله انرژی و ارتباطات دست افزار توسعه، ۱۳۷۰.

2- Huang, Y.H., "Pavement Analysis & Design ", Prentice Hall, Newjersey, U.S.A 1993.

3- Wright, P.H., "Highway Engineering ", John Wiley & Suns Inc., New York , U.S.A 1996.

۴- آیین‌نامه طرح هندسی راه‌ها ، نشریه شماره ۱۶۱ دفتر تحقیقات و معیارهای فنی و مرکز تحقیقات و مطالعات وزارت راه و ترابری ، ۱۳۷۵.

5- AASHTO, "A Policy on Geometric Design of Highway & Streets", 1990.

۶- بزازان محمود ، " راهداری و روش‌های نگهداری راه‌ها " ، مرکز تحقیقات و مطالعات راه و ترابری ، ۱۳۷۰.

۷- آیین‌نامه طرح هندسی راه‌های روستایی، نشریه شماره ۱۹۶ دفتر فنی و تدوین معیارها، معاونت امور فنی سازمان برنامه و بودجه، ۱۳۷۸.

۸- حامدی مهدی، " اثرات ضخامت و تراکم لایه‌های روسازی در خرابی راه‌های روستایی استان کرمانشاه " ، پایان‌نامه کارشناسی ارشد ، دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران ، ۱۳۷۷.

۹- طباطبائی امیر محمد، " روسازی راه " ، مرکز نشر دانشگاهی ، ۱۳۷۵.

۱۰- کاووسی امیر و طباطبایی نادر پهنه‌بندی آب و هوایی ایران از نظر روسازی راه‌های روستایی (پهنه‌بندی مقدماتی) ، اداره کل راه وزارت جهاد سازندگی ، زمستان ۱۳۷۲

۱۱- پیش‌نویس آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران ، مرکز تحقیقات و مطالعات وزارت راه و ترابری ، ۱۳۷۸.

12- Yoder E. J. & M . W. Witczak , " Principles of Pavement Design ", 2nd Ed. , John Wiley & Sons inc , New York , U.S.A , 1975.

۱۳- عامری محمود و افتخارزاده سید فرهاد ، " مدیریت روسازی راه‌ها ، فرودگاه‌ها و پارکینگ‌ها" ، مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران ، ۱۳۷۸.

۱۴- معیارهای فنی و عمومی , نشریه شماره ۱۰۱ سازمان برنامه و بودجه ، ۱۳۷۳ .

15- ASTM , "American Society For Testing & Materials", 09 , 03 , 04 , 1998 .

۱۶- میرابی مقدم محمد حسین ، " بررسی لغزندگی سطح راه‌ها " ، پایان‌نامه کارشناسی ارشد ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۷۷ .

7- Haas R. & R. Hudson , "Definnig & Serving Clients For Pavements", Transportation Research Record, No. 1524, 1996.

18- Sebaaly P.E. & A. Hand & J. Epps & C. Bosch, "Nevada's Approach To Pavement Management", Transportation Research Record , No. 1524 , 1996.

۱۹- عامری محمود، " ارزیابی مشاهدات عینی عوارض روسازیها و کاربرد آن در برنامه‌ریزی ، مرمت و نگهداری" ، مجله ژئوتکنیک و مقاومت مصالح ، شماره ۷۳ ، ۱۳۷۵.

omoorepeyman.ir

۲۰- زرانی زهره ، "شاخص مقبولیت برای ارزیابی راه‌ها با استفاده از تئوری مجموعه‌های فازی" ، چهارمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ۱۳۷۶.

۲۱- محسنی علاء الدین ، "سیستم مدیریت راهها (PMS)" ، سمینار راهداری و مدیریت راه ، وزارت راه و ترابری ، ۱۳۷۲.

۲۲- حسین پور وحید، "مدیریت روسازی راه در سطح شبکه " ، پایان‌نامه کارشناسی ارشد ، دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۱۳۷۷.

23- AASHTO, "AASHTO Guide for Design of Pavement Structure", 1993.

24- Annand Prakash , Brij N. Sharma & Thomas J. Kazmierowski ," Investigation into Observational Variations in Pavement Condition Survey ", Third International Conference on Managing Pavements , Vol. 2 , San Antonio , Texas , 1994.

25- "Unsealed Roads Manual, Guidelines to Good Practic ", Austrailian Road Research Board May 1993.

26- "Pavement Design & Rehabilitation Manual", Ministry of Transportation, Downsview, Ontario, Canada, 1990.

27- Robinson R. & U. Danielson & M. Snaith, "Road Maintenance Management", Mac Millan, 1998 .

28- Mijuskovich v. & D. Banjevic & G. Mladenowic, " Impact of Different Economic Criteria on Priorities in Pavement Management Systems", TRB No. 1455 , 1994.

۲۹- بریگام وستون، "مدیریت مالی" ، ترجمه حسین عبده تبریزی ، پرویز مشیرزاده مویدی، ۱۳۶۳.

۳۰- بهبهانی حمید، "مهندسی ترافیک : تئوری و کاربرد" ، سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران، ۱۳۷۴.

31- Haas R. & R. Hudson ," Pavement Management Systems " , Mc Graw hill inc. 1986.

۳۲- شایسته نیک وحید، "مدیریت روسازی راه" ، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۳۷۵.

۳۳- هادیپور خشایار ، "سیستم مدیریت راه" ، نوشتار دانشگاهی ، دانشکده فنی دانشگاه تهران ،۱۳۷۵.

۳۴- حامدی محمد جواد ، "بهینه‌سازی تخصیص منابع در مدیریت روکش آسفالت در ایران" ، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۷۸.

35- Shahin M. Y., "Analysing Consequences of Pavement Maintenance & Rehabilitation Budget Scenarios " , TRB No. 1455 , 1994 .

36- Babkov V. & Zamakhayev M., "Highway Engineering", MIR Publishers, Moscow, 1967.

37-Shahin, M.Y., et .al, "Effects of Sample Unit Size and Number of Surveyed Distress Types on Pavement Condition Index for Asphalt Surfaced Roads", Transportation Research Record 1508, 1998.

omoorepeyman.ir

خواننده گرامی

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود ، افزون بر چهارصد عنوان نشریه تخصصی – فنی ، در قالب **آیین‌نامه ، ضابطه ، معیار ، دستورالعمل ، مشخصات فنی عمومی و مقاله** ، بصورت تألیف و ترجمه تهیه و ابلاغ کرده است . نشریه پیوست در راستای موارد یاد شده تهیه شده تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی بکار برده شود. به این لحاظ برای آشنایی بیشتر ، فهرست عناوین نشریاتی که طی دو سال اخیر به چاپ رسیده است باطلاع استفاده‌کنندگان و دانش‌پژوهان محترم رسانده می‌شود .

لطفاً برای اطلاعات بیشتر به سایت اینترنتی **http://tec.mporg.ir** مراجعه نمائید .

دفتر امور فنی، تدوین معیارها
و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

معاونت امور فنی

فهرست نشریات

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله در سال‌های (۸۳-۸۱)

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

نشریات دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله (بخش تدوین معیارها)

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه های ایران	۲۳۴	۱۳۸۱		۱	
ضوابط و معیارهای طرح و اجرای سیلوهای بتنی جلد اول – مشخصات فنی عمومی و اجرایی سازه و معماری سیلو (۱-۲۳۵) جلد دوم – مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برق سیلو (۲-۲۳۵) جلد سوم – مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات مکانیکی سیلو (۳-۲۳۵)	۲۳۵	۱۳۸۲ ۱۳۸۱		۱-۲۳۵ نوع ۳ ۲-۲۳۵ نوع ۳	
راهنمای برگزاری مسابقات معماری و شهرسازی در ایران	۲۴۰	۱۳۸۱		۳	
ضوابط طراحی سینما	۲۴۵	۱۳۸۱		۳	
ضوابط و مقررات شهرسازی و معماری برای افراد معلول جسمی- حرکتی	۲۴۶	۱۳۸۱		۱	
دستورالعمل حفاظت و ایمنی در کارگاههای سدسازی	۲۴۷	۱۳۸۱		۳	
فرسایش و رسوبگذاری در محدوده آبشکنها	۲۴۸	۱۳۸۱		۳	
فهرست خدمات مرحله توجیهی مطالعات ایزوتوپی و ردیابی مصنوعی منابع آب زیرزمینی	۲۴۹	۱۳۸۱		۲	
آیین نامه طرح و محاسبه قطعات بتن پیش تنیده	۲۵۰	۱۳۸۲		۱	
فهرست خدمات مطالعات بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود	۲۵۱	۱۳۸۱		۳	
رفتارسنجی فضاهای زیرزمینی درحین اجرا	۲۵۲	۱۳۸۱		۳	
آیین نامه نظارت و کنترل برعملیات و خدمات نقشه برداری	۲۵۳	۱۳۸۱		۱	
دستورالعمل ارزیابی پیامدهای زیست محیطی پروژه های عمرانی: جلد اول – دستورالعمل عمومی ارزیابی پیامدهای زیست محیطی پروژه های عمرانی(۱-۲۵۴) جلد دوم – شرح خدمات بررسی اولیه و مطالعات تفصیلی ارزیابی آثارزیست محیطی طرح عمرانی (۲-۲۵۴) جلد سوم – دستورالعمل های اختصاصی پروژه های آب .....(۳-۲۵۴)	۲۵۴	۱۳۸۱		۳ ۱ ۳	
دستورالعمل آزمایشهای آبشویی خاکهای شور وسدیمی در ایران	۲۵۵	۱۳۸۱		۳	
استانداردهای نقشه کشی ساختمانی	۲۵۶	۱۳۸۱		۳	
دستورالعمل تهیه طرح مدیریت مناطق تحت حفاظت	۲۵۷			۳	
دستورالعمل بررسیهای اقتصادی منابع آب	۲۵۸	۱۳۸۱		۳	
دستورالعمل آزمون میکروبیولوژی آب	۲۵۹	۱۳۸۱		۳	
راهنمای تعیین عمق فرسایش و روشهای مقابله باآن درمحدوده پایه های پل	۲۶۰	۱۳۸۱		۳	
ضوابط و معیارهای فنی روشهای آبیاری تحت فشار مشخصات فنی عمومی آبیاری تحت فشار	۲۶۱	۱۳۸۱		۱	
فهرست جزئیات خدمات مطالعات تاسیسات آبگیری (مرحله های شناسائی ، اول و دوم ایستگاههای پمپاژ)	۲۶۲	۱۳۸۲		۲	
فهرست جزئیات خدمات مهندسی مطالعات تاسیسات آبگیری (سردخانه سازی)	۲۶۳	۱۳۸۲		۲	
آیین نامه اتصالات سازه های فولادی ایران	۲۶۴	۱۳۸۲		۱	
برپایی آزمایشگاه آب	۲۶۵	۱۳۸۲		۳	
۱- دستورالعمل تعیین اسید یته و قلیائیت آب ۲- دستورالعمل تعیین نیتروژن آب	۲۶۶	۱۳۸۲		۳	

@omoorepeyman.ir

نشریات دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله (بخش تدوین معیارها)

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
آیین‌نامه ایمنی راه‌های کشور ایمنی راه و حریم (جلد اول) ایمنی ابنیه فنی (جلد دوم) ایمنی علائم (جلد سوم) تجهیزات ایمنی راه (جلد چهارم) تأسیسات ایمنی راه (جلد پنجم) ایمنی بهره‌برداری (جلد ششم) ایمنی در عملیات اجرایی (جلد هفتم)	۲۶۷				
دستورالعمل تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راه‌ها	۲۶۸	۱۳۸۲		۳	
راهنمای آزمایش‌های دانه‌بندی رسوب	۲۶۹	۱۳۸۲		۳	
مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی	۵۵	۱۳۸۳		۱	تجدیدنظر دوم
معیارهای برنامه‌ریزی و طراحی کتابخانه‌های عمومی کشور	۲۷۰	۱۳۸۳		۳	
شرایط طراحی (DESIGN CONDITIONS) برای محاسبات تأسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع مخصوص تعدادی از شهرهای کشور	۲۷۱	۱۳۸۲		۳	
راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها	۲۷۲	۱۳۸۳		۳	
راهنمای تعیین بار کل رسوب رودخانه‌ها به روش انیشتین و کلبی	۲۷۳	۱۳۸۳		۳	
دستورالعمل نمونه‌برداری آب	۲۷۴	۱۳۸۳		۳	
ضوابط بهداشتی و ایمنی پرسنل تصفیه‌خانه‌های فاضلاب	۲۷۵	۱۳۸۳		۱	
شرح خدمات مطالعات تعیین حد بستر و حریم رودخانه یا مسیل	۲۷۶				
راهنمای بررسی پیشروی آب‌های شور در آبخوان‌های ساحلی و روش‌های کنترل آن	۲۷۷	۱۳۸۳		۳	
راهنمای انتخاب ظرفیت واحدهای مختلف تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری	۲۷۸	۱۳۸۳		۳	
مشخصات فنی عمومی زیرسازی راه‌آهن	۲۷۹	۱۳۸۳		۱	
مشخصات فنی عمومی راهداری	۲۸۰	۱۳۸۳		۱	
ضوابط عمومی طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی	۲۸۱	۱۳۸۳		۳	
ضوابط هیدرولیکی طراحی ساختمان‌های تنظیم سطح آب و آبگیرها در کانال‌های روباز	۲۸۲	۱۳۸۳		۳	
فهرست خدمات مهندسی مرحله ساخت طرح‌های آبیاری و زهکشی	۲۸۳				
راهنمای بهره‌برداری و نگهداری از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری بخش دوم - تصفیه ثانویه	۲۸۴	۱۳۸۳		۳	
راهنمای تعیین و انتخاب وسایل و لوازم آزمایشگاه تصفیه‌خانه‌های فاضلاب	۲۸۵	۱۳۸۳		۳	
ضوابط طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار	۲۸۶	۱۳۸۳		۳	
طراحی بناهای درمانی (۱) بخش بستری داخلی- جراحی ۲۸۷-۱	۲۸۷	۱۳۸۳		۳	
جلد یکم:راهنمای برنامه‌ریزی‌وطراحی‌معماری					
جلد دوم : راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی					
جلد سوم :راهنمای طراحی‌تأسیسات برقی					
جلد چهارم : راهنمای گروه‌بندی و مشخصات فنی تجهیزات					
طراحی بناهای درمانی (۲) بخش مراقبت‌های ویژه I.C.U ۲۸۷-۲					
جلد یکم:راهنمای برنامه‌ریزی‌وطراحی‌معماری					
جلد دوم : راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی					
جلد سوم :راهنمای طراحی‌تأسیسات برقی					
جلد چهارم : راهنمای گروه‌بندی و مشخصات فنی تجهیزات بیمارستانی					
آیین‌نامه طرح هندسی راه‌آهن	۲۸۸	۱۳۸۳		۱	
راهنمای روش محاسبه تعدیل آحاد بهای پیمان‌ها	۲۸۹	۱۳۸۳		—	

omoorepeyman.ir

نشریات دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله (بخش تدوین معیارها)

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
دستورالعمل تهیه، ارائه و بررسی پیشنهادهای تغییر، با نگاه مهندسی ارزش دستورالعمل تهیه و ارسال گزارش سالانه پیشنهادهای تغییر، با نگاه مهندسی ارزش	۲۹۰				
جزئیات تیپ کارهای آب و فاضلاب	۲۹۱				
مجموعه نقشه‌های همسان پل‌های راه دهانه ۲ تا ۱۰ متر	۲۹۲				
مجموعه نقشه‌های همسان پل‌های راه‌آهن دهانه ۲ تا ۱۰ متر	۲۹۳				
مجموعه نقشه‌های همسان پل‌های راه دهانه ۱۰ تا ۲۵ متر	۲۹۴				
مجموعه نقشه‌های همسان پل‌های راه‌آهن دهانه ۱۰ تا ۲۵ متر	۲۹۵				
راهنمای بهسازی رویه‌های شنی و آسفالتی	۲۹۶				
فرهنگ واژگان نظام فنی و اجرایی کشور	۲۹۷				

omoorepeyman.ir

Islamic Republic of Iran

Flexible Pavement Repair and Rehabilitation Guide

No : 296

Management and Planning Organization
Office of the Deputy for Technical Affairs
Technical Affairs, Criteria Codification and
Earthquake Risk Reduction Affairs Bureau

Ministry of Roads and Transportation
Deputy of Training; Research and
Information Technology

2004/1383

omoorepeyman.ir