۱۳۹۲

# روسازی راه

## Road Pavement

جهت ارائه به شهرداریها و
سازمان های دولتی

مهندس عباس محمدی

# فهرست مطالب


**فصل اول – کلیات**

۱- تاریخچه روسازی راهها ..... ۲

۲- هدف از روسازی ..... ۳

۳- مقاومت در مقابل تنش ..... ۳

٤- لایه های روسازی و خواص کلی آنها ..... ٤

**فصل دوم – زیراساس**

۱- تعریف ..... ۹

۲- عملکرد زیراساس در روسازی ..... ۹

۳- انواع زیراساس ..... ۹

٤- مشخصات فنی زیر اساس ..... ۱۰

۵- اجرای انواع زیراساس ..... ۱۳

٦- کنترل سطح تمام شده ..... ۱۷

۷- آزمایش های کنترل کیفیت ..... ۱۸

**فصل سوم – اساس**

۱- تعریف ..... ۲۰

۲- عملکرد اساس در روسازی ..... ۲۰

۳- انواع اساس ..... ۲۰

٤- مشخصات فنی اساس ..... ۲۱

۵- اجرای انواع اساس ..... ۲۳

٦- کنترل سطح تمام شده ..... ۲۵

۷- حفاظت کار انجام شده ..... ۲٦

۸- آزمایش های کنترل کیفیت ..... ۲٦

**فصل چهارم – قیر در راهسازی**

۱- کلیات ..... ۲۸

۲- انواع قیر ..... ۲۸

۳- انواع قیرهای نفتی مصرفی در راهسازی ..... ۲۸

**فصل پنجم – اندودهای نفوذی و سطحی**


۱- تعریف ..... ۳۵
۲- عملکرد اندودها ..... ۳۵
۳- مواد قیری ..... ۳۵
٤- انتخاب قیر مناسب ..... ۳۵
٥- کنترل دمای پخش ..... ۳٦
٦- میزان پخش قیر ..... ۳۸
۷- وسایل و تجهیزات اجرای اندودها ..... ۳۹
۸- محدودیت های فصلی ..... ٤۱
۹- آماده کردن سطح ..... ٤۱
۱۰- پخش قیر ..... ٤۱
۱۱- کنترل وسایل نقلیه ..... ٤۲


**فصل ششم – آسفالت گرم**


۱- تعریف ..... ٤٤
۲- دامنه کاربرد ..... ٤٤
۳- انواع آسفالت گرم ..... ٤٤
٤- سنگدانه ها ..... ٤٦
٥- قیر ..... ٥۳
٦- طرح مخلوط های بتن آسفالتی ..... ٥٤
۷- مشخصات فنی مخلوط های آسفالتی گرم ..... ٥٥
۸- طرح اختلاط آزمایشگاهی ..... ٦۰
۹- تهیه آسفالت گرم ..... ٦۲
۱۰- زمان اختلاط ..... ٦٤
۱۱- درجه حرارت اختلاط ..... ٦٤
۱۲- کنترل کیفیت مخلوط آسفالتی ..... ٦٤
۱۳- حمل آسفالت ..... ٦٥
۱٤- پخش آسفالت ..... ٦٦
۱٥- کوبیدن آسفالت ..... ٦۷
۱٦- کنترل یکنواختی رقوم و سطح آسفالت کوبیده شده ..... ٦۸
۱۷- مشخصات و آزمایشات استاندارد برای بتن آسفالتی گرم ..... ٦۸

۱۸- انواع دوبندها ..... ۷٤
۱۹- روش کوبیدن اتصالات عرضی و طولی ..... ۷٦

**فصل هفتم – خرابیهای آسفالت**

۱- مقدمه ..... ۸۰
۲- ترکها ..... ۸۱
۳- تغییر شکل های سطح رویه ..... ۸۵
٤- خرد و کنده شدن ها ..... ۸۸
۵- لغزنده شدن سطح روسازی ..... ۸۹
٦- خرابی شانه ها ..... ۹۰
۷- خرابی رویه های آسفالت سطحی ..... ۹۱
۸- خرابی رویه های شنی ..... ۹۲

**فصل هشتم – مرمت و بهسازی**

۱- مقدمه ..... ۹۵
۲- مرمت خرابیهای روسازی ..... ۹٦

**فصل نهم – بررسی و عملکرد مشخصات سطحی روسازی در افزایش ایمنی راهها با مطالعه آزادراه قزوین – زنجان**

۱- لزوم به کارگیری سیستم های مهندسی در جهت افزایش ایمنی ..... ۱۰۲
۲- معرفی محور مورد مطالعه ..... ۱۰۳
۳- پارمترهای ایمنی روسازی و ویژگی های مهندسی ..... ۱۰۳

# فصل ۱

# کلیات

## ۱- تاریخچه روسازی راهها

راهسازان از زمانهای قدیم بر لزوم و اهمیت روسازی راهها واقف بودند و بر حسب مورد از انواع روسازیها استفاده می کردند. روسازی راهها در مناطقی که دارای زمینهای سست و آب و هوایی مرطوب بود و برای حمل و نقل کالا و مسافرین از ارابه استفاده می شد بیشتر توسعه یافت. از روسازیهای قدیمی که هنوز آثاری از آنها بر جا مانده میتوان روسازی خیابانهای بابل و روسازی راههای رومیان را نام برد. در مناطقی نظیر ایران راهها بدون روسازی ساخته می شد, زیرا آب و هوای این مناطق گرم و خشک بود, آبادیها از یکدیگر فاصله زیادی داشتند و برای حمل و نقل کالا و رفت و آمد مسافرین از چهارپایان استفاده می شد. از روسازی فقط در مواردی که راه از زمینهای سست, نمکزار, آب گیر و یا لجنی عبور می کرد استفاده می شد.

درقدیم برای روسازی راههای کویر ایران که راه از زمینهای نمکزار که خاک پوک است عبور می کرد از خرده سنگ و در صورت عدم دسترسی به سنگ ریزه از خرده آجر استفاده می شد ( راه خوار به کاشان از سیاه کوه و راه اصفهان به مشهد از کویر). برای روسازی راههایی که از لجنزارها عبور میکرد از یک لایه زغال چوب برای پایدار کردن زمین استفاده می شد که بر روی آن شن ریزی شده و سپس روی آن سنگ فرش می گردید. استفاده از خاکریز و بالاآوردن راه در دشتها در قدیم نیز بکار رفته است. قسمتهایی از راه قزوین به اصفهان که در زمینهای پست واقع شده و احتمال بسته شدن راه بر اثر طغیان رودخانه ها وجود داشت روسازی راه که از پاره سنگ و قلوه سنگ تشکیل می شد بر روی خاکریزهایی به بلندی حدود یک متر ساخته شده بود.

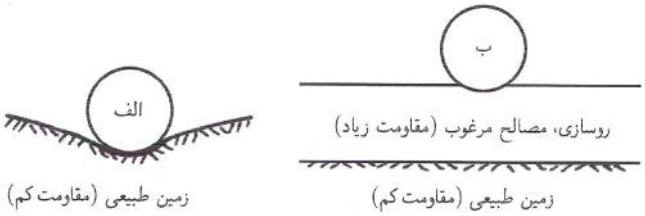
مجموعه ی حاضر در برگیرنده ضوابط و معیارهای طراحی روسازی راههای آسفالتی است که با استفاده از آئین نامه ها، مبانی, معیارها, توصیه های فنی بین المللی و تجارب راهسازی کشور تهیه شده است. علیرغم تلاش، دقت و وقت زیادی که برای تهیه این مجموعه صرف گردیده، معهذا مصون از وجود اشکال و ابهام در مطالب این مجموعه نیست. لذا در راستای تکمیل و پربار شدن این مجموعه از کارشناسان محترم درخواست میگردد موارد اصلاحی را به این مشاور ارسال نمایند تا در تجدید نظرهای آتی مورد استفاده قرارگیرد.

## ۲- هدف از روسازی

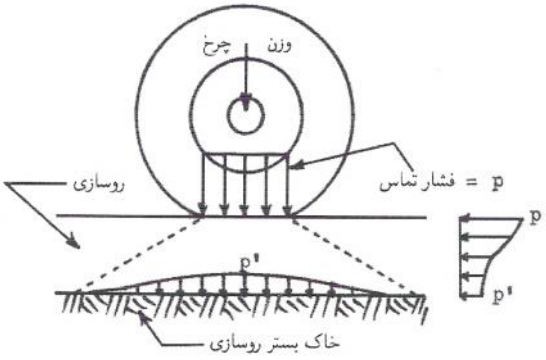
روسازی راه سازه ای است که برروی آخرین لایه متراکم شده خاک زمین طبیعی موجود یا اصلاح شده، خاکریزی ها، یا کف برشهای خاکی و یا سنگی که بطور کلی بستر روسازی نامیده میشود، قرار می گیرد.
روسازی معمولا متشکل از قشرهای مختلف نظیر زیراساس، اساس و لایه های آسفالتی یا بتنی و یا ترکیبی از آنهاست که هر یک تابع مشخصات فنی و دارای ضخامت معینی است.
زمین طبیعی، بستر خاکریزیهای آماده شده راه ، کف بر ش های خاکی و یا سنگی، حتی در شرایط کاملا متراکم و خوب دانه بندی شده، مقاومت کافی برای تحمل بارهای وارده از چرخ خودرو را در شرایط متغیر جوی ندارد . بارگذاری این گونه خاکها موجب شکست برشی و ایجاد تغییر شک لهای دائم بیش از اندازه برای آنها می شود. روسازی، از بروز و ظهور آسیب دیدگی های فوق جلوگیری نموده و عبور و مرور راحت، سریع، مطمئن، ایمن و بدون گرد و غبار را در یک سطح هموار فراهم می کند.

## ۳- مقاومت در مقابل تنش

هر یک از لایه ها باید در برابر تنشهای وارده، بی آنکه تغییر شکل بیش از اندازه در آن بوجود آید، مقاومت کند کاهش تنش برای لایه های زیرین هریک از لایه ها باید قادر باشد تنشها را تا میزان قابل تحمل برای لایه های که در زیر آن قرار گرفته، کاهش دهد. در شکل زیر منحنی تغییرات تنش فشاری قائم در یک توده ی خاک در اثر یک بار یکنواخت با سطح تماس دایره ای شکل نشان داده شده است.

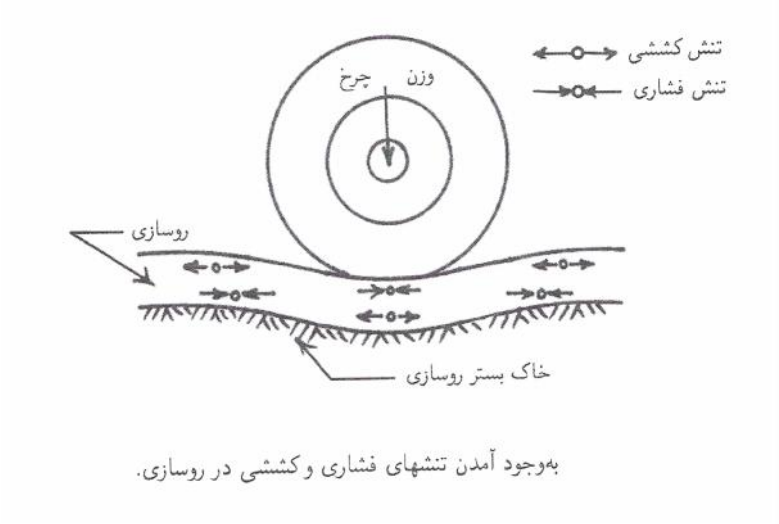



مقایسه تغییر شکل زمین طبیعی با و بدون روسازی.




توزیع تنش فشاری قائم در تودهٔ خاک.

در راههای با رفت و آمد زیاد و فرودگاهها لایه های بالایی روسازیها و بخصوص لایه ی رویه از مصالح قیری و یا سیمانی ساخته می شوند. در اثر بارگذاری روسازی این نوع رویه تغییر شکل داده و در آنها تنشهای کششی و فشاری افقی بوجود می آید. هرگاه شدت تنشهای کششی افقی در یک لایه روسازی از میزان استقامت کششی مصالح آن لایه بیشتر شود موجب شکست و ترک خوردن آن لایه می شود. بنابراین جنس و ضخامت لایه های روسازی که از مصالح قیری و یا سیمانی ساخته می شوند باید طوری انتخاب شود که در برابر تنشهای کششی افقی بوجود آمده در آنها مقاومت کند و ترک نخورد.




به‌وجود آمدن تنشهای فشاری و کششی در روسازی.

## ٤- لایه های روسازی و خواص کلی آنها

ضخامت و کیفیت مصالح لایه های روسازی، به نوع و درجه بندی راه، مقاومت خاک بستر، میزان ترافیک، شرایط جوی، نوع مصالح قابل دسترسی و عوامل اقتصادی بستگی دارد.

خصوصیات و ویژگی های کلی بستر و هریک از لایه های تشکیل دهنده روسازی ، بشرح زیر است:

### ٤-١- بستر روسازی

کیفیت خاک بستر، میزان تحمل باربری و حساسیت و آسیب پذیری آن در برابر عوامل جوی، در انتخاب لایه های روسازی نقش تعیین کننده دار د در اثر عبور بار ترافیکی، کرنشهای فشاری قائم در بالای بستر روسازی ایجاد می شود که هرگاه مقدار این کرنشها ازمقدار مجاز بزرگتر باشد می تواند منجر به شـیار افتادگی در روسازی شود به طور کلی تمام خاک هایی کـه در طبقه بندی تا تقسیم بندی شده اند، می توانند برای بستر روسازی راه مناسب باشند با وجود آنکه خا ک های گروه آشتو از این طبقه بندی در شرایط خشک از مقاومت کافی برخوردارند ولی در مناطق پربارش و شرایط اشباع و یخبندان ، به ویژه برای ترافیک سنگین، مناسب نبوده و بهتر است با استفاده از مواد تثبیت کننده نظیر آهک، این مصالح را اصلاح و تقویت کرد.

## ٤-٢- زیراساس

زیراساس معمولاً نخستین قشر لایه روسازی است که برروی بستر روسازی قرار م ی گیر د .مصالح زیراساس معمولاً از بستر رودخانه ها، مخروط افکنه ها و یا معادن کوهی (سنگ شکسته) تهیه می شود و در مورد هایی که ضرورت فنی و اقتصادی ایجاب نماید. مصالح زیراساس علاوه بر عملکرد عمومی سازه ای که درکل سیستم روسازی برای آن در نظرگرفته شده،بایددارای خصوصیات زیر نیز باشد:

### دانه بندی

دانه بندی زیراساس باید طوری باشد که از نفوذ مواد ریزدانه خاک بستر روسازی به قشر اساس جلوگیری کند، لذا باید دانه بندی پیوسته ای داشته باشد.

### مقاومت در برابر یخبندان

در مناطقی که عمق نفوذ یخبند ان به زیراساس می رسد، باید مصالح زیراساس طوری انتخاب شودکه دربرابر یخبندان حساسیت نداشته باشد.

### خاصیت زهکشی

از جمع شدن آب آزاد ناشی از نفوذ آب های سطحی و یا تراوشی در لایه روسازی جلوگیری کند و لذا باید خاصیت زهکشی مطلوب برای تخلیه آب را داشته باشد.

## ٤-٣- اساس

قشر اساس، معمولاً بلافاصله در زیر لایه آسفالت و روی قشر زیراساس قرار می گیرد. مصالح این قشر باید متشکل از سنگ کوهی شکسته، یا شن و ماسه رودخانه ای شکسته، یا سرباره کوره های آهن گدازی و یا ماکادام باشد. قشرهای آسفالتی، علاوه بر عملکرد ویژه ای که در سازه روسازی برای آنها منظور شده است، باید خصوصیات کلی زیر را نیز دارا باشد:

### مقاومت سایشی

مصالح سنگی مصرفی در برابر اثر تخریبی و سایشی چرخ وسایل نقلیه مقاومت کافی داشته باشند.همواری سطح و تاب لغزشی از سطحی هموار برای عبور راحت، سریع و مطمئن و در عین حال دارای مقاومت لغزشی کافی، برخوردار باشد .مقاومت در برابر لغزندگی بویژه در قوس های تند و نزدیکی تقاطع ها و میادین

امری ضروری است .برای تامین این ویژگی با اصطکاک لازم میتوان از مخلوط های آسفالتی متخلخل و یا دیگر مخلو طهای نظیر برای قشر رویه استفاده کرد.

**نفوذ ناپذیری(ناتراوا)**

به منظور کاهش نفوذ آ ب های سطحی به لایه های روسازی، لازم است مجموعه لایه های آسفالتی به اندازه کافی ناتراوا باشند تا نفوذ آب به حداقل برسد.

**مقاومت باربری**

در مقابل هرگونه تغییر شکل بیش از اندازه ناشی از تاثیر ترافیک و عوامل جوی و تغییرات دمای محیط که به شکل نرم شدن، فتیله شدن، ترک خوردن و آسیب دیدگیهای دیگر ظاهر میشود، از مقاومت و دوام لازم برخوردار باشد.

## ٤-٤- انواع روسازی

روسازی ها، از نظر نوع مصا لح مصرفی در قشر رویه، شامل بتن، آسفالت و یا مختلط (بتن و آسفالت) می باشد. انواع روسازی ها به سه دسته زیر تقسیم می شود.

**روسازی سخت یا بتنی (بتن سیمانی)**

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

مقاومت فشاری وکشش ی روسازی بتنی زیاد است و بار ترافیک را، بدون تغییر شکل زیاد صفحه بتنی، در سطح گسترده تری به خاک بستر منتقل می سازددر این نوع روسازی،دال بتنی به مرور تغییر شکل می دهد و درزیر آن تنش کششی ایجاد می شود .اگر تنش کششی از مقاومت کششی بتن زیادتر باشد ، بتن می شکند و ترک می خورد . از این رو اینگونه روساز ی ها بصورت مسلح طرح واجرا می گردند.

در روسازی های سخت، مقاومت و کیفیت قشر بتنی عامل تعیین کننده توان بارپذیری رویه است و تغییرات مقاومتی خاک بستر مقطع عرضی یک نمونه روسازی سخت را نشان می دهد.

**روسازی انعطاف پذیر یا آسفالتی**

روسازی آسفالتی، مقاومت برشی مناسبی دارد ولی مقاومت کششی آن بسیار کم است. بارهای وارده بر روسازی آسفالتی در سطح نسبتاً کوچک تر و با گستردگی کمتری نسبت به روسازی بتنی به خاک بستر

روسازی منتقل می شود .روسازی آسفالتی، معمولاً از سه لایـه متمایز زیراساس، اساس و آسفالت استفاده می شود. مقاومت و کیفیت خاک بستر روسازی در پاید اری روسازی آسفالتی، نقش تعیین کننده دارد.
روسازی تمام آسفا لتی نیز یکی از انواع روساز ی های انعطا فپذیر است که در آن فقط از لایه های آسفالتی که مستقیماً روی بستر روسازی و یا بستر تقویت شده قرار می گیرد، استفاده می شود. در این نوع روسازی، مصالح زیراساس و یا اساس کاربردی ندارد. روسازی های تمام آسفالت، عمر طولانی دارند و صرفاً برای مناطق مرطوب با یخبندان زیاد میتواند کاربرد داشته باشند.

**روسازی مختلط**

روسازی مختلط روساز یهایی که ترکیبی از دو نوع روسازی سخت و قابل انعطاف باشد، روساز ی های مختلط نامیده می شود. به عنوان مثال، در روسازی فرودگاه ها که با روسازی سخت و بتنی طرح می شود، دال بتنی را معمولاً بر روی قشری از آسفالت معمولاً اساس قیری قرارمی دهند و یا این که رویه های سخت و یا قابل انعطاف موجود در راه هاو فرودگا ه ها را به هنگام بهسازی و تقویت برحسب مورد و با توجه به شرایط خاص طرح به ترتیب بارویه قابل انعطاف و یا سخت، روکش می نمایند. در واقع در روسازی های مختلط و یاترکیبی، روسازی از لایه های مختلف غیر آسفالتی، آسفالتی و بتنی تشکیل می شود .

# فصل ۲

# زیراساس

## ۱- تعریف

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

## ۲- عملکرد زیراساس در روسازی

عملکرد زیراساس در روسازی بطور خلاصه بشرح زیر است:

### ۲-۱- تعدیل فشارهای وارده

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

### ۲-۲- خاصیت تراوایی

**قشر زیراساس تثبیت نشده باید بتواند آبهای سطحی و یا آبهای نفوذی شانه راه و یا آبهای تراوشی را به نهرهای خارج جسم راه هدایت کند. برای تأمین این ویژگی، لازم است دانه‌بندی مصالح قشر زیراساس با دانه‌بندی‌های جدول (۱) منطبق باشد.**

### ۲-۳- تقلیل ضخامت روسازی

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

### ۲-٤- کاهش اثر یخبندان

با افزایش ضخامت زیراساس، که مصالح آن در برابر یخبندان حساسیت نداشته باشد، می‌توان عمق لایه مقاوم در مقابل یخبندان را افزایش داد.

## ۳- انواع زیراساس

انواع متداول زیراساس به شرح زیر است:

### ۳-۱- زیراساس با شن و ماسه رودخانه‌ای

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

### ۳-۲- زیراساس کوهی یا قلوه سنگی شکسته

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

### ۳-۳- زیراساس تثبیت شده

در محلهایی که مخلوط شن و ماسه رودخانه‌ای و یا سنگ شکسته کوهی طبق مشخصات در دسترس نباشد، می‌توان بـا اضـافه کردن مواد تثبیت کننده مانند سیمان، آهک و یا قیر، مصالح موجود را پایدار کرد. در زمینهایی که آلوده به مواد مضـری هسـتند کـه روی سیمان اثر مخرب می‌گذارند و یا در محل‌هایی که احتمال رشد و روییـدن گیاهـان وجـود دارد، از زیراسـاس آهکـی، مـی‌تـوان استفاده کرد. زیراساس آهکی که در این فصل تشریح شده است، در پایدار نمودن پی راه‌ها، بزرگراه‌ها، خیابان‌ها، پارکینگ‌ها و غیـره کاربرد دارد.

## ٤- مشخصات فنی زیراساس

### ٤-۱- زیراساس رودخانه‌ای و سنگی

این مصالح باید دارای مشخصات زیر باشد:

#### ٤-۱-۱- دانه‌بندی

**دانه‌بندی مصالح زیراساس با توجه به شرایط پروژه باید با یکی از دانه بندی‌های $I$ تا $IV$ جـدول (۱) مطابقـت داشته باشد.**

#### ٤-۱-۲- سایر مشخصات

**سایر مشخصات مصالح زیراساس باید با مقادیر مندرج در جدول (۲) مطابقت داشته باشد.**

جدول ۱- دانه‌بندی مصالح زیراساس شنی و یا سنگی

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

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

جدول ۲- مشخصات مصالح زیراساس

| ردیف | شرح آزمایش | مشخصات | روشهای آزمایش | |
|---|---|---|---|---|
| | | ٪ | AASHTO | ASTM |
| ۱ | دامنه خمیری | حداکثر ۶ | T 90 | D 4318 |
| ۲ | حد روانی | حداکثر ۲۵ | T 89 | D 4318 |
| ۳ | ارزش ماسه‌ای (پس از کوبیدگی) | حداقل ۳۰ | T 176 | D 2419 |
| ۴ | سایش با روش لوس‌آنجلس | حداکثر ۵۰ | T 96 | C 131 |
| ۵ | سی بی آر در تراکم ۱۰۰ درصد آزمایشگاهی | حداقل ۳۰ | T 193 | D 1883 |

## ٤-۲- زیراساس آهکی

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

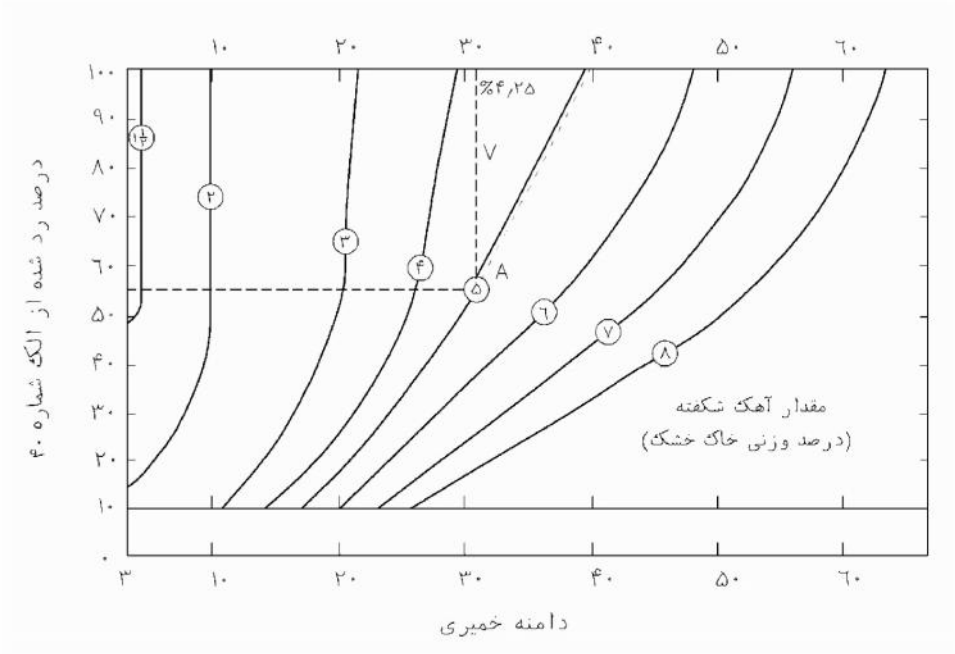
افزایش مقاومت خاک و آهک تدریجی بوده و با توجه به شرایط جوی، مدت زمانی به طول می‌انجامد و به همین دلیل استفاده از زیراساس آهکی در مناطق گرم نتیجه مطلوب‌تری می‌دهد. درصد آهک مصرفی بهینه با روش‌ها و آزمایش‌های زیر تعیین می‌شود. **انتخاب روش برحسب شرایط با نظر مهندسین مشاور پروژه انجام شده و شرح کامل آن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

### ٤-٢-١- روش آشتو

در این روش خاک آماده شده برای اختلاط را دانه‌بندی نموده و دامنه خمیری آن را تعیین می‌کنند، سپس با توجه به درصد مصالح ردشده از الک شماره ۴۰ و دامنه خمیری خاک، درصد آهک نسبت به وزن خشک مصالح از شکل (۱) بدست می‌آید.

مثال:

اگر درصد مصالح رد شده از الک شماره ۴۰ برابر ۵۵ درصد و دامنه خمیری ۴۰ باشد، از نقطه مربوط به ٪۵۵ خطی افقی ترسیم می‌شود تا منحنی ترسیم شده برای نشانه خمیری ۴۰ را در نقطه $(A)$ قطع کند. از نقطه $(A)$ خط قائم $(V)$ را رسم و سپس مقدار آهک از حد فاصل منحنی‌های ۴ و ۵، حدود ۴/۲۵ درصد بدست می‌آید.




**شکل ۱- نمودار آشتو برای تعیین درصد آهک**

### ٤-٢-٢- استفاده از آزمایش سی بی آر

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

از روی منحنی بدست آمده درصد آهک مربوط به سی بی آر موردنظر تعیین می شود. حداقل سی بی آر قابل قبول برای زیراساس آهکی ۳۰ درصد می‌باشد.

### ٤-٢-٣- استفاده از آزمایش مقاومت فشاری

در این روش خاک را با درصدهای مختلف آهک خوب مخلوط می‌کنند. سپس بـه مقـدار مناسـب آب اضـافه نمـوده و براسـاس آزمایش آشتو اصلاح شده ۱۸۰-$T$ آشتو، مخلوط را کوبیده و متراکم می‌کنند.

نمونه‌های کوبیده شده با درصدهای مختلف آهک را تحت آزمایش فشاری تک محوری قرار می‌دهند. پـس از بـه دسـت آوردن نتایج آزمایش، منحنی تغییرات مقاومت فشاری برحسب تغییرات درصد آهک ترسیم می‌گردد. از منحنی حاصل میـزان درصـد آهـک برای مقاومت موردنظر به دست می‌آید. مقاومت فشاری برای قشر زیراساس تثبیت شده با آهک به کل ضخامت لایه‌هـای روسـازی روی قشر زیراساس بستگی دارد که باید در مشخصات فنی خصوصی طرح قید شود.

### ٤-٢-٤- استفاده از روش دامنه خمیری

در این روش خاک با آهک و آب خوب مخلوط می‌شود بطوریکه مخلوط، رنگ یکنواختی پیـدا کنـد. سـپس حـد روانـی و دامنـه خمیری مخلوط تعیین می‌شود. این آزمایش با درصدهای مختلف آهک تکرار می‌گردد. سپس منحنـی تغییـرات حـد روانـی و دامنـه خمیری بر حسب درصدهای مختلف آهک مصرفی رسم شده و درصد آهک بهینه از روی منحنی‌های مذکور نسبت بـه وزن مصـالح خشک برای دامنه خمیری یا حد روانی موردنظر به دست می‌آید.

## ٥- اجرای انواع زیراساس

### ٥-١- اجرای زیراساس با شن و ماسه طبیعی و یا سنگ شکسته

پس از انتخاب معدن شن و ماسه و یا سنگ شکسته، ابتدا دانه بندی مصالح مطابق روش ۲۷-$T$ آشتو تعیین می‌گـردد. چنانچـه دانه‌های درشت‌تر از حد مشخصات وجود داشته باشد، قبل از حمل با سرند مکانیکی آنها را جدا می‌کنند، به طوری که مصـالح سـرند شده در داخل محدوده یکی ازدانه‌بندی‌های تعیین شده در جدول (۱) قرار گیرد. سپس سایر آزمایش‌های مندرج در جـدول (۲) نیز انجام می‌گیرد. چنانچه نتایج در حد مشخصات باشد، مصالح حمل و روی بستر روسازی آماده شده راه ریسه می‌شود.

**قبل از ریسه نمودن مصالح، سطح بستر روسازی بایستی براساس شیب‌های طولی و عرضی منـدرج در نقشـه‌هـا، تنظیم شده و ارقام نقاط مختلف آن با ارقام نظیر در نقشه‌ها، نباید از ۲۵ میلیمتر تجاوز کند.**

میزان مصالح ریسه شده روی سطح بستر روسازی متناسب با عرض بستر و ضخامت و میزان تراکم قشر زیراساس در هـر مـورد محاسبه خواهد شد. مصالح ریسه شده روی بستر روسازی راه که دارای مشخصات لازم باشد، با توجه به کم شدن حجم در اثر تراکم، به ضخامتی حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد بیش از ضخامت تئوریک تعیین شده در مشخصات پخش می‌گردد. سپس با تانکرهـای آب‌پـاش، روی مصالح پخش شده آب‌پاشی می‌شود.

**مقدار آب‌پاشی باید متناسب با رطوبت بهینه برای کوبیدن مصالح باشد کـه طبـق روش ۱۸۰- $T$ آشـتو طریقـه $D$ تعیین می‌شود.** حداکثر ضخامت کوبیده شده زیراساس ۲۰ سانتیمتر می‌باشد. درصورتیکه ضخامت کـل زیراسـاس از ۲۰ سـانتیمتر تجاوز نماید، مصالح در ۲ و یا چند لایه پخش می‌شود.

### ۵-۱-۱- کوبیدن قشر زیراساس

کوبیدن قشر زیراساس از طرفین محور راه با استفاده از غلتک‌های چرخ فولادی استاتیک، یا غلتک‌های چرخ لاستیکی، بـه وزن حدود ۱۲ تن شروع می‌شود. ضمن آنکه جهت تسهیل کوبیدگی می‌توان از غلتک‌های لرزشی (ویبره) یا غلتک‌های کششی- لرزشـی نیز استفاده کرد. **وزن غلتک باید طوری باشد که سنگدانه‌ها زیر چرخ غلتک شکسته نشود.** عملیات غلتک‌زنی و کوبیدن قشر زیراساس در قوسهایی که دارای شیب یکطرفه (بربلندی) می‌باشد، از داخل قوس شروع شده و به طرف خارج قوس ادامه می‌یابد.

قبل از اتمام کوبیدگی، سطح زیراساس مجددا ترازیابی شده و ارقام نقاط با ارقام نظیر در نقشه‌های نیمـرخ طـولی و نیمرخهـای عرضی مطابقت داده می‌شود. چنانچه اختلاف نهایی حداکثر ۲۰± میلیمتر باشد، کوبیدگی ادامـه مـی یابـد، در غیراینصـورت مصـالح اضافی تراشیده شده و در نقاطی که مصالح کم باشد مقدار لازم به آن اضافه و سپس مخلوط شده و کوبیدگی تا حصول نتیجه ادامـه می‌یابد.

**تـراکم نسبی لایه زیراساس، با آزمایش ۱۹۱- $T$ آشتو باید برابر صد در صد وزن مخصوص خشک مصالحی باشد که در آزمایشگاه با روش آشتو اصلاح شده (۱۸۰- $T$ آشتو طریقه $D$) بدست می‌آید.**

### ۵-۲- اجرای زیراساس آهکی

اجرای زیراساس آهکی شامل کنترل بستر روسازی، آماده کردن خاک، تهیـه و پخـش آهـک، اخـتلاط و آب‌پاشـی، کوبیـدن و تسطیح نهایی بشرح زیر می‌باشد:

#### ۵-۲-۱- کنترل سطح بستر روسازی راه

**قبل از اجرای قشر زیراساس آهکی، باید شیبهای طولی و عرضی و شکل مقطع عرضی راه با نقشه‌بـرداری کنتـرل شود. نتایج نقشه‌برداری و کوبیدگی بستر باید مورد تأیید دستگاه نظارت قرار گیرد.**

#### ۵-۲-۲- آماده کردن خاک

خاک‌ها را از نظر میزان واکنش با آهک می‌توان به دو گروه تقسیم کرد: خاک‌های واکنش‌زا وخاک‌های بدون واکنش بـا آهـک. خاک‌های واکنش زا با آهک، خاک‌هایی هستند که پس از تثبیت با آهک و گذشت ۲۸ روز در دمای ۲۰ درجـه سـانتیگراد، افـزایش مقاومت فشاری آنها نسبت به مقاومت فشاری خاک تثبیت نشده بیش از ۳/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع شود، در غیراینصورت بـدون واکنش تلقی می‌شـوند. **خاک مورد مصرف باید عاری از هر نوع مواد آلی، لجنی و نباتی بوده و دانه‌هـای درشـت‌تـر از ۶۳ میلیمتر نداشته باشد. قبل از حمل و پخش خاک روی بستر روسازی، باید طبقه‌بندی، حد روانی و دامنه خمیـری آن بـر اساس آزمایشهای آشتو (۸۹-$T$ و ۹۰- $T$) تعیین شده باشد.**

#### ۵-۲-۳- آماده کردن آهک

آهک از منابع تعیین شده در دفترچه مشخصات فنی خصوصی تهیه می‌شود که به صورت آهک شـکفته، آهـک زنـده و دوغـاب آهک می‌تواند باشد. انتخاب نوع آهک با توجه به شرایط پروژه توسط دستگاه نظارت صورت می‌گیرد. **مشخصات آهـک مصـرفی**

**باید با مشخصات مندرج در استاندارد (۲۱۶- *M* آشتو) مطابقت داشته باشد.** نمونه‌گیری و آزمایش‌های آهک براساس روش‌های ۲۱۸- *T* آشتو و ۲۱۹- *T* آشتو انجام می‌گردد.

**الف- آهک شکفته**

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

در ماشین‌های مخصوص پخش آهک، سرعت ماشین و میزان گردش محور پخش‌کن، براساس میزان آهک مصرفی تعیین می‌شود.

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

**ب- آهک زنده**

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

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

**پ- دوغاب آهک**

دوغاب آهک از اختلاط آهک و آب به دست می‌آید. این عمل ممکن است در یک مخزن ثابت و یا در تانکر آب پاش انجام شود. میزان اختلاط آهک و آب به مقدار درصد آهک مورد نظر، جنس و رطوبت طبیعی خاک و میزان رطوبت هوا بستگی دارد. **در مواردی که رطوبت خاک، رطوبت بهینه است ولی هوا گرم و خشک می‌باشد، مقدار آب باید ۳ تا ٤ درصد بیشتر از حد تعیین شده باشد تا پس از تبخیر، به میزان مورد نظر برسد.**

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

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

**پخش دوغاب آهک در هوای با درجه حرارت کمتر از ۵ درجه سانتیگراد، در سایه و همچنین درهوای بارانی مجاز نمی‌باشد.**

### ۵-۲-٤- اختلاط و آب پاشی

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

**الف- روش خشک**

اختلاط آهک با خاک می‌تواند روی سطح بستر راه و یا در خارج از آن انجام شود. عمل اختلاط می‌تواند بصورت اختلاط در محل توسط ماشین‌هایی نظیر گریدر، ماشین‌های مخلوط‌کن و یا دستگاه‌های مخصوص تثبیت خاک بصورت درجا انجام گیرد، یا اینکه به وسیله یک کارخانه مرکزی که برای تثبیت خاک با آهک و آب آماده شده است، مواد به طور یکنواخت با هم مخلوط شده و سپس به روی راه حمل و پخش گردد. درمواقعی که مخلوط روی سطح بستر راه تهیه می‌شود، ابتدا خاک منتخب یا مصالح در فواصل معین و حساب شده ریسه شده، سپس با تیغه گریدر در ضخامت مورد نظر پخش می‌گردد. روی خاک پخش شده شیارهائی برای پخش آهک بوجود می‌آورند، سپس آهک زنده یا آهک شکفته را به مقدار تعیین شده در مشخصات روی خاک پخش نموده و سپس خاک و آهک را با گریدر یا هر مخلوط‌کننده دیگر، طوری مخلوط میکنند که مخلوطی یکنواخت حاصل شود. این مخلوط با مقدار آبی که تعیین شده است، آب پاشی شده و سپس اقدام به کوبیدن آن می‌گردد.

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

**ب- روش تر**

در این حالت ابتدا خاک، روی بستر روسازی آماده شده راه پخش می‌گردد. مثلا برای قشر زیراساس به ضخامت ۲۰ سانتیمتر بشرح زیر عمل می شود:

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

سپس دوغاب آهک تهیه شده با تانکر به میزان حدود ۱۰۰ لیتر در مترمربع، روی آن پاشیده و با تیغه گریدر و یا هر وسیله مناسب دیگر مخلوط می‌گردد تا دوغاب آهک کاملا جذب خاک شود. مجددا به میزان ۵۰ لیتر در متر مربع دوغاب آهک پاشیده می‌شود و خوب مخلوط می‌گردد. به این ترتیب مخلوط برای کوبیدن آماده شده است. دوغاب آهک داخل تانکر مرتب بوسیله هوای فشرده از زیر هم زده می‌شود تا آهک رسوب نکند. میزان آهک مصرفی براساس روش‌های ذکر شده تعیین می‌شود.

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

### ۵-۲-۵- کوبیدن مخلوط

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

میزان کوبیدگی لازم برای قشر زیراساس آهکی، ۱۰۰ درصد حداکثر وزن مخصوص خشک با روش آشتوی اصلاح شده می‌باشد. در راه‌های با ترافیک کم، برحسب نظر دستگاه نظارت می توان ۹۵ درصد روش آشتو استاندارد را منظور داشت. هنگام کوبیدن مخلوط چنانچه لازم باشد، با گریدر یا هر وسیله مناسب دیگر، مصالح کوبیده شده مجدداً شخم زده و تسطیح می‌شود. آخرین مراحل کوبیدن با استفاده از غلتک‌های چرخ لاستیکی یا غلتکهای مناسب دیگر انجام می‌گردد تا سطح تمام شده کاملا هموار به دست آید. معمولاً ضخامت قشر کوبیده شده حدود یک سانتیمتر بیش از ضخامت تعیین شده می‌باشد که بعدا باید به وسیله گریدر این ضخامت اضافی (که عموماً مشخصات خود را از دست می‌دهد) برداشته شود. در تمام مدت کوبیدن زیراساس تردد وسایط نقلیه مجاز نیست.

### ۵-۲-٦- سایر توصیه‌ها

الف- زیراساس آهکی در مناطق گرم، بهتر از مناطق سرد نتیجه می‌دهد.

ب- آهک با خاک ریزدانه زودتر عکس العمل نشان می‌دهد. زیرا در این موارد آب- آهک، سطح بیشتری ازدانه‌های خاک را اندودکرده و واکنش شیمیایی میان آهک و خاک سریعتر انجام می‌گیرد.

پ- مقدار آب لازم برای زیراساس آهکی بستگی به دانه‌بندی خاک، گرما و خشکی هوا دارد، ولی هر اندازه آب کمتر مصرف شود بهتر است.

ت- هر چه مصالح و آهک بیشتر ورز داده شود و بهتر متراکم گردد، مقاومت فشاری آن زیادتر خواهد شد.

ث- هر قدر درجه خلوص آهک بیشتر باشد، مقاومت مخلوط زیادتر می‌شود.

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

چ- در گرما و محیط مرطوب، مقاومت مخلوط افزایش می‌یابد، لذا برای شرایط با آب و هوای گرم و مرطوب مناسب‌تر است.

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

## ٦- کنترل سطح تمام شده

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

**سطح تمام شده زیراساس باید صاف و عاری از هرگونه موج و ناهمواری باشد بطوریکه هرگاه با یک شمشه ٤ متری در تمام جهت‌ها اندازه‌گیری شود، ناهمواری‌های آن بیش از ۱۵ میلیمتر نباشد.**

نقاط نشان داده شده روی نقشه نیمرخ‌های طولی و عرضی در سطح زیراساس مشخص و پیاده می‌شود. این نقاط ترازیابی شده و ارقام آنها تعیین می‌گردد. **ارقام حاصل نباید بیش از ۲۰± میلیمتر با ارقام نقشه‌ها اختلاف داشته باشد.** در غیر اینصورت مصالح اضافی از سطح راه تراشیده شده وبرداشته می‌شود و در صورتیکه مصالح کم باشد، مصالح لازم اضافه شده و طبق مشخصات تسطیح، مخلوط و کوبیده می‌گردد. **ضخامت قشر زیراساس پس از کوبیده شدن باید با ضخامت و رواداری مشخص شده در نقشه‌ها مطابقت داشته باشد.**

**عبور ترافیک از روی سطح زیراساس مجاز نیست.** زیرا ترافیک موجب می‌گردد که زیراساس کیفیت خود را از دست بدهد.

## ۷- آزمایش‌های کنترل کیفیت

برای کنترل کیفیت مصالح و کارهای انجام شده این فصل بایستی از مصالح تهیه شده قبل از مصرف و همچنین حین انجام کار و متناسب با پیشرفت، آزمایش‌های لازم به عمل آید. این آزمایش‌ها طبق استانداردهای آشتو یا ای اس تی ام می‌باشد که در جدول (۲) و سایر بندهای این فصل نشان داده شده است.

# فصل ۳

# اساس

## ۱- تعریف

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

## ۲- عملکرد اساس در روسازی

عملکرد قشر اساس در روسازی بشرح زیر می‌باشد:

### ۲-۱- تحمل بارهای وارده

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

### ۲-۲- خاصیت تراوایی

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

## ۳- انواع اساس

انواع اساس در روسازی به شرح زیر می‌باشد:

### ۳-۱- اساس شن و ماسه‌ای شکسته

شن و ماسه حاصل از رودخانه‌ها را مشروط بر آن که دارای مشخصات فنی لازم باشد، میتوان بعد از شکستن و تامین دانه‌بندی و مشخصات لازم در قشر اساس بکار برد.

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

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

### ۳-۳- اساس ماکادامی

اساس ماکادامی از سنگ کوهی و یا سنگ‌های رودخانه‌ای شکسته تشکیل می‌شود. این مصالح براساس مشخصات، پخش و سپس مصالح ریزدانه بر روی آن پخش شده و به روش خشک و یا مرطوب کوبیده می‌شود.

## ۳-٤- اساس قیری

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

# ٤- مشخصات فنی اساس

## ٤-۱- اساس شن و ماسه‌ای یا سنگی

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

### ٤-۱-۱- دانه‌بندی

**دانه‌بندی مصالح اساس، با توجه به شرایط پروژه، باید با یکی از دانه‌بندی‌های جدول (۱) مطابقت داشته باشد. این دانه‌بندی باید به موازات منحنی میانی دانه‌بندی انتخابی بوده و پیوسته باشد.**

### ٤-۱-۲- سایر مشخصات

**مصالح مورد استفاده برای قشر اساس باید مقاوم و بادوام بوده و مشخصات مندرج در جدول (۲) را داشته باشد**

**جدول ۱- دانه‌بندی‌های مصالح اساس**

| شماره دانه بندی / اندازه الک | درصد وزنی ردشده از هر الک | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | IV | V |
| ۵۰ میلیمتر (۲ اینچ) | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | --- | --- |
| ۳۷/۵ میلیمتر (۱/۵ اینچ) | ۹۵-۱۰۰ | --- | --- | ۱۰۰ | --- |
| ۲۵ میلیمتر (۱ اینچ) | ۶۰-۸۰ | ۷۰-۸۵ | ۷۵-۹۵ | ۷۰-۱۰۰ | ۱۰۰ |
| ۱۹ میلیمتر ( $\frac{۳}{۴}$ اینچ) | ۷۰-۹۲ | ۶۰ -۸۰ | --- | ۶۰-۹۰ | --- |
| ۹/۵ میلیمتر ( $\frac{۳}{۸}$ اینچ) | ۵۰-۷۰ | ۳۰-۶۵ | ۴۰-۷۵ | ۴۵-۷۵ | ۵۰-۸۵ |
| ۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴) | ۳۵-۵۵ | ۲۵-۵۵ | ۳۰-۶۰ | ۳۰-۶۰ | ۳۵-۶۵ |
| ۲ میلیمتر (شماره ۱۰) | --- | ۱۵-۴۰ | ۲۰-۴۵ | ۲۰-۵۰ | ۲۵-۵۰ |
| ۰/۶ میلیمتر (شماره ۳۰) | ۱۲-۲۵ | --- | --- | --- | --- |
| ۰/۴۲۵ میلیمتر (شماره ۴۰) | --- | ۸-۲۰ | ۱۵-۳۰ | ۱۰-۳۰ | ۱۵-۳۰ |
| ۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰)* | ۲-۸ | ۲-۸ | ۲-۸ | ۲-۸ | ۲-۸ |

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

جدول ۲- مشخصات مصالح اساس

| ردیف | آزمایش | مشخصات | روشهای آزمایش | |
|---|---|---|---|---|
| | | ٪ | AASHTO | ASTM |
| ۱ | دامنه خمیری | حداکثر ۴ | T 90 | D 4318 |
| ۲ | حد روانی | حداکثر ۲۵ | T 89 | D 4318 |
| ۳ | ارزش ماسه‌ای (پس از کوبیدگی) | حداقل ۴۰ | T 176 | D 2419 |
| ۴ | سایش با روش لوس آنجلس | حداکثر ۴۵ | T 96 | C 131 و C 535 |
| ۵ | افت وزنی با سولفات سدیم | حداکثر ۱۲ | T 104 | C 88 |
| ۶ | سی بی آر- در تراکم صد در صد آزمایشگاهی | حداقل ۸۰ | T 193 | D 1883 |
| ۷ | شکستگی در دو جبهه- مانده روی الک ۴/۷۵ میلیمتر | حداقل ۷۵ | --- | D 5821 |
| ۸ | سنگدانه‌های پهن و دراز مانده روی الک ۹/۵ میلیمتری * | حداکثر ۱۵ | --- | D 4791 |

* سنگدانه‌ای که حداکثر طول به حداقل ضخامت آنها بزرگتر از ۵ باشد.

## ٤-۲- اساس ماکادامی

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

### ٤-۲-۱- مصالح درشت دانه

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

الف- دانه بندی با روش T ۲۷- آشتو تعیین می‌شود و باید با یکی از دانه‌بندی‌های جدول (۳) مطابقت داشته باشد.

جدول ۳ دانه‌بندی مصالح درشت دانه

| اندازه الک‌ها | درصد وزنی ردشده از الک | |
|---|---|---|
| | دانه بندی ۱ | دانه بندی ۲ |
| ۷۵ میلیمتر (۳ اینچ) | ۱۰۰ | --- |
| ۶۳ میلیمتر (۲/۵ اینچ) | ۹۰-۱۰۰ | ۱۰۰ |
| ۵۰ میلیمتر (۲ اینچ) | ۳۵-۷۰ | ۹۰-۱۰۰ |
| ۳۸ میلیمتر (۱/۵ اینچ) | ۰-۱۵ | ۳۵-۷۰ |
| ۲۵ میلیمتر (۱ اینچ) | --- | ۰-۱۵ |
| ۱۹ میلیمتر ( $\frac{۳}{۴}$ اینچ) | ۰-۵ | --- |
| ۱۲/۵ میلیمتر ( $\frac{۱}{۲}$ اینچ) | --- | ۰-۵ |

ب- سایش مصالح درشت دانه با روش لوس آنجلس و درصد افت وزنی با سولفات سدیم تعیین می‌شود (طبق مشخصات جدول ۲).

پ- حداکثر درصد سنگدانه‌های پهن و دراز که مطابق ۴۷۹۱- $D$ ای‌اس‌تی‌ام آزمایش می‌شود نباید بیشتر از ۱۵ باشد.

ت- چنانچه مصالح درشت‌دانه از شکستن سنگ‌های رودخانه‌ای تهیه شود، لازم است حداقل۷۵٪ وزنی مصالح مانده روی الک ۴/۷۵ میلیمتر (الک شماره ۴) در دو جبهه یا بیشتر شکسته شده باشد (غیر از شکستگی طبیعی).

ث- مصالح درشت دانه، در مرحله نهایی با سنگ‌شکن‌های چکشی یا مخروطی شکسته می‌شود. کاربرد مصالح اساس که با سنگ شکن‌های فکی شکسته می‌شود، مجاز نیست.

### ٤-۲-۲- مصالح ریزدانه

**دانه‌بندی مصالح ریزدانه، که برای پرکردن فضای خالی قشر اساس ماکادامی بعد از پخش و کوبیدن مصرف می‌شود، شامل ماسه شسته طبیعی یا ماسه شکسته و یا مخلوطی از آنهاست که باید با دانه‌بندی جدول (٤) و مشخصات زیر مطابقت داشته باشد:**

الف- حدروانی، به روش ۸۹- $T$ آشتو: حداکثر ۳۰٪

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

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

**جدول ٤- دانه‌بندی مصالح ریزدانه**

| اندازه الک‌ها | درصد وزنی ردشده از الک |
|---|---|
| الک ۹/۵ میلیمتر ( $\frac{۳}{۸}$ اینچ) | ۱۰۰ |
| الک ۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴) | ۸۵-۱۰۰ |
| الک ۰/۱۵ میلیمتر (شماره ۱۰۰) | ۱۰-۳۰ |

## ۵- اجرای انواع اساس

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

پس از آنکه دانه‌بندی مصالح اساس از سنگ کوهی شکسته و یا مخلوط شن و ماسه شکسته در محدوده یکی از دانه‌بندی‌های مندرج در جدول (۱) قرار گرفت و سایر مشخصات آن نیز با جدول (۲) مطابقت داشت، می‌توان آنها را به روی سطح آماده شده زیراساس حمل و پخش کرد. ضخامت لایه اساس کوبیده شده می تواند بین ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر انتخاب شود.

درصورتیکه ضخامت کل لایه اساس بیشتر از ۱۵ سانتیمتر باشد، مصالح در دو یا چند لایه پخش می‌شود.

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

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

کوبیدن مصالح با غلتک‌های استاتیک و یا لرزنده چرخ فلزی و یا چرخ لاستیکی از طرفین محور راه شروع ومصالح به قدری کوبیده می‌شود که تراکم آن به میزان صد در صد روش اصلاح شده $T-۱۸۰-D$ آشتو برسد. **چنانچه پس از کوبیدن، تراکم مورد نظر بدست نیاید، مصالح باید شخم زده شده و مجددا آبپاشی و متراکم شود، بطوریکه نتایج منطبق با مشخصات به دست آید.**

## ۵-۲- اساس ماکادامی

### ۵-۲-۱- آماده کردن سطح راه

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

### ۵-۲-۲- قشر جداکننده

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

### ۵-۲-۳- پخش ماکادام

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

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

مصالح اساس بگونه‌ای پخش می‌شود که ضخامت کوبیده شده هر لایه کمتر از ۱/۲۵ و یا بیشتر از دو برابر حداکثر اندازه مصالح نباشد. در صورت استفاده از غلتک لرزشی، ضخامت لایه متراکم شده را تا ۲/۵ برابر حداکثر اندازه دانه‌ها می‌توان افزایش داد.

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

### ۵-۲-٤- کوبیدن قشر ماکادام

عملیات تراکم قشر ماکادام باید آن قدر ادامه یابد تا شرایط زیر تأمین گردد:

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

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

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

در صورت استفاده از غلتک لرزشی، ٪۵۰ ماسه مورد نیاز برای پرکردن فضای خالی بین سنگدانه‌ها در لایه‌های نازک توسط پخش‌کننده مکانیکی بر روی سطح ماکادام بطور یکنواخت پخش می‌گردد. سپس غلتک لرزشی معمولا یکبار از روی سطحی که ماسه روی آن پخش شده است عبور داده می‌شود تا ماسه به درون فضای خالی بین دانه‌های ماکادام نفوذ کند.

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

### ۵-۲-۶- آب‌پاشی

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

حین غلتک‌زنی چنانچه لازم باشد، مجددا از ماسه برای پرکردن فضای خالی استفاده می‌شود. آب‌پاشی و غلتک‌زنی آن قدر ادامه می‌یابد تا یک قشر متراکم و تحکیم شده بوجود آید. مصرف آب بیش از اندازه به هیچ وجه مجاز نیست.

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

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

## ۶- کنترل سطح تمام شده

**رقوم سطح تمام شده قشر اساس باید از نظر هموار بودن، یکنواختی و نیز انطباق با نیمرخ‌های طولی و عرضی کنترل شود. نتایج بدست آمده برای هر نقطه نباید اختلافی بیشتر از ۱۵ میلیمتر با رقوم نقشه‌های اجرایی داشته باشد.**

**ناهمواری سطح نیز با استفاده از شمشه ٤ متری در جهات عرضی و طولی راه باید اندازه‌گیری شده و این مقـدار نبایـد بیش از ۱۵ میلیمتر باشد.**

## ۷- حفاظت کار انجام شده

**عبور و مرور وسایط نقلیه و هرگونه ماشین آلات راهسازی از روی قشر اساس در تمام مراحل اجرای کـار و بعـد از تکمیل شدن آن به هیچ وجه مجاز نیست.**

## ۸- آزمایش های کنترل کیفیت

**برای کنترل کیفیت مصالح و کارهای انجام شده این فصل بایستی از مصالح تهیه شده قبـل از مصـرف و همچنـین حیـن انجام کار و متناسب با پیشـرفت آنها، آزمـایش‌های لازم به عمـل آید.** این آزمایش‌ها، طبق استـانداردهای آشـتو یـا اِی اس تی ام می‌باشد که شماره آنها در جدول (۲) و سایر بندهای این فصل آمده است.

# فصل ٤

# قیر در راهسازی

## ۱- کلیات

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

قیر در دمای محیط, جامد و یا نیمه جامد است و بر اثر حرارت روان می شود. قیر در روغن های معدنی و حلال هایی نظیر سولفید کربن, تتراکلریدکربن و تری کلرید اتیلن حل می شود.

## ۲- انواع قیر

قیرهای مصرفی در راهسازی چنانچه از معدن به دست آید قیر طبیعی یا معدنی و هرگاه از پالایش نفت خام حاصل شود, قیر نفتی یا پالایشگاهی نام دارد.

### ۲-۱- قیر های طبیعی

وقتی که مواد فرار نفت خام موجود در اعماق زمین به مرور زمان و در برابر عوامل جوی تبخیر شود, ماده سیاهی از آن بر جای می ماند که قیر طبیعی نام دارد. قیرهای طبیعی شامل قیر سنگ ها و قیرهای دریاچه ای می باشند.

### ۲-۲- قیر های نفتی

قیرهای نفتی یا پالایشگاهی از پالایش نفت خام در برجهای تقطیر به دست می آید و نهایتاً آنچه که در ته برج تقطیر باقی می ماند, قیر خالص نفتی است.

## ۳ – انواع قیرهای نفتی مصرفی در راهسازی

قیرهای حاصل از پالایش نفت خام با توجه به نوع و شرایط مصرف آن در راهسازی به شرح زیر تقسیم بندی می شود:

### ۳- ۱- قیرهای خالص

قیرهایی که مستقیماً در برج تقطیر در خلاء پالایشگاه بدست می آید و یا مختصری در جریان فرآیند هوادهی قرار میگیرد, قیر های خالص نامیده می شود. این قیرها باید همگن و فاقد آب بوده و در دمای ۱۷۶ درجه سانتیگراد کف نکند.

موارد استفادهٔ قیرهای خالص در راهسازی

| مورد استفاده | | نوع آب‌وهوای منطقه | | |
|---|---|---|---|---|
| | | گرم | معتدل | سرد |
| راه | آمدوشد سنگین | ۴۰_۵۰ | ۶۰_۷۰ | ۸۵_۱۰۰ |
| | آمدوشد سبک | ۶۰_۷۰ | ۸۵_۱۰۰ | ۱۲۰_۱۵۰ |
| خیابان | آمدوشد سنگین | ۴۰_۵۰ | ۶۰_۷۰ | ۸۵_۱۰۰ |
| | آمدوشد سبک | ۶۰_۷۰ | ۸۵_۱۰۰ | ۸۵_۱۰۰ |
| فرودگاه | | ۴۰_۵۰ | ۶۰_۷۰ | ۸۵_۱۰۰ |
| محوطهٔ توقفگاه وسایل نقلیه | | ۴۰_۵۰ | ۶۰_۷۰ | ۸۵_۱۰۰ |

مشخصات فنی قیرهای خالص (آیین‌نامه سازمان برنامه)

| نوع آزمایش | روش آزمایش | | نتایج آزمایش* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ASTM | AASHTO | ۴۰_۵۰ | ۶۰_۷۰ | ۸۵_۱۰۰ | ۱۲۰_۱۵۰ | ۲۰۰_۳۰۰ |
| درجهٔ نفوذ | D۵ | T۴۹ | | | | | |
| کندروانی کینماتیکی در ۱۳۵ (سانتی‌استوکس) | D۲۱۷۰ | T۲۰۱ | ۲۴۰+ | ۲۰۰+ | ۱۷۰+ | ۱۴۰+ | ۱۰۰+ |
| کندروانی سی‌بولت‌ـفیورول در ۱۳۵°C (ثانیه) | E۱۰۲ | | ۱۲۰+ | ۱۰۰+ | ۸۵+ | ۷۰+ | ۵۰+ |
| درجهٔ اشتعال (درجهٔ سانتی‌گراد) | D۹۲ | T۴۸ | ۲۳۲+ | ۲۳۲+ | ۲۳۲+ | ۲۱۸+ | ۱۷۶+ |
| قابلیت شکل‌پذیری در ۲۵°C (سانتی‌متر) | D۱۱۳ | T۵۱ | ۱۰۰+ | ۱۰۰+ | ۱۰۰+ | ۶۰+ | |
| قابلیت شکل‌پذیری در ۱۵٫۶°C (سانتی‌متر) | D۱۱۳ | T۵۱ | | | | | ۶۰+ |
| نسبت درصد درجهٔ نفوذ جدید به درجهٔ نفوذ اولیه پس از انجام آزمایش لعاب نازک قیر | D۵ | T۴۹ | | | | | |
| | D۱۷۵۴ | T۱۷۹ | ۵۵+ | ۵۲+ | ۴۷+ | ۴۲+ | ۳۷+ |
| درجهٔ خلوص (درصد) (روش تتراکلرورکربن) | D۲۰۴۲ | T۴۴ | ۹۹+ | ۹۹+ | ۹۹+ | ۹۹+ | ۹۹+ |
| شرایط کلی | قیر خالص باید از تقطیر مستقیم مواد نفتی تهیه شده و نباید در اثر حرارت‌دیدن تا ۱۷۷ درجهٔ سانتی‌گراد کف کند. نمونه‌گیری قیر باید براساس روش انستیتو آسفالت، روش AASHTO_T۴۰ و یا ASTM_D۱۴۰ باشد. | | | | | | |

* منظور از علامت (+) حداقل مقدار قابل قبول است.

## ۳-۲- قیرهای دمیده

قیرهای خالص را تحت فشار و حرارت ۲۰۰ تا ۳۰۰ درجه سانتیگراد قرار می دهند تا تمامی هیدروژن موجود در مولکولهای قیر با اکسیژن هوا ترکیب شود و با ایجاد واکنش های پلیمریزاسیون, هیدروکربن های سنگین تری بدست آید که درجه نفوذ کمتر و نقطه نرمی بیشتری نسبت به قیر خالص اولیه داشته باشند. در ایران دو نوع قیر دمیده ۸۵/۲۵ و ۹۰/۱۵ ساخته می شودکه اعداد ۲۵ و ۱۵ درجه نفوذ و ارقام ۸۵ و ۹۰ نقطه نرمی آنها است. قیرهای دمیده در راهسازی مصرف ندارد.

## ۳-۳- قیرهای محلول

قیرهای محلول از حل کردن قیرهای خالص در حلالهای نفتی به دست می آید.

نوع و کیفیت قیرهای محلول به کیفیت قیرهای خالص اصلی، نوع و مقدار حلال بستگی دارد .هر اندازه مقدار حلا لهای نفتی در قیر محلول زیادتر باشد ، روانی آن بیشتر است . معمولاً درصد حلال مصرفی در قیرهای محلول از ۲۰ تا ۵۰ درصد تغییر می کند .قیرهای محلول در راهسازی برای اندودهای سطحی، نفوذی، آسفالت سطحی، آسفالت سرد کارخانه ای و یا آسفالت مخلوط در محل و غیره مصرف می شود .قیرهای محلول بر حسب سرعت گیرش و نوع حلال به سه گروه اصلی زیر طبقه بندی میشوند.

### ۳-۳-۱ - قیرهای محلول زودگیر (RC)

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

### ۳-۳-۲- قیرهای محلول کندگیر (MC)

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

### ۳-۳-۳- قیرهای محلول دیرگیر (SC)

قیرهای محلول دیرگیر از حل کردن قیرخالص در حلالهای نفتی ، مانند گازوئیل یا نفت سیاه، بدست می آید . این قیرها را میتوان مانند قیرهای خالص، مستقیما از تقطیر نفت خام بدست آورد در حالت اخیر قیرهای دیرگیر را روغن راه نیز مینامند گیرش کامل این قیرها بعد از مصرف ، مدت زمان زیادی طول میکشد. در واقع این قیرها در شرایط آب و هوای عادی تبخیر نمیشوند، بلکه تغییر شکل مولکولی درآنها بوجود می آید که نسبتا تدریجی و طولانی است.

## ۳-٤- قیرابه ها (قیرهای امولسیونی)

از مخلوط کردن قیر و آب با یک ماده امولسیونساز ، قیرابه به دست می آید .دراین مخلوط قیر با ابعاد از یک تا۱۰ میکرون، در آب شناور است .آب، فاز پیوسته و قیر فاز معلق و ناپیوسته این مخلوط را تشکیل می دهد.

قیرابه سازها موجب ایجاد بار الکتریکی مثبت یا منفی در سطح ذرات قیر می شود و نیروی دافعه ناشی از بار همنام ، مانع بهم پیوستن ذرات قیر در قیرابه می شود.

مقدار قیر در قیرابه ها از ۵۵ تا ٦۵ درصد، میزان آب از ۳۵ تا ٤۵ درصد و قیرابه سازها حداکثر حدود ۰,۷ درصد وزنی قیرابه را تشکیل می دهد.

از قیرابه ها برای تهیه انواع مخلوط های آسفالت گرم و سرد کارخانه ای و یا مخلوط در محل ، آسفالت سطحی، اندودهای قیری،درزگیری و لکه گیری رویه های آسفالتی، تثبیت خاک و ماسه و غبار نشانی و غیره می توان استفاده کرد .برای مصرف قیرابه ها معمولا نیازی به حرارت دادن آنها نیست ، لذا از نظر اقتصادی و ایمنی بر انواع دیگر قیرها برتری دارند . اختـلاط قیرابه ها با سنگدانه های مرطوب و یا پخش قیرابه روی بستر مرطوب شنی و یا آسفالتی راه در عملکرد قیراب ها تأثیر منفی ندارد.

از نظر زیست محیطی و اقتصادی، قیرابه ها مناسب ترین و با صرفه ترین جایگزین برای قیرهای محلول محسوب میشوند زیرا :

- انرژی مصرفی برای گرم کردن آنها به مراتب کمتر از قیرهای محلول است.
- به جای تبـخیر و تصعید حلا ل های نفتی موجود در قیرهای محلول و انتشار آنها در محیط زیست که موجب آلودگی شدید می گردد، در قیرابه ها فقط آب تبخیر می شود.
- هزینه حدود ۵۰-۲۰ درصد وزنی حلال های نفتی موجود در قیرهای محلول, در شرایط جاری بحران انرژی به مراتب بیشتر از هزینه ماده امولسیون ساز در قیرابه می باشد.

**درجه حرارت راهنما برای گرم کردن قیر**

| نوع قیر | درجه حرارت آسفالت در واحد مخلوط کننده[1] | | درجه حرارت پخش قیر[5] | |
|---|---|---|---|---|
| | دانه‌بندی پیوسته | دانه‌بندی باز | آسفالت مخلوط در محل | آسفالت سطحی |
| قیرهای خالص | | | | |
| ۴۰/۵۰ | ۱۲۰–۱۶۳ | ۱۰۵–۱۲۷ | -- | -- |
| ۶۰/۷۰ | ۱۲۰–۱۶۳ | ۱۰۵–۱۲۷ | -- | -- |
| ۸۵/۱۰۰ | ۱۲۰–۱۶۳ | ۱۰۵–۱۲۷ | -- | -- |
| ۱۵۰/۲۰۰ | ۱۲۰–۱۵۵ | ۱۰۵–۱۲۷ | -- | ۱۳۰ + [6] |
| ۲۰۰/۳۰۰ | ۱۱۵–۱۵۰ | ۱۰۵–۱۲۷ | -- | ۱۳۰ + [6] |
| قیرآبه‌ها | | | | |
| *RS-1* | -- | | -- | ۲۰ –۶۰ |
| *RS-2* | -- | | -- | ۵۰ –۸۵ |
| *HFRS-2* | -- | | -- | ۵۰ –۸۵ |
| *MS-1* | ۱۰ –۷۰ [4] | | ۲۰ –۷۰ | ۲۰ –۷۰ |
| *MS-2* | ۱۰ –۷۰ [4] | | ۲۰ –۷۰ | -- |
| *MS-2h* | ۱۰ –۷۰ [4] | | ۲۰ –۷۰ | -- |
| *HFMS-1* | ۱۰ –۷۰ [4] | | ۲۰ –۷۰ | ۲۰ –۷۰ |
| *HFMS-2* | ۱۰ –۷۰ [4] | | ۲۰ –۷۰ | -- |
| *HFMS-2h* | ۱۰ –۷۰ [4] | | ۲۰ –۷۰ | -- |
| *HFMS-2s* | ۱۰ –۷۰ [4] | | ۲۰ –۷۰ | -- |
| *SS-1* | ۱۰ –۷۰ [4] | | ۲۰ –۷۰ | -- |
| *SS-1h* | ۱۰ –۷۰ [4] | | ۲۰ –۷۰ | -- |
| *CRS-1* | -- | | -- | ۵۰ –۸۵ |
| *CRS-2* | -- | | -- | ۵۰ –۸۵ |
| *CMS-2* | ۱۰ –۷۰ [4] | | ۲۰ –۷۰ | -- |
| *CMS-2h* | ۱۰ –۷۰ [4] | | ۲۰ –۷۰ | -- |
| *CSS-1* | ۱۰ –۷۰ [4] | | ۲۰ –۷۰ | -- |
| *CSS-1h* | ۱۰ –۷۰ [4] | | ۲۰ –۷۰ | -- |
| قیرهای محلول[2] | | | | |
| *MC-30* | -- | -- | -- | ۳۰ + [6] |
| *RC-MC-SC-70* | -- | -- | ۲۰ + [6] | ۵۰ + [6] |
| *RC-MC-SC-250* | ۵۵ –۸۰ [3] | -- | ۴۰ + [6] | ۷۵ + [6] |
| *RC-MC-SC-800* | ۷۵ –۱۰۰ [3] | -- | ۵۵ + [6] | ۹۵ + [6] |
| *RC-MC-SC-3000* | ۸۰ –۱۱۵ [3] | -- | -- | ۱۱۰ + [6] |

توضیحات جدول :

۱) درجه حرارت قیر باید بگونه‌ای تنظیم شود که درجه حرارت مخلوط آسفالتی گرم که بلافاصله از مخلوط کننده تخلیه می‌شود با اعداد ارائه شده درجدول تطبیق کند.

۲) درجه حرارت نشان داده شده برای قیرهای محلول ممکن است از درجه اشتعال قیر بیشتر باشد، در چنین حالتی کلیه نکات 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، دود آبی رنگ متصاعد نشود.

۶) حداقل درجه حرارت

## موارد استفاده انواع قیر در راهسازی (سازمان برنامه)

| مورد استفاده | | قیرهای خالص | | | | | قیرهای محلول (درجه‌بندی جدید) | | | | | | | | | | | | امولسیونهای قیر | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | تندگیر RC | | | | کندگیر MC | | | | | دیگر SC | | | | | آنیونی | | | | | | کاتیونی | | | | | |
| | | ۴۰_۵۰ | ۶۰_۷۰ | ۸۵_۱۰۰ | ۱۲۰_۱۵۰ | ۲۰۰_۳۰۰ | ۷۰ | ۲۵۰ | ۸۰۰ | ۳۰۰۰ | ۳۰ | ۷۰ | ۲۵۰ | ۸۰۰ | ۳۰۰۰ | ۷۰ | ۲۵۰ | ۸۰۰ | ۳۰۰۰ | RS_۱ | RS_۲ | MS_۱ | MS_۲ | MS_۲h | SS_۱ | SS_۱h | CRS_۱ | CRS_۲ | CMS_۲ | CMS_۲h | CSS_۱ | CSS_۱h |
| بتن آسفالتی گرم | آب‌وهوای گرم و معتدل‌ـآمدوشد سنگین | | × | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | آب‌وهوای گرم و معتدل‌ـآمدوشد سبک | | | × | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | آب‌وهوای سردـآمدوشد سنگین | | | × | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | آب‌وهوای سردـآمدوشد سبک | | | | × | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| آسفالت سطحی ۱ | | | | | × | ۲× | × | × | × | × | | | × | × | × | | | × | × | × | × | | | | | | | | | | |
| اندود سطحی ۳ | | | | | | | × | | | | | | | | | | | | | | | | | | × | × | | | | | × |
| اندود نفوذی ۴ | | | | | | | × | × | | | × | × | × | | | × | × | | | | | | | | | | | | | | |
| اندود آب‌بندی ۵ | | | | | × | × | × | × | × | × | | × | × | × | × | × | × | | | | × | × | | | × | × | | | | | × |

۱. براساس درجه‌بندی قدیمی، قیرهای محلول مناسب برای آسفالت سطحی عبارت‌اند از: S_۱۲۵، ۵ و ۴ و ۳ و ۲ و ۱_RC، ۵ و ۴ و ۳ و ۲_MC، ۵ و ۴_SC

۲. قیر خالص AC۲۰۰_۳۰۰ مناسب برای آسفالت سطحی در مناطق گرم نیست.

۳. براساس درجه‌بندی قدیمی، قیرهای محلول مناسب برای اندود سطحی عبارت‌اند از: ۰_RC و ۱_RC

۴. براساس درجه‌بندی قدیمی، قیرهای محلول مناسب برای اندود نفوذی عبارت‌اند از: ۲ و ۱_RC، ۲ و ۱ و ۰_MC، ۲ و ۱_SC. قیرهای ۱_MC و ۲_MC معمولترین قیرها برای اندود نفوذی هستند. قیر ۱_MC برای لایه اساس با تخلخل کم، قیر ۲_MC برای لایه اساس با تخلخل زیاد به‌کار می‌رود.

۵. براساس درجه‌بندی قدیمی، قیرهای محلول، مناسب برای اندود آب‌بندی عبارت‌اند از: ۵ و ۴ و ۳ و ۲ و ۱_RC، ۵ و ۴ و ۳ و ۲ و ۱_MC

# فصل ۵

# اندودهای نفوذی و سطحی

## ۱- تعریف

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

## ۲- عملکرد اندودها

عملکرد اندودهای نفوذی و سطحی بشرح زیر است:

### ۲-۱- اندود نفوذی

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

### ۲-۲- اندود سطحی

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

## ۳- مواد قیری

برای اندودهای سطحی و نفوذی می‌توان از قیرهای محلول و قیرابه‌ها که نوع و محدوده درجه حرارت پخش آنها در جدول (۱) داده شده استفاده کرد. مشخصات قیرهای محلول و قیرابه ها باید با جدول‌های مربوط در فصل پنجم مطابقت داشته باشد.

## ٤- انتخاب قیر مناسب

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

الف- دمای محیط

ب- رطوبت نسبی و باد

پ- درجه حرارت سطحی که قیرپاشی می‌شود

ت- بافت سطحی بستری که قیرپاشی می‌شود

ث- طول زمان عمل آمدن قیر

### ٤-١- اندود نفوذی

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

الف- در شرایط هوای سرد، قیرهای با کندروانی کم مانند *MC-30*، *MC-70* و یا *RC-70* مناسب است.

ب- در شرایط هوای معتدل و گرم هر یک از قیرهای گروه *MC-30*، *MC-70* و *MC-250* مناسب است.

پ- در صورتیکه بافت سطح شنی راه متراکم، پیوسته و ریزدانه باشد، از قیرهای با کندروانی کم مانند *MC-30*، *MC-70* و یا *RC-70* و در صورتیکه بافت سطح شنی راه درشت‌دانه و باز باشد، علاوه بر قیرهای فوق می‌توان از قیرهای با کندروانی بیشتر مانند *MC-250* استفاده کرد.

ت- چنانچه به هر دلیل اندود نفوذی بعد از ۴۸ ساعت جذب سطح راه نشود، تا موقعی که قیر در بافت سطحی راه نفوذ کند، فرصت داده می‌شود. در صورت لزوم می‌توان با پخش ماسه تمیز روی اندود نفوذی، قیر اضافی را جذب کرد. ماسه مصرفی باید ریزتر از ۵ میلیمتر بوده و درصد عبور کرده از الک ۲۰۰ آن از ۵ درصد تجاوز نکند.

ث- استفاده از قیرآبه‌ها محدود به اساس ماکادامی و اساس شنی و کوهی شکسته با سطوح قابل نفوذ و تخلخل زیاد است.

### ٤-٢- اندود سطحی

هر یک از قیرهای جدول (۱) را که برای اندود سطحی تعیین شده است، می‌توان بدون توجه به شرایط جوی متفاوت برای موردهای زیر مصرف کرد:

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

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

**پ- قیرابه‌های دیرشکن را باید قبل از مصرف با آب رقیق نمود. عمل رقیق کردن برای قیرآبه‌های کندشکن *MS-1* و *HFMS-1* باید توسط کارخانه سازنده انجام گیرد. برای رقیق کردن قیرابه، آب تدریجاً و ضمن بهم زدن به آن اضافه می‌گردد تا کاملاً مخلوط شود.**

## ٥- کنترل دمای پخش

مناسب‌ترین درجه حرارت پخش قیرهای محلول، علاوه بر رعایت دمای مندرج در جدول (۱)، درجه حرارتی است که در آن کندروانی قیر به شرح شکل (۱)، بین ۱۲۰-۲۰ سانتی استکس باشد. برای قیرهای محلول متفاوت، این درجه حرارت از نمودار تغییر کندروانی قیر برحسب درجه حرارت‌های مختلف تعیین می‌شود. به عنوان نمونه شکل (۲) نمودار مورد نظر را که برای یک نوع قیر *RC-250* از قیر پایه مشخص و معینی ساخته شده است، نشان می‌دهد. بدیهی است که قیرهای محلول برحسب این که از چه نوع قیر خالصی تهیه شده باشند، دارای نمودارهای متفاوت و در نتیجه درجه حرارت پخش متفاوتی خواهند بود. از نظر ایمنی درجه اشتعال قیرهای محلول زودگیر، حداقل ۲۷ درجه و قیرهای کندگیر *MC-30* و *MC-70*، حداقل ۳۸ و قیر *MC-250*، حداقل ۶۶

درجه سانتیگراد است. نظر به این که حداقل درجات حرارت پخش بشرح جدول (۱) برای این قیرها اغلب بالاتر از حداقل درجه اشتعال آنها است، لذا هنگام کار با این قیرها، کنترل دمای پخش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که رعایت موردهای احتیاطی زیر ضروری می‌باشد:

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

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

**پ- ماشین قیرپاشی برای پخش این قیرها باید بدون استثناء به کپسول‌های آتش نشانی و وسایل ضد حریق مجهز باشد.**

**جدول ۱- قیرهای مصرفی در اندودهای سطحی و نفوذی**

| نوع و درجه قیر | اندود نفوذی | اندود سطحی | درجه حرارت پخش (سانتیگراد) |
|---|---|---|---|
| **قیرابه‌های انیونیک** | | | |
| زودشکن RS-1 | -- | -- | ۲۰ -۶۰ |
| کندشکن MS-1 ، HFMS-1 | -- | (۱) | ۲۰ -۷۰ |
| دیرشکن SS-1 ، SS-1h | (۲) | (۳) | ۱۰ -۶۰ |
| **قیرابه‌های کاتیونیک** | | | |
| زودشکن CRS-1 | -- | -- | ۲۰ -۶۰ |
| کندشکن CMS-2 | -- | -- | ۲۰ -۷۰ |
| دیرشکن CSS-1 ، CSS-1h | (۲) | (۳) | ۱۰ -۶۰ |
| **قیرهای محلول** | | | |
| قیر زودگیر RC-70 | * | * | ۵۰ (۴) |
| قیر زودگیر RC-250 | * | * | ۷۵ (۴) |
| قیر کندگیر MC-30 | * | -- | ۳۰ (۴) |
| قیر کندگیر MC-70 | * | -- | ۵۰ (۴) |
| قیر کندگیر MC-250 | * | -- | ۷۵ (۴) |

۱- رقیق شده با آب توسط کارخانه سازنده

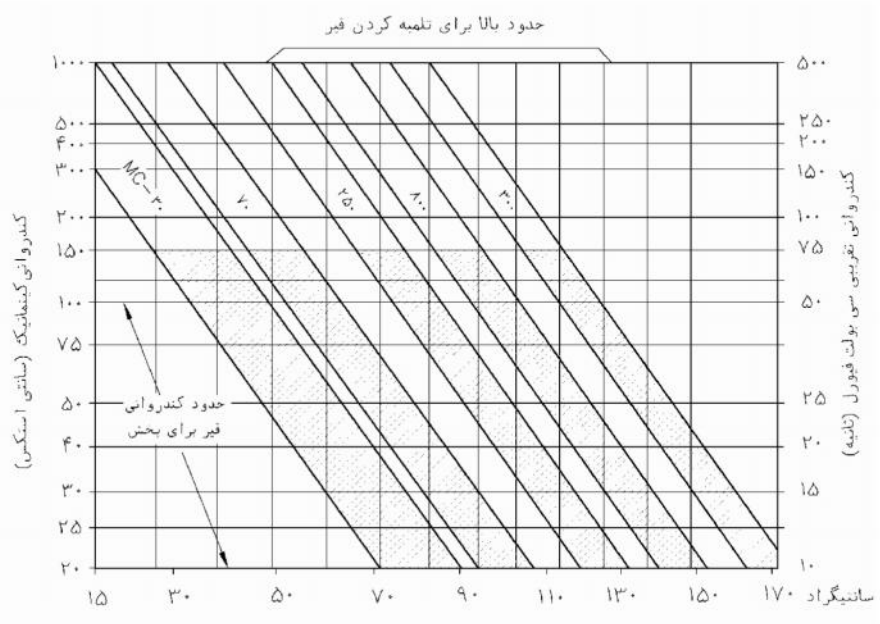
۲- فقط برای سطوح قابل نفوذ مانند اساس ماکادامی و اساس با دانه بندی باز و تخلخل زیاد

۳- رقیق شده با آب در حین اجرا

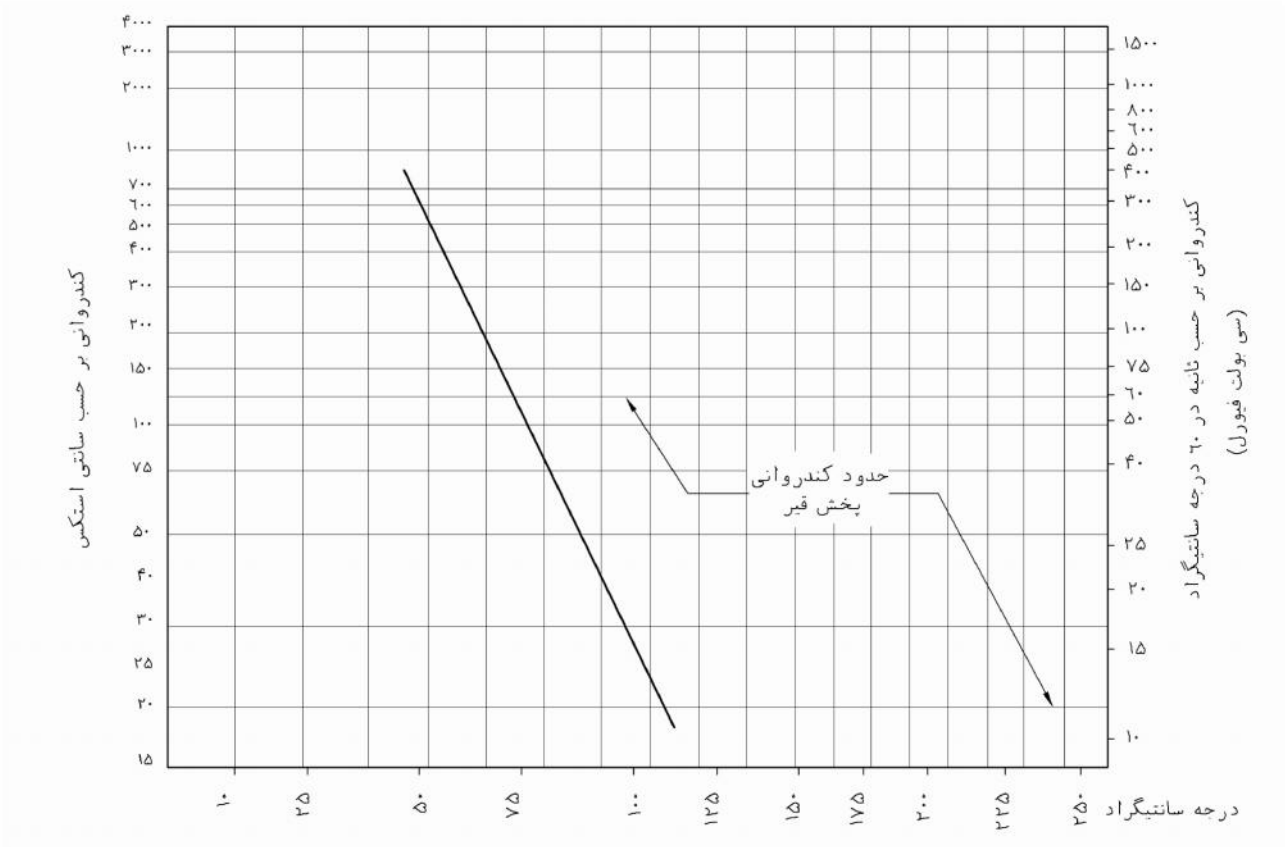
۴- حداقل درجه حرارت (به بند ۶-۵ مراجعه شود)

* قابل مصرف است

-- مصرف ندارد




**شکل ۱- کندروانی و درجه حرارات پخش قیرهای محلول**




**شکل ۲- رابطه تغییر کندروانی قیر *RC-250* با درجه حرارت**

## ٦- میزان پخش قیر

مناسب‌ترین میزان پخش قیر برای اندودهای نفوذی و سطحی، مقدار قیری است که پس از انقضای مدت زمان لازم برای هر یک از اندودها، مواد فرار آن تصعید و کاملا جذب سطح راه شده باشد که این مدت برای اندود نفوذی، حداقل ۲۴ ساعت خواهد بود.

به طور کلی مقادیر زیر را به عنوان راهنما بر حسب این که نوع اندود، نفوذی یا سطحی باشد، می‌توان بکار برد. بدیهی است مقادیر دقیق قیر، از طریق آزمایش کارگاهی توسط دستگاه نظارت تعیین می‌شود.

### ٦-١- اندود نفوذی

برای سطوح آماده شده راه بر حسب آنکه بافت ریزدانه و متراکم و یا بافت درشت‌دانه و باز داشته باشد، مقدار قیر محلول به ترتیب می تواند از ١ تا ٢ کیلوگرم بر متر مربع تغییر کند.

در صورتیکه از قیرابه برای سطوح آماده شده راه با دانه‌بندی باز و تخلخل زیاد استفاده شود، میزان مصرف آن برحسب مورد بین ١/٥- ٢/٥ لیتر بر متر مربع خواهد بود.

### ٦-٢- اندود سطحی

برای اندودهای سطحی، مقدار قیر محلول حدود ۴۰۰-۲۰۰ گرم در متر مربع و برای قیرابه ۵۰۰-۲۵۰ گرم در مترمربع می‌باشد. میزان اندود سطحی که باید روی سطوح آسفالتی قدیمی، هوازده و آسیب دیده پخش شود، برحسب مورد و با توجه به شدت میزان فرسودگی رویه موجود توسط دستگاه نظارت تعیین می‌شود.

## ٧- وسایل و تجهیزات اجرای اندودها

برای اجرای اندودها، ماشین آلات زیر مورد نیاز است:

- جاروی مکانیکی
- سیستم هوای فشرده یا کمپرسور
- قیرپاش

### ٧-١- جاروی مکانیکی و کمپرسور

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

### ٧-٢- قیرپاش

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

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

**ب- مخزن قیرپاش باید به یک دستگاه گرم کننده مجهز باشد و بتواند محموله قیر را تا درجه حرارت لازم برای پخش گرم کند. قیر هنگام گرم کردن باید در گردش باشد و یا به کمک وسایل مخصوص بهم زده شود. برای**

**قیرپاشهایی که قیرابه‌ها را پخش می‌کنند، سیستم گردش قیر در مخزن باید لوله پخش قیر و شیرهای مربوط به آن را نیز شامل شود، در غیر این صورت احتمال شکستن قیرابه و انسداد لوله‌ها وجود دارد.**

**پ- به منظور کنترل دائم درجه حرارت قیر، باید دماسنجی روی مخزن نصب شود. دماسنج باید به نحوی قرار گیرد که حداکثر درجه حرارت قیر را نشان دهد.**

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

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

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

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

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

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

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

**ذ- قیرپاشی که برای پخش قیرابه بکار می‌رود هر روز پس از خاتمه کار باید با نفت سفید یا مواد مشابه کاملا شستشو گردد. مخزن قیرپاش در شرایطی که حاوی قیرابه باشد باید در مقابل سرما محافظت شود تا قیرابه یخ نزده و نشکند.**

**ر- پخش قیر توسط قیرپاش باید به اندازه‌ای دقیق باشد که انحراف آن از مقدار قیری که باید در هر مترمربع از سطح راه پخش شود، از ۱۰ درصد تجاوز نکند. برای تأمین این نظر باید سرعت دستگاه و مقدار قیری که از لوله‌ها تخلیه می‌شود، یکنواخت و همگن باشد.** سرعت قیرپاش که همواره قبل از قیرپاشی محاسبه میشود، از رابطه (۱) تعیین می‌گردد:

$$V = \frac{MQ}{WA} \qquad (۱)$$

که در آن :

$V$= سرعت در موقع پخش برحسب متر در دقیقه

$Q$= مقدار قیر قابل تخلیه از لوله قیرپاش برحسب لیتر در دقیقه

$M$ = ضریب اصلاح حجم قیر نسبت به درجه حرارت پخش

$W$= عرض لوله قیرپاش- متر

$A$ = مقدار قیر، برحسب لیتر در مترمربع

## ۸- محدودیت‌های فصلی

**اندودهای سطحی و نفوذی باید هنگامی انجام شود که هوا بارانی و یا مه‌آلوده نبوده و سطح راه در صورت مصرف قیرهای محلول کاملا خشک باشد.** چنانچه قیرابه مصرف می‌شود، سطح راه می‌تواند رطوبت سطحی و جزئی داشته باشد. برای اندودهای نفوذی و سطحی، درجه حرارت هوا در سایه وقتی که هوا رو به گرمی می‌رود، بهتر است بیشتر از ۱۰ درجه و زمانی که هوا رو به سردی می‌رود، بیش از ۱۵ درجه سانتیگراد باشد.

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

## ۹- آماده کردن سطح راه

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

در صورت استفاده از قیرابه‌ها، هنگامی که دمای محیط در حال افزایش است می‌توان سطح راه را قبل از اندود نفوذی با آب مرطوب کرد تا قبل از شکستن قیرابه، فرصتی برای نفوذ آن در خلل و فرج سطح راه فراهم شود.

## ۱۰- پخش قیر

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

قیرپاشی در سطوح محدود و قسمتهایی که پخش با قیرپاش امکان پذیر نیست با قیرپاش دستی انجام می‌گیرد.

**در صورتیکه پخش قیر در دو خط عبور یا بیشتر انجام می‌شود باید لبه طولی خطوط در تمام طول یکدیگر را بپوشانند** و در نقاط شروع و پایان قیرپاشی، بهتر است سطح راه در عرض کافی با صفحات کاغذی و یا فلزی پوشیده شده و بلافاصله پس از اجرای اندودها برداشته شوند.

## ۱۱- کنترل وسایل نقلیه

برای کنترل عبور و مرور وسایل نقلیه پس از پخش اندودهای نفوذی و سطحی، موارد زیر باید رعایت شود:

### ۱۱-۱- اندودهای نفوذی

**هرگاه عبور وسایل نقلیه از روی قیر پخش شده اضطراری باشد، قیر باید قبلا خشک شده و کاملا در سطح راه نفوذ کرده باشد، در غیر اینصورت باید نخست روی قیر ماسه پخش شود و سپس اجازه عبور و مرور از راه داده شود.**

### ۱۱-۲- اندودهای سطحی

**عبور و مرور وسایل نقلیه از روی سطوح قیرپاشی شده مجاز نمی‌باشد. هرگاه لازم باشد که قیرپاشی ضمن عبور و مرور وسایل نقلیه صورت گیرد، باید همیشه نصف عرض راه باز باشد تا وسایل نقلیه از روی سطح قیرپاشی شده عبور نکنند. لازم است هنگام اجرای عملیات قیرپاشی با نصب علائم کافی و گماردن مأموران راهنما و چراغ‌های هشدار دهنده، ایمنی عبور و مرور تأمین شود.**

# فصل ٦

# آسفالت گرم

## ۱- تعریف

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

## ۲- دامنه کاربرد

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

## ۳- انواع آسفالت گرم

آسفالت گرم مصرفی در قشرهای روسازی راه، به شرح انواع زیر است:

### ۳-۱- آسفالت رویه (توپکا)

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

قشر رویه نسبت به قشر آستر و اساس قیری، دارای دانه‌بندی ریزتر، فضای خالی سنگدانه‌های آن زیادتر و در نتیجه قیر بیشتر می‌باشد. حداکثر اندازه سنگدانه‌ها در این قشر بین ۹/۵ تا ۱۹ میلیمتر می‌باشد که با توجه به بافت سطحی مورد نیاز و نوع ترافیک و شرایط آب و هوایی، انتخاب می‌شود. چنانچه درصد رد شده از الک شماره ۸ دانه‌بندی به حداکثر و یا حداقل مجاز میل کند، به ترتیب بافت سطحی ریز یا درشت می‌شود.

برای افزایش دوام آسفالت رویه و بهبود مقاومت آن در مقابل لغزندگی، شیار افتادگی[1] و تخلیه سریع آب‌های سطحی به خارج از عرض سواره رو، می‌توان از یک نوع آسفالت رویه بنام *SMA*[2] یا آسفالت ماستیک درشت‌دانه با مصالح سنگی صد در صد شکسته و با دانه‌بندی گسسته[3] و قیر و فیلر زیادتر نسبت به آسفالت گرم معمولی استفاده کرد. مشخصات این نوع آسفالت در فصل سیزدهم این آئین‌نامه ارائه شده است.

### ۳-۲- آسفالت آستر (بیندر)

این قشر بتن آسفالتی، بین قشر رویه و قشر اساس قیری و در صورت عدم وجود قشر اساس قیری، بین قشر رویه و قشر اساس سنگ شکسته قرار می‌گیرد. دانه‌بندی آن درشت‌تر از آسفالت رویه و مقدار قیر آن کمتر است. حداکثر اندازه سنگدانه‌های آن از ۱۹ تا

---

1- Rutting
2- Stone Matrix Asphalt
3- Gap graded

۳۷/۵ میلیمتر می‌باشد. گاهی اوقات در شرایط ترافیک خیلی سنگین، ازجمله در بنادر و اسکله‌ها، مشروط برآنکه بافت سطحی آن مشکلی ایجاد نکند، از دانه‌بندی‌های قشر بیندر با سنگدانه‌های حداکثر اندازه ۲۵میلیمتر که در مقابل تغییرشکل ناشی از بارهای خیلی سنگین و هوای گرم، حساسیت کمتری دارد، برای قشر رویه استفاده می‌شود.

## ۳-۳- اساس قیری

این قشر به عنوان اولین قشر روسازی بتن آسفالتی می‌تواند مستقیماً روی قشر زیراساس و یا اساس قرار گیرد. اساس قیری دارای دانه‌بندی درشت تر و مقدار قیر آن کمتر از آسفالت آستر و رویه می‌باشد. حداکثر اندازه سنگدانه‌های آن تا ۵۰ میلیمتر و در مواردی نیز تا ۷۵ میلیمتر می‌رسد.

از اساس قیری با دانه‌بندی باز به عنوان یک لایه زهکش بمنظور تسریع در تخلیه آب‌های نفوذی به سیستم روسازی و یا جلوگیری از بازگشت ترک‌های آسفالت موجود در بهسازی‌ها با حداکثر اندازه سنگدانه‌های ۳۷/۵ تا ۵۰ میلیمتر، متشکل از مصالح صددرصد شکسته، بعنوان لایه کنترل کننده ترک‌های انعکاسی[۴] استفاده می‌کنند.

استفاده از اساس قیری جز برای شرایط خاص که باید مستند به توجیه فنی مشاور طرح و تصویب کارفرما باشد، توصیه نمی‌گردد.

## ۳-٤- ماسه آسفالت

ماسه آسفالت از اختلاط ماسه شکسته و یا ماسه طبیعی شسته و یا مخلوطی از این دو با قیر تهیه می‌گردد. ماسه آسفالت را می‌توان در قشرهای به ضخامت حداقل ۱۵ میلیمتر و بیشتر پخش و اجرا کرد. از ماسه آسفالت به عنوان قشر تسطیح آسفالت‌های قدیمی (قبل از روکش) نیز استفاده می‌شود. چون مقاومت مارشال ماسه آسفالت در مقایسه با مقاومت سایر مخلوط‌های آسفالت گرم و بتن آسفالتی که دانه‌بندی درشت‌تر از ماسه دارند کمتر است، لذا موارد مصرف آن باید به تناسب مقاومت مارشال و سایر ویژگی‌های آن و رابطه آنها با انواع ترافیک سبک، متوسط و سنگین انتخاب شود.

## ۳-۵- آسفالت متخلخل[۵]

### ۳-۵-۱- کلیات

این آسفالت از اختلاط قیر خالص اصلاح شده با مصالح سنگی صد در صد شکسته دارای دانه‌بندی باز در کارخانه آسفالت گرم تهیه و با ضخامت حدود ۲۵ تا ۴۰ میلیمتر اجرا می‌شود. فضای خالی این آسفالت گرم بعد از کوبیده شدن در سطح راه، حدود ۲۰ درصد است. این قشر، جزء سیستم روسازی محسوب نمی‌شود و نمی‌توان از آن بعنوان قشر جایگزین رویه اصلی استفاده کرد.

مزایای این آسفالت به یک یا چند مورد از موارد زیر که به ویژگی‌های عملکردی آن بستگی دارد، محدود می‌شود:

- باعث تخلیه سریع آب‌های سطحی رویه راه به خارج از عرض سواره رو می‌شود.
- مانع پدیده ایستابی در سطح راه و در نتیجه ایمنی بیشتر عبور و مرور می‌شود.

---

4- Crack Relief Layer
5- Porous Asphalt

- کاهش پدیده پاشش و پخش آب که موجب افزایش قابلیت دید و ایمنی می‌شود.
- متوسط صدای تولید شده تا حدود ۳$dB(A)$ کمتر از میزان سر و صدای تولید شده در آسفالت گرم معمولی است.
- رویه آسفالت متخلخل در حالت خشک و حتی بارندگی، مانع از انعکاس نور چراغ‌های جلوی خودروهای مقابل می‌شود که ناشی از عملکرد پخش نور آن است.
- موجب افزایش تاب لغزشی و ضریب اصطکاک سطح راه می‌شود که ناشی از مصرف حدود ۸۵ درصد مصالح درشت دانه (بیشتر از ۲ میلیمتر) و صد در صد شکسته آن است.
- **در صورت استفاده از رویه آسفالت متخلخل، لازم است لایه‌ای که بلافاصله زیر آن قرار می‌گیرد عملا نفوذ ناپذیر باشد.** استفاده از این آسفالت فقط با توجیه فنی- اقتصادی مشاور طرح و تصویب کارفرما اجرا می‌شود، ضمن آنکه مشخصات کامل مصالح، قیر، طرح اختلاط، تولید و مراحل اجراء و برنامه دوره نگهداری آن جهت تأمین نیازهای عملکردی این آسفالت، باید در مشخصات فنی خصوصی پروژه قید شود.

### ۳-۵-۲- مصالح سنگی

مصالح سنگی مصرفی در آسفالت گرم متخلخل باید با مشخصات مربوطه در این فصل مطابقت داشته و دانه‌بندی آن مطابق جدول (۹-۳) باشد. انتخاب دانه‌بندی‌های دیگر که سوابق عملکردی رضایت‌بخش داشته باشند با تشخیص دستگاه نظارت مجاز است.

### ۳-۵-۳- طرح آسفالت متخلخل

مقدار قیر مصرفی در این مخلوط آسفالتی با توجه به تجربه و سوابق عملکرد آنها و براساس فضای خالی مورد نظر که حدود ۲۰ درصد می‌باشد تعیین می‌شود.

حداقل قیر برای دانه‌بندی‌های ۱ و ۲ جدول (۳) ، به ترتیب ۴/۵ و ۵ درصد می‌باشد که با توجه به وزن مخصوص سنگدانه‌های مصرفی و جذب قیر آنها، قابل تغییر است. در طراحی آسفالت متخلخل به منظور جلوگیری از روان شدن و جدایش قیر از سنگدانه‌ها و ته‌نشین شدن آن در آسفالت، در مراحل ساخت، حمل، پخش و غلتک‌زنی از افزودنی‌های تثبیت کننده قیر که شامل انواع خاصی از مواد معدنی یا آلی است، استفاده می‌شود که مقدار آنها به ۰/۳ تا ۰/۵ درصد وزن آسفالت محدود می‌گردد.

## ٤- سنگدانه‌ها

سنگدانه‌ها از معادن سنگ کوهی یا قلوه سنگ‌های درشت رودخانه‌ای استخراج و در سنگ‌شکن فکی و دوار (کوبیت) شکسته می‌شود. مصالح بلافاصله پس از شکسته شدن، دانه‌بندی شده (با سرند کردن) و در قسمت‌های مجزا به صورت مصالح دانه درشت، دانه متوسط و دانه ریز (شامل فیلر) انبار می‌شود. بدیهی است که مصالح سنگ کوهی نسبت به شن و ماسه و قلوه سنگ رودخانه‌ای، ارجحیت دارد.

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

مصالح سنگی شکسته شده برای انواع آسفالت گرم باید سخت، محکم، با دوام، تمیز، مکعبی شکل و عاری از هرگونه مواد آلی، رسی، شیستی، پوشش خاکی و دانه‌های سست بوده و برای هر قطعه از پروژه، حتی‌الامکان از یک معدن تهیه شده باشد. مصالح درشت و متوسط و ریز در صورت لزوم باید شسته شود.

## ٤-١- دانه‌بندی مخلوط‌های آسفالت گرم

انواع دانه‌بندی‌های پیوسته و باز بتن آسفالتی و مخلوط آسفالتی متخلخل در جدول‌های (۱)، (۲) و (۳) نشان داده شده است. برای تأمین دانه‌بندی‌های مندرج در جدول‌های فوق، مصالح درکارگاه بشرح بند (۴-۲) تفکیک می‌شود.

**جدول ۱- دانه‌بندی پیوسته مخلوط‌های آسفالتی**

| شماره دانه‌بندی / اندازه الک | درصد وزنی رد شده از هر الک | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۱ (اساس قیری) | ۲ (اساس قیری و استر) | ۳ (اساس قیری و آستر) | ٤ (آستر و رویه) | ٥ (رویه) | ٦[٦] (رویه) | ۷[۷] (رویه) |
| ۵۰ میلیمتر (۲ اینچ) | ۱۰۰ | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| ۳۷/۵ میلیمتر (۱/۵ اینچ) | ۹۰-۱۰۰ | ۱۰۰ | -- | -- | -- | -- | -- |
| ۲۵ میلیمتر (۱ اینچ) | -- | ۹۰-۱۰۰ | ۱۰۰ | -- | -- | -- | -- |
| ۱۹ میلیمتر ( $\frac{۳}{۴}$ اینچ) | ۵۶-۸۰ | -- | ۹۰-۱۰۰ | ۱۰۰ | -- | -- | -- |
| ۱۲/۵ میلیمتر ( $\frac{۱}{۲}$ اینچ) | -- | ۵۶-۸۰ | -- | ۹۰-۱۰۰ | ۱۰۰ | -- | -- |
| ۹/۵ میلیمتر ( $\frac{۳}{۸}$ اینچ) | -- | -- | ۵۶-۸۰ | -- | ۹۰-۱۰۰ | ۱۰۰ | -- |
| ۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴) | ۲۳-۵۳ | ۲۹-۵۹ | ۳۵-۶۵ | ۴۴-۷۴ | ۵۵-۸۵ | ۸۰-۱۰۰ | ۱۰۰ |
| ۲/۳۶ میلیمتر (شماره ۸) | ۱۵-۴۱ | ۱۹-۴۵ | ۲۳-۴۹ | ۲۸-۵۸ | ۳۲-۶۷ | ۶۵-۱۰۰ | ۹۵-۱۰۰ |
| ۱/۱۸ میلیمتر (شماره ۱۶) | -- | -- | -- | -- | -- | ۴۰-۸۰ | ۸۵-۱۰۰ |
| ۰/۶ میلیمتر (شماره ۳۰) | -- | -- | -- | -- | -- | ۲۵-۶۵ | ۷۰-۹۵ |
| ۰/۳ میلیمتر (شماره ۵۰) | ۴-۱۶ | ۵-۱۷ | ۵-۱۹ | ۵-۲۱ | ۷-۲۳ | ۷-۴۰ | ۴۵-۷۵ |
| ۰/۱۵ 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 |

6- Sand Asphalt
7- Sheet Asphalt

جدول۲- دانه‌بندی‌های باز مخلوط‌های آسفالتی

| شماره دانه‌بندی / اندازه الک | درصد وزنی رد شده از هر الک | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۱ (اساس قیری) | ۲ (اساس قیری و استر) | ۳ (اساس قیری و آستر) | ٤ (آستر و رویه) | ٥ (رویه) | ٦ (رویه) |
| ۵۰ میلیمتر (۲ اینچ) | ۱۰۰ | -- | -- | -- | -- | -- |
| ۳۷/۵ میلیمتر (۱/۵ اینچ) | ۹۰ -۱۰۰ | ۱۰۰ | -- | -- | -- | -- |
| ۲۵ میلیمتر (۱ اینچ) | -- | ۹۰ -۱۰۰ | ۱۰۰ | -- | -- | -- |
| ۱۹ میلیمتر ( $\frac{۳}{۴}$ اینچ) | ۴۰ -۷۰ | -- | ۹۰ -۱۰۰ | ۱۰۰ | -- | -- |
| ۱۲/۵ میلیمتر ( $\frac{۱}{۲}$ اینچ) | -- | ۴۰ -۷۰ | -- | ۸۵ -۱۰۰ | ۱۰۰ | -- |
| ۹/۵ میلیمتر ( $\frac{۳}{۸}$ اینچ) | ۱۸ -۴۸ | -- | ۴۰ -۷۰ | ۶۰ -۹۰ | ۸۵ -۱۰۰ | -- |
| ۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴) | ۶ -۲۹ | ۱۰ -۳۴ | ۱۵ -۳۹ | ۲۰ -۵۰ | ۴۰ -۷۰ | ۱۰۰ |
| ۲/۳۶ میلیمتر (شماره ۸) | ۰ -۱۴ | ۱ -۱۷ | ۲ -۱۸ | ۵ -۲۵ | ۱۰ -۳۵ | ۷۵ -۱۰۰ |
| ۱/۱۸ میلیمتر (شماره ۱۶) | -- | -- | -- | ۳ -۱۹ | ۵ -۲۵ | ۵۰ -۷۵ |
| ۰/۶ میلیمتر (شماره ۳۰) | ۰ -۸ | ۰ -۱۰ | ۰ -۱۰ | -- | -- | ۲۸ -۵۳ |
| ۰/۳ میلیمتر (شماره ۵۰) | -- | -- | -- | ۰ -۱۰ | ۰ -۱۲ | ۸ -۳۰ |
| ۰/۱۵ میلیمتر (شماره ۱۰۰) | -- | -- | -- | -- | | ۰ -۱۲ |
| ۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰) | -- | -- | -- | -- | -- | ۰ -۵ |

جدول ۳- دانه‌بندی مخلوط آسفالتی متخلخل

| شماره دانه‌بندی / اندازه الک | درصد وزنی رد شده از الک | |
|---|---|---|
| | ۱ | 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 | ۳۰ -۵۰ |
| ۲/۳۶ میلیمتر (شماره ۸) | ۴ -۱۲ | ۵ -۱۵ |
| ۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰) | ۲-۵ | ۲-۵ |
| درصد قیر خالص برحسب مخلوط آسفالتی- حداقل | ۴/۵ - ۸ | ۵ - ۸/۵ |

## ٤-٢- تفکیک سنگدانه‌ها

سنگدانه‌ها پس از شکسته شدن، سرند شده و بشرح زیر تفکیک می‌شود:

### ٤-٢-١- مصالح دانه درشت و متوسط

مصالح دانه درشت و متوسط، شامل مصالح باقیمانده روی الک شماره ۴ (۴/۷۵ میلیمتر) می‌باشد که دانه‌بندی آنها برای انواع مخلوط‌های آسفالتی در جدول ( ۴) نشان داده شده است.

### ٤-٢-٢- مصالح ریزدانه

مصالح ریزدانه، مصالح رد شده از الک شماره ۴ (۴/۷۵ میلیمتر) می‌باشد که برای رویه از ماسه شکسته، برای آستر و اساس قیری، مخلوطی از ماسه شکسته و ماسه طبیعی می‌باشد. دانه‌بندی این مصالح در جدول (۵) نشان داده شده است.

**جدول ٤- دانه‌بندی مصالح سنگی درشت دانه مخلوط‌های آسفالتی**

| شماره دانه‌بندی / اندازه الک | درصد وزنی ردشده از الک | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۱ | ۲ | ۳ | ٤ | ٥ | ٦ | ۷ | ۸ | ۹ |
| ۵۰ میلیمتر (۲ اینچ) | ۱۰۰ | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| ۳۷/۵ میلیمتر (۱/۵ اینچ) | ۱۰۰-<br>۹۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| ۲۵ میلیمتر (۱ اینچ) | ۵۵- ۲۰ | ۱۰۰- ۹۰ | ۱۰۰- ۹۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | -- | -- | -- |
| ۱۹ میلیمتر ( $\frac{۳}{۴}$ اینچ) | ۱۵- ۰ | ۵۵- ۲۰ | -- | ۱۰۰- ۹۰ | ۱۰۰- ۹۰ | ۱۰۰- ۹۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | -- |
| ۱۲/۵ میلیمتر ( $\frac{۱}{۲}$ اینچ) | -- | ۱۰- ۰ | ۶۰- ۲۵ | ۵۵- ۲۰ | -- | -- | ۱۰۰- ۹۰ | ۱۰۰- ۹۰ | ۱۰۰ |
| ۹/۵ میلیمتر ( $\frac{۳}{۸}$ اینچ) | ۵- ۰ | ۵- ۰ | -- | ۱۵- ۰ | ۵۵- ۲۰ | ۶۵- ۳۰ | ۷۰- ۴۰ | ۷۰- ۴۰ | ۱۰۰- ۸۵ |
| ۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴) | -- | -- | ۱۰- ۰ | ۵- ۰ | ۱۰- ۰ | ۲۵- ۵ | ۱۵- ۰ | ۲۵- ۵ | ۳۰- ۱۰ |
| ۲/۳۶ میلیمتر (شماره ۸) | -- | -- | ۵- ۰ | -- | ۵- ۰ | ۱۰- ۰ | ۵- ۰ | ۱۰- ۰ | ۱۰- ۰ |
| ۱/۱۸ میلیمتر (شماره ۱۶) | -- | -- | -- | -- | -- | ۵- ۰ | -- | ۵- ۰ | ۵- ۰ |
| ۰/۳ میلیمتر (شماره ۵۰) | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |

جدول ۵- دانه‌بندی مصالح ریزدانه مخلوط‌های بتن آسفالتی

| شماره دانه‌بندی / اندازه الک | درصد وزنی ردشده از الک | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | ۱ | ۲ | ۳ | ٤ | ٥ |
| ۹/۵ میلیمتر ( $\frac{۳}{۸}$ اینچ) | ۱۰۰ | -- | -- | ۱۰۰ | ۱۰۰ |
| ۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴) | ۹۵ -۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۸۰ -۱۰۰ | ۸۰ -۱۰۰ |
| ۲/۳۶ میلیمتر (شماره ۸) | ۷۰ -۱۰۰ | ۷۵ -۱۰۰ | ۹۵ -۱۰۰ | ۶۵ -۱۰۰ | ۶۵ -۱۰۰ |
| ۱/۱۸ میلیمتر (شماره ۱۶) | ۴۰ -۸۰ | ۵۰ -۷۴ | ۸۵ -۱۰۰ | ۴۰ -۸۰ | ۴۰ -۸۰ |
| ۰/۶ میلیمتر (شماره ۳۰) | ۲۰ -۶۵ | ۲۸ -۵۲ | ۶۵ -۹۰ | ۲۰ -۶۵ | ۲۰ -۶۵ |
| ۰/۳ میلیمتر (شماره ۵۰) | ۷ -۴۰ | ۸ -۳۰ | ۳۰ -۶۰ | ۷ -۴۰ | ۷ -۴۶ |
| ۰/۱۵ میلیمتر (شماره ۱۰۰) | ۲ -۲۰ | ۰ -۱۲ | ۵ -۲۵ | ۲ -۲۰ | ۲ -۳۰ |
| ۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰) | ۰ -۱۰ | ۰ -۵ | ۰ -۵ | ۰ - ۱۰ | --- |

### ٤-۲-۳- فیلر

در صورتیکه از شکستن سنگدانه‌ها به مقدار کافی، فیلر (عمدتاً ردشده از الک ۲۰۰) تأمین نشود، بایستی فیلر اضافی تهیه و در کارخانه آسفالت از طریق سیلوی جداگانه به مصالح اضافه شود. نوع فیلر، میزان مصرف و دانه‌بندی آن در انواع بتن آسفالتی اهمیت ویژه‌ای دارد.

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

**الف- دانه‌بندی آن با جدول (٦) انطباق داشته باشد.**

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

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

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

**ث- وزن مخصوص حجمی[8] فیلر که با آزمایش *EN1097-3* اندازه‌گیری می‌شود، باید در محدوده ۰/۵ تا ۰/۹۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب قرارگیرد.**

**فیلر موجود در مصالح سنگی آسفالتی باید توسط دستگاه غبارگیر کارخانه آسفالت از مصالح جدا شده و در سیلوی فیلر، ذخیره و سپس به مقدار مورد نیاز به مصالح اضافه شود. این فیلر باید با ویژگی‌های مشروحه در زیربندهای ب تا ث فوق به استثنای الزامات مربوط به دانه‌بندی، مطابقت داشته باشد.**

**آهک شکفته مصرفی بعنوان فیلر باید با مشخصات M - ۳۰۳ آشتو تطبیق نماید.**

8- Bulk density

جدول ٦- دانه‌بندی فیلر

| اندازه الک | درصد وزنی رد شده از الک |
|---|---|
| ۱/۱۸ میلیمتر(شماره ۱۶) | ۱۰۰ |
| ۰/۶ میلیمتر(شماره ۳۰) | ۹۷ -۱۰۰ |
| ۰/۳ میلیمتر (شماره ۵۰) | ۹۵ -۱۰۰ |
| ۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰) | ۷۰ -۱۰۰ |

### ٤-۲-٤- ماسه طبیعی

به منظور تأمین کسری میزان مصالح ریزدانه، می‌توان از ماسه طبیعی با مشخصات زیر استفاده کرد:

ماسه باید دارای دانه‌بندی منظم و پیوسته مطابق جدول (۵) باشد. **ماسه مصرفی بایستی فاقد ناخالصی‌های آلی، رسی و مواد نمکی بوده و منطبق با مشخصات مصالح ریزدانه جدول (۸) باشد. میزان مصرف ماسه طبیعی (ردشده از الک شماره ٤) در اساس قیری، حداکثر ۲۵ درصد و آستر، ۲۰ درصد وزنی کل مصالح ردشده از الک شماره ٤ دانه‌بندی مخلوط آسفالتی هر یک از این دو نوع آسفالت باشد. استفاده از ماسه طبیعی در قشر رویه مجاز نمی‌باشد. ماسه طبیعی توسط سیلوی سرد جداگانه و به میزان تعیین شده وارد کارخانه آسفالت می‌شود. ماسه طبیعی در صورتیکه ارزش ماسه‌ای کمتر از مقادیر جدول (۸) را داشته باشد، باید شسته شود.**

### ٤-۳- مشخصات سنگدانه‌ها

**سایر مشخصات سنگدانه‌ها و فیلر برای قشرهای اساس قیری، آستر و رویه باید در محدوده تعیین شده در جدول (۷) تا (۱۰) باشد. مصالحی که فاقد مشخصات فوق الذکر باشد، باید از کارگاه خارج شود.**

استفاده از دانه‌بندی‌های دیگر، برای سنگدانه‌های درشت و ریز به شرح جدولهای (۴) و (۵)، مشروط بر آنکه بتوان دانه‌بندی‌های مخلوط آسفالتی مورد نظر را مطابق جدول‌های (۱) تا (۳) تأمین نمود، با تائید دستگاه نظارت مجاز است.

جدول ۷- مشخصات سنگدانه‌های درشت بتن آسفالتی

| شرح | اساس قیری | آستر | رویه | روش آزمایش | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AASHTO | ASTM |
| حداکثر سایش به روش لوس آنجلس، درصد | ۳۵ | ۳۰ | ۲۵ | T 96 | C 131 |
| حداکثر افت وزنی با سولفات سدیم، درصد | ۱۲ | ۸ | ۸ | T 104 | C 88 |
| حداکثر جذب آب[1]، درصد | -- | ۲/۸ | ۲/۵ | T 85 | C127 |
| حداکثر درصد سنگدانه‌های پهن و دراز[2] | ۱۵ | ۱۵ | ۱۵ | -- | D 4791 |

۱- استفاده از مصالح سنگی با درصد جذب آب بیشتر برای قشر آستر با توجه به شرایط محیطی و ترافیکی پروژه به تشخیص دستگاه نظارت و تصویب کارفرما مجاز است.

۲- دانه‌های پهن و دراز، سنگدانه‌هایی می‌باشند که حداکثر طول به حداقل ضخامت آنها بزرگتر از ۵ باشد.

جدول ۸- مشخصات سنگدانه‌های ریز مخلوط آسفالتی

| شرح | اساس قیری | آستر | رویه | روش آزمایش | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | AASHTO | ASTM |
| حداکثر دامنه خمیری PI، درصد | ۴ | غیر خمیری | غیر خمیری | T 90 | D 4318 |
| حداکثر افت وزنی با سولفات سدیم، درصد | ۱۵ | ۱۲ | ۱۲ | T 104 | C 88 |
| حداکثر جذب آب[1]، درصد | -- | ۲/۸ | ۲/۵ | T 84 | C 128 |
| حداقل ارزش ماسه‌ای هریک از دو ماسه طبیعی و ماسه شکسته قبل از ورود به کارخانه آسفالت | ۴۵ | ۵۰ | ۵۰ | T 176 | D 2419 |
| حداکثر مجاز درصد وزنی ماسه طبیعی نسبت به مصالح ردشده از الک شماره ۴ دانه‌بندی مربوطه، درصد | ۲۵ | ۲۰ | -- | -- | -- |
| حد رواداری ضریب نرمی نسبت به پایه[2]، درصد | -- | ± ۰/۲۵ | ± ۰/۲۵ | M 6 | -- |
| حداکثر دامنه خمیری عبوری از الک ۲۰۰ مخلوط مصالح درشت- متوسط- ریز و فیلر مصالح سنگی در صورت عدم استفاده از سیمان و آهک، درصد | ۴ | ۴ | ۴ | T 90 | D 4318 |

۱- درصورت لزوم برای قشر استر به زیرنویس ۱ جدول (۷) مراجعه شود.

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

جدول ۹- مشخصات شکستگی مصالح سنگی درشت‌دانه

| آمد وشد برحسب EASLs | عمق از سطح رویه | |
|---|---|---|
| | کمتر از ۱۰۰ میلیمتر | بیشتر از ۱۰۰ میلیمتر |
| | درصد شکستگی[2] | |
| $< ۰/۳ * ۱۰^{۶}$ | ۵۵/۰[1] | -- |
| $< ۱ * ۱۰^{۶}$ | ۶۵/۰ | -- |
| $< ۳ * ۱۰^{۶}$ | ۷۵/۰ | ۵۰/۰ |
| $< ۱۰ * ۱۰^{۶}$ | ۸۵/۸۰[1] | ۶۰/۰ |
| $< ۳۰ * ۱۰^{۶}$ | ۹۵/۹۰ | ۸۰/۷۵ |
| $< ۱۰۰ * ۱۰^{۶}$ | ۱۰۰/۱۰۰ | ۹۵/۹۰ |
| $\geq ۱۰۰ * ۱۰^{۶}$ | ۱۰۰/۱۰۰ | ۱۰۰/۱۰۰ |

۱- ۸۵/۸۰ بدین معنی است که شکستگی در یک جبهه باید ۸۵ درصد و در دو جبهه ۸۰ درصد باشد و یا ۵۵/۰ یعنی شکستگی یک جبهه حداقل ۵۵ درصد و شکستگی دو جبهه مشخصات ندارد.

۲- درصد شکستگی مطابق ۵۸۲۱- D ای‌اس‌تی‌ام انجام می‌شود.

جدول ۱۰- مشخصات گوشه‌داری مصالح سنگی ریزدانه (رد شده از الک ۲/۳۶ میلیمتر)[9]

| آمد وشد برحسب EASLs | عمق از سطح رویه | |
|---|---|---|
| | درصد فضای خالی مصالح ریزدانه در حالت غیر متراکم [1] | |
| | کمتر از ۱۰۰ میلیمتر | بیشتر از ۱۰۰ میلیمتر |
| $< ۰/۳ * ۱۰^{۶}$ | -- | -- |
| $< ۱ * ۱۰^{۶}$ | ۴۰ | -- |
| $< ۳ * ۱۰^{۶}$ | ۴۰ | ۴۰ |
| $< ۱۰ * ۱۰^{۶}$ | ۴۵ | ۴۰ |
| $< ۳۰ * ۱۰^{۶}$ | ۴۵ | ۴۰ |
| $< ۱۰۰ * ۱۰^{۶}$ | ۴۵ | ۴۵ |
| $\geq ۱۰۰ * ۱۰^{۶}$ | ۴۵ | ۴۵ |

۱- این آزمایش روی مصالح رد شده از الک شماره ۸ و مطابق ۱۲۵۲- $C$ ای‌اس‌تی‌ام انجام می‌شود که نتیجه آن معرف درصد فضای خالی غیرمتراکم مصالح می‌باشد و با رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{درصد فضای خالی } (FAA) = \frac{V - W/Gsb}{V} \times 100\%$$

که در آن: $V$ = حجم استوانه آزمایش، $W$ = وزن مصالح داخل استوانه و $Gsb$ = وزن مخصوص حقیقی مصالح

- در صد فضای خالی زیادتر، معرف گوشه‌داری و جبهه‌های شکسته بیشتر مصالح است.

## ۵- قیر

انواع قیرهای عملکردی $PG$، یا قیرهای طبقه‌بندی شده براساس درجه نفوذ، مورد استفاده در آسفالت گرم ، حسب موقعیت و شرایط جوی منطقه و نوع آمد و شد، ارائه شده است.

قیر ۷۰-۶۰ برای شرایط اقلیمی گرم و معتدل ایران مناسب است، مگرآنکه شرایط ویژه‌ای از قبیل هوای بسیار گرم، ترافیک خیلی سنگین، وجود تقاطع‌ها، شیب تندراه و حداکثر مطلق درجه حرارت قشر آسفالت در حین بهره‌برداری که ممکن است در مواردی بیشتر از ۶۰ درجه سانتیگراد باشد، انتخاب و مصرف قیرهای با درجه نفوذ کمتر مانند ۵۰-۴۰ را ایجاب نماید. به هر حال مصرف قیرهایی از این قبیل در عملیات آسفالتی باید با آزمایش‌های دقیق و بررسی‌های محلی با آمارهای مستند و معتبر ترافیک هواشناسی همراه باشد.

9- Fine Aggregate Angularity (FAA)

جدول ۱۱- راهنمای انتخاب قیرهای خالص

| شرایط جوی (متوسط درجه حرارت سالیانه) | درجه نفوذ قیر | |
|---|---|---|
| | ترافیک سبک و متوسط | ترافیک سنگین |
| هوای سرد: کمتر از ۷ درجه سانتیگراد | ۱۲۰ -۱۵۰ | ۸۵ -۱۰۰ |
| هوای گرم: بین ۷ تا ۲۴ درجه سانتیگراد | ۸۵-۱۰۰ | ۶۰ -۷۰ |
| هوای خیلی گرم: بیش از ۲۴ درجه سانتیگراد | ۶۰ -۷۰ | ۴۰ -۵۰ |

### ۵-۱- حمل قیر و ذخیره سازی

قیرهای مورد نیاز کارگاه‌های آسفالتی، توسط تانکرهای حمل قیر به کارگاه وارد می‌شود. برای تخلیه قیر این تانکرها به مخازن قیر کارگاه، نیاز به گرم کردن تحت شرایط خاص می‌باشد. **قیر نباید با شعله مستقیم گرم شود**، زیرا موجب سوخته شدن موضعی قیر و در نتیجه کاهش خواص چسبندگی آن می‌شود. در صورت لزوم برای اعمال شعله باید بین شعله و جدار تانکر، از آجر نسوز استفاده شود. **برای انتقال قیر از مخازن به کارخانه آسفالت و یا گرم کردن قیر باید از لوله‌های روغن و یا وسایل الکتریکی استفاده شود.**

**درجه حرارت قیرهای خالص در مخازن و لوله‌ها و هنگام اختلاط با سنگدانه‌ها در مخلوط‌کن کارخانه آسفالت، باید بگونه‌ای تنظیم شود که درجه حرارت آسفالت با دانه‌بندی پیوسته که از کارخانه به کامیون تخلیه می‌شود هیچگاه از ۱۶۳ درجه سانتیگراد تجاوز ننماید و در عین حال درجه حرارت قیر نیز کمتر از ۱۷۶ درجه سانتیگراد باشد.**

تانکرهای حمل قیر و همچنین مخازن قیر کارگاه باید مجهز به حرارت سنج باشد. یک حرارت سنج در قسمت تحتانی تانکر و دیگری در قسمت فوقانی نصب شود. در کارخانه آسفالت نیز باید حرارت سنج قیر نصب شود، بطوریکه در هر زمان بتوان درجه حرارت قیر را کنترل نمود.

ذخیره قیر در کارگاه‌ها، در مخازن قیر انجام می‌شود. در صورتیکه برای ذخیره قیر از استخر استفاده گردد، دیوار و کف این استخرها باید بتنی یا با پوشش سیمانی بوده و سرپوشیده باشد تا قیر کاملا از هجوم گرد و غبار، بارندگی و دیگر آلاینده‌ها محفوظ بماند. وسایل گرم کردن قیر باید در کف استخر پیش‌بینی گردد.

## ٦- طرح مخلوط‌های بتن آسفالتی

### ٦-۱- هدف

هدف از طرح مخلوط‌های بتن آسفالتی، انتخاب مناسب‌ترین و با صرفه‌ترین مخلوط سنگدانه و قیر است که ویژگی‌های زیر را برای پوشش‌های بتن آسفالتی تأمین کند.

الف- دارای مقدار قیر کافی باشد که دوام آسفالت را تأمین کند.

ب- استحکام مخلوط بقدری باشد که بارهای وارده ناشی از ترافیک را بدون تغییر شکل تحمل کند.

پ- دارای مقدار کافی فضای خالی در آسفالت کوبیده شده باشد تا در اثر تراکم حاصل از عبور ترافیک سنگین که بیشترین افزایش آن در اولین تابستان پس از اجرا است، قیرزدگی پیدا نکند.

ت- میزان حداکثر فضای خالی مجاز، محدود باشد تا موجب نفوذ آب و هوای بیش از حد به جسم آسفالت نگردد.

ث- دارای کارآیی کافی باشد، بطوریکه به آسانی پخش و کوبیده شده و سبب جدا شدن مصالح از یکدیگر و یا کمبود مقاومت نگردد.

ج- آسفالت‌های قشر رویه، دارای مصالحی باشد تا بافت سطحی آسفالت و سختی سنگدانه‌ها بتواند ضریب اصطکاک کافی و لازم را برای این قشر فراهم نماید.

### ٦-٢- روش‌های طرح

در طرح مخلوط‌های آسفالت گرم و بتن آسفالتی، روش‌های استاندارد شده زیر کاربرد دارد:

الف- روش مارشال (۲۴۵ - $T$ آشتو) که هم برای تهیه طرح اختلاط و هم کنترل عملیات آسفالتی برای سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۲۵ میلیمتر و دانه‌بندی متراکم و پیوسته کاربرد دارد.

ب- روش اصلاح شده مارشال (۵۵۸۱ - $D$ ای‌اس‌تی‌ام) که برای سنگدانه‌های با حداکثر اندازه ۵۰ میلیمتر و با قالبهای ۱۵ سانتیمتری کاربرد دارد.

پ- روش تحقیقات شارپ که توسط موسسه آشتو بصورت استاندارد تدوین گردیده است. از این روش پس از پذیرش آن توسط شورایعالی فنی راه، می‌توان استفاده کرد.

## ۷- مشخصات فنی مخلوطهای آسفالتی گرم

مشخصات فنی مخلوطهای آسفالت گرم باید مطابق با شرایط زیر باشد:

### ۷-۱- دانه‌بندی

دانه‌بندی مخلوطهای آسفالت گرم برحسب مورد باید با یکی از دانه‌بندی‌های جداول (۱)، (۲) و (۳) مطابقت داشته باشند. **در هر پروژه، نوع دانه‌بندی باید در مشخصات فنی خصوصی قید شود.**

### ۷-۲- مشخصات فیزیکی و مقاومتی

**الف- مشخصات فیزیکی و مقاومتی آسفالت (با دانه‌بندی جدول ۱) که با روش مارشال و مطابق ۲٤٥ - $T$ آشتو طرح شده باشد، باید با جدول شماره (۱۳) منطبق باشد.**

**ب- در صورتیکه با روش مارشال اصلاح شده ۵۵۸۱ - $D$ ای‌اس‌تی‌ام و قالب‌های ۱۵سانتیمتری (بشرح آخرین چاپ نشریه *MS-2* انستیتو آسفالت) و با دانه‌بندی جدول (۱) طرح شده باشد، مشخصات مربوط باید با جدول شماره (۱٤) مطابقت نماید.**

## ۷-۳- فضای خالی مصالح سنگی

**با استفاده از دانه‌بندی جدول (۱) و هر یک از روش‌های ۲٤٥-*T* آشتو و یا ٥٥٨١ – *D* ای‌اس‌تی‌ام، فضای خالی مصالح سنگی مخلوط آسفالتی باید مطابق با جدول (۱٥) باشد.**

## ۷-٤- درجه حرارت آسفالت گرم و درجه نفوذ قیر

**مخلوط‌های اسفالت گرم که بلافاصله بعد از تخلیه از کارخانه آسفالت (از واحد مخلوط کننده یا سیلوی نگهداری) به داخل کامیون نمونه‌گیری می‌شوند، باید با خصوصیات زیر منطبق باشند.**

الف- درجه حرارت مخلوط‌های آسفالت با قیرهای خالص و قیرهای امولسیونی دارای دانه‌بندی متراکم و پیوسته مطابق با جدول (۱) یا دانه‌بندی‌های باز مطابق با جداول (۲) و (۳)، نباید خارج از محدوده زیر باشد:

دانه‌بندی‌های متراکم و پیوسته با قیرهای خالص: ۱۶۳- ۱۲۰ درجه سانتیگراد

دانه‌بندی‌های باز با قیرهای خالص: ۱۲۷-۱۰۵ درجه سانتیگراد

دانه‌بندی‌های باز و پیوسته با قیرهای امولسیونی: ۱۲۷-۱۰۵ درجه سانتیگراد

ب- درجه نفوذ قیر خالص بازیابی شده از مخلوط‌های اسفالتی برحسب نوع قیر مصرفی، نباید خارج از معیارهای ارائه شده در جدول (۱۲) باشد:

**جدول ۱۲- درجه نفوذ مورد قبول برای** قیر خالص بازیابی شده

| درجه نفوذ قیر اصلی | درجه نفوذ قیر بازیابی شده مساوی یا بیشتر از: |
|---|---|
| ۴۰_ ۵۰ | ۲۲ |
| ۶۰ _ ۷۰ | ۳۱ |
| ۸۵ _ ۱۰۰ | ۴۰ |
| ۱۲۰ _ ۱۵۰ | ۵۰ |
| ۲۰۰ _ ۳۰۰ | ۷۴ |

روش آزمایش بازیافت قیر باید مطابق ۱۸۵۶ – *D* ای‌اس‌تی‌ام و روش نمونه‌گیری مخلوط آسفالت و نگهداری آن تا موقع آزمایش مطابق ۳۵۱۵ – *D* ای‌اس‌تی‌ام باشد.

## ۷- ٥- مقاومت در مقابل تغییر شکل‌های شیاری

ضوابط و معیارهای فنی مقاومت مخلوط‌های آسفالت گرم در مقابل پدیده تغییر شکل‌های شیاری آسفالت، با توجه به شرایط خاص هر پروژه توسط مهندس مشاور طرح تعیین و در مشخصات فنی خصوصی قید می‌شود. **روش این آزمایش باید با مشخصات آشتو *T324* مطابقت داشته باشند.**

**جدول ۱۳- مشخصات فیزیکی و مقاومتی مخلوط‌های اسفالتی گرم با روش مارشال(آشتو *T245*)**

| شرح | ترافیک سنگین $EAL \geq ۱۰^{۷}$ [۱] | | ترافیک متوسط $۱۰^{۴} < EAL < ۱۰^{۷}$ [۱] | | ترافیک کم $EAL \leq ۱۰^{۴}$ [۱] | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | حداقل | حداکثر | حداقل | حداکثر | حداقل | حداکثر |
| ۱- تعداد ضربه‌ها در دو طرف نمونه | ۷۵ | ۷۵ | ۵۰ | ۵۰ | ۳۵ | ۳۵ |
| ۲- مقاومت مخلوط برحسب کیلوگرم | ۸۰۰ | – | ۵۵۰ | – | ۳۵۰ | – |
| ۳- روانی برحسب میلیمتر | ۲ | ۳/۵ | ۲ | ۴ | ۲ | ۴/۵ |
| ۴- درصد فضای خالی آسفالت قشر رویه | ۳ | ۵ | ۳ | ۵ | ۳ | ۵ |
| ۵- درصد فضای خالی آسفالت آستر | ۳ | ۶ | ۳ | ۶ | ۳ | ۶ |
| ۶- درصد فضای خالی اساس آسفالتی | ۳ | ۸ | ۳ | ۸ | ۳ | ۸ |
| ۷- درصد فضای خالی پرشده با قیر | ۶۰ | ۷۵ | ۶۵ | ۷۸ | ۷۰ | ۸۰ |
| ۸- فضای خالی سنگدانه‌ها *(VMA)* | به جدول (۹-۱۵) مراجعه شود. | | | | | |

۱- مجموع محورهای استاندارد در دوره طرح

**جدول ۱٤- مشخصات فیزیکی و مقاومتی مخلوط‌های آسفالت گرم با روش مارشال اصلاح شده (*D5581* ای‌اس‌تی‌ام)**

| شرح | ترافیک سنگین [۱] $EAL \geq ۱۰^{۷}$ | | ترافیک متوسط [۱] $۱۰^{۴} < EAL < ۱۰^{۷}$ | | ترافیک کم [۱] $EAL \leq ۱۰^{۴}$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | حداقل | حداکثر | حداقل | حداکثر | حداقل | حداکثر |
| ۱- تعداد ضربه‌ها در دو طرف نمونه | ۱۱۲ | | ۷۵ | | ۵۳ | |
| ۲- مقاومت مخلوط برحسب کیلوگرم | ۱۸۰۰ | – | ۱۲۴۰ | – | ۷۹۰ | – |
| ۳- روانی برحسب میلیمتر | ۳ | ۵/۳ | ۳ | ۶ | ۳ | ۶/۸ |
| ۴- درصد فضای خالی آسفالت قشر رویه | ۳ | ۵ | ۳ | ۵ | ۳ | ۵ |
| ۵- درصد فضای خالی آسفالت آستر | ۳ | ۶ | ۳ | ۶ | ۳ | ۶ |
| ۶- درصد فضای خالی اساس آسفالتی | ۳ | ۸ | ۳ | ۸ | ۳ | ۸ |
| ۷- درصد فضای خالی پرشده با قیر | ۶۰ | ۷۵ | ۶۵ | ۷۸ | ۷۰ | ۸۰ |
| ۸- فضای خالی سنگدانه‌ها *(VMA)* | به جدول (۱۵) مراجعه شود. | | | | | |

۱- تعداد محورهای استاندارد در دوره طرح

جدول ۱۵- حداقل درصد فضای خالی مصالح سنگی

| حداکثر اندازه اسمی مصالح | حداقل فضای خالی مصالح سنگی برای فضای خالی آسفالت با مقادیر قیر: | | |
|---|---|---|---|
| | ۳ درصد | ٤ درصد | ٥ درصد |
| الک ۶۳ میلیمتر ($2\frac{1}{2}$ اینچ) | ۹ | ۱۰ | ۱۱ |
| الک ۵۰ میلیمتر (۲ اینچ) | ۹/۵ | ۱۰/۵ | ۱۱/۵ |
| الک ۳۷/۵ میلیمتر ($1\frac{1}{2}$ اینچ) | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ |
| الک ۲۵ میلیمتر (۱ اینچ) | ۱۱ | ۱۲ | ۱۳ |
| الک ۱۹ میلیمتر ($\frac{3}{4}$ اینچ) | ۱۲ | ۱۳ | ۱۴ |
| الک ۱۲/۵ میلیمتر ($\frac{1}{2}$ اینچ) | ۱۳ | ۱۴ | ۱۵ |
| الک ۹/۵ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ اینچ) | ۱۴ | ۱۵ | ۱۶ |
| الک ۴/۷۵ میلیمتر (الک شماره ۴) | ۱۶ | ۱۷ | ۱۸ |
| الک ۲/۳۶ میلیمتر (الک شماره ۸) | ۱۹ | ۲۰ | ۲۱ |
| الک ۱/۱۸ میلیمتر (الک شماره ۱۶) | ۲۱/۵ | ۲۲/۵ | ۲۳/۵ |

## ۷-٦- دوام مخلوطهای آسفالتی در برابر آب

تأثیر آب بر مخلوطهای آسفالتی و کاهش چسبندگی و مقاومت حاصل از اشباع این مخلوطها در برابر آب باید با آزمایش‌های استاندارد کنترل شود و نتایج مطابق مشخصات زیر باشد. این مشخصه‌ها باید در طرح آزمایشگاهی مخلوطهای آسفالتی به عنوان ضوابط طراحی لحاظ شود.

**الف- نسبت مقاومت فشاری اشباع به مقاومت فشاری خشک با روش ۱۰۷۵- *D* ای‌اس‌تی‌ام یا ۱٦٥ - *T* آشتو نباید کمتر از ۷۵ درصد باشد.**

**ب- نسبت مقاومت کششی غیرمستقیم نمونه‌های اشباع به نمونه‌های خشک با روش ۲۸۳- *T* آشتو کمتر از ۷۵ درصد نباشد.**

**پ- نسبت متوسط مقاومت سه نمونه آزمایشگاهی مارشال که ۲٤ ساعت در شرایط مستغرق در داخل آب ۱ ± ٦۰ درجه سانتیگراد قرار گرفته باشد به متوسط مقاومت سه نمونه دیگر که ۳۰ تا ٤۰ دقیقه در داخل آب ۱ ± ٦۰ درجه سانتیگراد یا ۲ ساعت در گرم‌خانه الکتریکی با دمای ۱ ± ٦۰ درجه سانتیگراد نگهداری شود، نباید کمتر از ۷۵ درصد باشد.**

**مصالح سنگی مصرفی در آسفالت که مستعد پدیده عریان شدگی[10] می‌باشند (از جمله سنگ‌های سیلیسی و سیلیسی- قلیائی)، باید قبل از مصرف از نظر تأمین معیارهای الف تا پ فوق مورد آزمایش قرار گیرند تا در صورت لزوم و تشخیص دستگاه نظارت از آهک شکفته، سیمان، فیلر مناسب و یا افزودنی‌های شیمیایی آلی از نوع فعال کننده‌های سطحی، استفاده شود.**

## ۷-۷- نسبت وزنی فیلر به قیر موثر

**نسبت درصد وزنی فیلر به درصد وزنی قیر موثر برای مخلوط‌های آسفالتی با دانه‌بندی پیوسته باید بین ۱/۲-۰/۶ باشد.** درصد قیر مؤثر از رابطه (۱) بدست می‌آید:

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} P_s \qquad (۱)$$

که در آن:

$P_{be}$ = درصد وزنی قیر مؤثر مخلوط آسفالتی

$P_b$ = درصد وزنی قیر برحسب مخلوط آسفالتی

$P_{ba}$ = درصد وزنی جذب قیر مصالح سنگی

$P_s$ = درصد وزنی مصالح سنگی در مخلوط آسفالتی

## ۷- ۸- مشخصات ماسه آسفالت

در صورتیکه این قشر آسفالتی در تراز بیش از ده سانتیمتر نسیت به رویه نهایی قرارگیرد مشخصات و معیارهای فنی آن براساس روش مارشال ۲۴۵- $T$ آشتو و با اعمال ۵۰ ضربه در هر طرف نمونه ها بشرح جدول ۱۶ خواهد بود. **در شرایطی که این آسفالت در تراز کمتر از ده سانتیمتر قرار گیرد باید با ضوابط جدول (۱۳) مطابقت داشته باشد.**

چنانچه ماسه آسفالت به عنوان قشر اساس آسفالتی مصرف شود، تجاوز از حد ۱۸ درصد فضای خالی بشرح جدول (۱۶) مشروط بر آنکه سایر ارزش‌های آن با مشخصات منطبق باشد، بلامانع است.

**جدول ۱۶- مشخصات فنی ماسه آسفالت**

| | |
|---|---|
| ۱) مقاومت با ۵۰ ضربه | حداقل ۱۸۰ کیلوگرم |
| ۲) نرمی برحسب میلیمتر | حداکثر ۵ |
| ۳) فضای خالی | حداقل ۳ و حداکثر ۱۸ |
| ۴) فضای خالی مصالح سنگی | به جدول ۹-۱۵ مراجعه شود. |

10- Stripping

### ۷-۹- رواداری‌ها

**رواداری‌های دانه‌بندی و میزان قیر مخلوط‌های بتن آسفالتی گرم نسبت به دانه‌بندی کارگاهی طرح اختلاط و قیر بهینه طرح، باید مطابق جدول (۱۷) باشد.**

**جدول ۱۷- حدود رواداری دانه‌بندی کارگاهی و قیر**

| اندازه الک‌ها و قیر | درصد رواداری |
|---|---|
| الک‌ها: | |
| ۱۲/۵ میلیمتر ( $\frac{۱}{۲}$ اینچ) و بزرگتر | ± ۸ |
| ۹/۵ میلیمتر ( $\frac{۳}{۸}$ اینچ) و ۴/۷۵ میلیمتر (شماره۴) | ± ۷ |
| ۲/۳۶ میلیمتر (شماره ۸) و ۱/۱۸ میلیمتر (شماره ۱۶) | ± ۶ |
| ۰/۶ میلیمتر (شماره ۳۰) و ۰/۳ میلیمتر (شماره ۵۰) | ± ۵ |
| ۰/۱۵ میلیمتر (شماره ۱۰۰) | ± ۴ |
| ۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰) | ± ۳ |
| رواداری قیر نسبت به قیر بهینه: | |
| اساس قیری | ± ۰/۵ |
| آستر | ± ۰/۴ |
| رویه | ± ۰/۳ |

## ۸- طرح اختلاط آزمایشگاهی

قبل از شروع عملیات آسفالتی، طرح اختلاط آزمایشگاهی آسفالت مورد نظر با رعایت مراحل زیر توسط آزمایشگاه تهیه می‌شود:

### ۸-۱- انتخاب دانه‌بندی کارگاهی

دانه‌بندی کارگاهی، دانه‌بندی مشخصی است که با توجه به مصالح درشت، متوسط، ریز و فیلر آماده شده در کارگاه به نحوی توسط پیمانکار تهیه می‌شود که شرایط زیر را داشته باشد:

الف- در داخل دانه‌بندی مشخصات قرارگرفته و از الک شماره ۸ به پائین به موازات دو حد فوقانی و تحتانی دانه‌بندی مشخصات باشد.

ب- حتی الامکان از نمودار معرف حداکثر چگالی فاصله داشته باشد تا موجب افزایش فضای خالی مصالح سنگی در حد مطلوب و در نتیجه مصرف قیر بیشتر برای افزایش دوام آسفالت گردد.

پ- با شرایط ترافیک، آب و هوا، موقعیت مسیر (کوهستانی، تپه ماهور، هموار) هماهنگی داشته باشد.

ت- پوشش حاصل بعد از اعمال رواداری‌های مندرج در جدول (۱۷) به دانه‌بندی پیشنهادی پیمانکار که "پوشش دانه‌بندی کنترل کارگاهی" نامیده می‌شود، داخل دانه‌بندی اصلی واقع شود.

ث- بر اساس کلیه نتایج قابل قبول حاصل از آزمایش دانه‌بندی مصالح تفکیک شده در کارگاه محاسبه گردد.

ج- فرمول کارگاهی که براساس نتایج آزمایشات متغیر، منفرد و نمونه‌های غیر معرف اخذ شده از هر یک از مصالح محاسبه شود، قابل قبول نخواهد بود.

چ- نتایج دانه‌بندی جزء یا اجزا مصالح مورد استفاده در تعیین دانه‌بندی کارگاهی باید معرف بیش از ۲۵ درصد حجم کل مخلوط مصالح سنگی مورد نیاز برای هر یک از مخلوط‌های آسفالتی در پروژه باشد.

ح- پیمانکار موظف است ضمن پیشنهاد دانه‌بندی کارگاهی، دلایل توجیهی انتخاب آنرا بهمراه کلیه نتایج آزمایشگاهی مصالح در طی تولید به دستگاه نظارت تسلیم نماید.

## ۸-۲- تهیه طرح اختلاط آسفالت

پس از آنکه سنگدانه‌های شکسته در کارگاه در قسمت‌های مجزا انبار شدند، کارخانه آسفالت راه‌اندازی شده و مصالح دانه درشت، دانه متوسط، دانه ریز و در صورت لزوم ماسه طبیعی بطور جداگانه به سیلوهای سرد کارخانه تغذیه می‌شود. وضعیت دریچه سیلوهای سرد طوری تنظیم می‌گردد که از هر یک به نسبت معین مصالح وارد کارخانه شده و پس از حرارت دیدن و سرند شدن به سیلوهای گرم کارخانه منتقل شود. فیلر و قیر نیز جداگانه توزین شده و به مخلوط مصالح در مخلوط‌کن اضافه می‌گردند. برای تهیه طرح اختلاط آسفالت، از هر یک از مخازن گرم کارخانه آسفالت و همچنین از فیلر و قیر، یک نمونه برداشت شده و به همراه مشخصات فنی عمومی و خصوصی و دانه‌بندی کارگاهی پیشنهادی پیمانکار، به آزمایشگاه مورد تأئید ارسال می‌گردد. آزمایشگاه نتایج طرح اختلاط را به شرح زیر به کارفرما یا دستگاه نظارت ارائه می‌نماید:

الف- منحنی دانه‌بندی هر یک از مصالح سنگی درشت، متوسط و ریز و فیلر به صورت جداگانه

ب- نتایج آزمایشات مصالح سنگی به شرح جدول‌های (۷) تا (۱۰) و قیر مطابق جدول مربوط در فصل پنجم

پ- درصد وزنی هر یک از سنگدانه‌های درشت، متوسط، ریز و فیلر مصرفی در طرح اختلاط و مقایسه دانه‌بندی حاصل با دانه‌بندی کارگاهی پیشنهادی پیمانکار به شرح بند (۸-۱)

ت- مناسب‌ترین درصد قیر نسبت به کل مخلوط

ث- درصد فضای خالی آسفالت کوبیده شده

ج- درصد فضای خالی سنگدانه‌ها *(VMA)*

چ- درصد فضای خالی سنگدانه‌هایی که با قیر پر می‌شود *(VFB)*

ح- استحکام مارشال

خ- روانی مارشال

د- میانگین وزن مخصوص حقیقی مخلوط مصالح سنگی

ذ- درصد جذب قیر مصالح سنگی

ر- سایر خصوصیات مخلوط آسفالتی طرح با قیر بهینه بشرح بندهای (۷-۱) الی (۷-۹) برحسب مورد

## ۸-۳- کنترل نتایج طرح

دستگاه نظارت، طرح اختلاط فوق را جهت تهیه آسفالت آزمایشی به پیمانکار ابلاغ می‌نماید. پیمانکار به راه‌اندازی کارخانه آسفالت و تولید مخلوط آسفالتی براساس طرح و مصرف آن در قطعه یا قطعات آزمایشی و نمونه‌گیری از آسفالت این قطعات اقدام می‌کند و نهایتاً نتایج حاصل از آزمایش این نمونه‌ها با داده‌های طرح اختلاط آزمایشگاهی مقایسه می‌شود.

چنانچه در این مقایسه، انطباق ویژگی‌های مخلوط آسفالتی آزمایشی با مشخصه‌های طرح اختلاط، ضمن رعایت رواداری‌های پیش‌بینی شده در مشخصات به تائید دستگاه نظارت برسد، طرح اختلاط برای اجرای عملیات آسفالتی به پیمانکار ابلاغ می‌شود. در غیر اینصورت نسبت به انجام اصلاحات لازم به منظور هماهنگی بین طرح و تولید، اقدام و فرمول کارگاهی اصلاح شده بعد از تائید دستگاه نظارت، مبنای عملیات اجرائی قرار می‌گیرد. چنانچه به هردلیل محل معدن تغییر نماید و مشخصات مصالح نیز تغییر کند، فرمول کارگاهی جدید باید تهیه شود.

**پیمانکار باید آسفالت را براساس مشخصات مخلوط آسفالتی پروژه ابلاغی دستگاه نظارت تهیه و اجرا کند. آسفالت‌های تهیه شده که خارج از مشخصات باشند، مورد قبول نخواهد بود.**

نظر به اینکه امکان تغییر نوع و وزن مخصوص سنگدانه‌های مصرفی حتی در یک معدن هم وجود دارد، لذا هر ۲ ماه یکبار یا در هر بازه زمانی که دستگاه نظارت تشخیص دهد، از سنگدانه‌های مخازن گرم کارخانه آسفالت، نمونه‌برداری شده و جهت کنترل وزن مخصوص و میزان جذب قیر به آزمایشگاه مجاز ارسال می‌گردد.

**در صورتیکه نتایج جدید وزن مخصوص حقیقی مخلوط مصالح سنگی با نتایج قبلی، اختلافی بیش از ۰/۰٤ داشته باشد، باید نسبت به تهیه طرح اختلاط جدید اقدام شود.**

## ۹- تهیه آسفالت گرم

براساس مشخصات مخلوط آسفالتی ابلاغ شده توسط دستگاه نظارت نسبت به تهیه آسفالت گرم در کارخانه آسفالت اقدام می‌شود. **بطور کلی کارخانه آسفالت گرم باید با مشخصات ۱۵٦- *M* آشتو (۹۹۵- *D* ای‌اس‌تی‌ام) مطابقت داشته و کاملا اتوماتیک و یا دیجیتالی باشد و مطابق ۱۷۲- *T* آشتو (۲۹۰- *D* ای‌اس‌تی‌ام) مورد کنترل و بازرسی قرار گیرد.**

کارخانه‌های تهیه آسفالت در کشور، اغلب از نوع منقطع یا مرحله‌ای و یا انواع دیگر می‌باشند که لازم است موارد زیر برای آنها رعایت شود:

### ۹-۱- موقعیت و ظرفیت کارخانه آسفالت

کارخانه آسفالت باید در مسیر حمل سنگدانه‌ها از معدن به محل مصرف آسفالت نصب شود تا فاصله حمل حداقل شده و حمل مضاعف صورت نگیرد. محل نصب کارخانه آسفالت باید به تائید دستگاه نظارت برسد. ظرفیت کارخانه آسفالت متناسب با آسفالت مورد نیاز و اهمیت پروژه تعیین می‌شود و باید در مشخصات خصوصی قید شود که از ۱۲۰ تا ۳۰۰ تن در ساعت متغیر خواهد بود.

## ۹-۲- سرندهای کارخانه آسفالت

کارخانه آسفالت باید به حدقل ۴ سرند با قطر چشمه‌های مختلف مجهز بوده و این سرندها برحسب نیاز قابل تعویض باشند.

**دستگاه نظارت بایستی دستور انتخاب قطر چشمه‌های مورد نیاز برای هر نوع دانه‌بندی را به پیمانکار صادر کند، به طوری که منحنی دانه‌بندی کارگاهی به سهولت با توزین مصالح مختلف دانه‌بندی شده از سیلوهای گرم حاصل شود.**

## ۹-۳- سیلوهای گرم

مخلوط سنگدانه‌هایی که در کوره دوار کارخانه تا درجه حرارت‌های معین گرم شده است، توسط سرندهای مذکور سرند شده و در سیلوهای گرم کارخانه به شکل زیر ذخیره می‌شوند:

دانه درشت: سیلوی گرم شماره ۱، دانه‌بندی از ۱۲ تا ۲۵ میلیمتر یا درشت‌تر

دانه متوسط: سیلوی گرم شماره ۲، دانه‌بندی از ۶ تا ۱۲ میلیمتر

دانه ریز(۱): سیلوی گرم شماره ۳، دانه‌بندی از ۳ تا ۶ میلیمتر

دانه ریز (۲): سیلوی گرم شماره ۴، دانه‌بندی از صفر تا ۳ میلیمتر

چنانچه تعداد سیلوهای گرم کارخانه بیش از ۴ سیلو باشد، حذف آنها مجاز نیست. **برای فیلر باید سیلوی جداگانه تهیه شود.**

سپس براساس فرمول کارگاهی هر یک از مصالح مذکور به میزان معینی توسط قپانهای کارخانه توزین و به مخلوط‌کن وارد می‌شود. در مخلوط‌کن، قیر و سپس فیلر به مقدار تعیین شده در فرمول کارگاهی اضافه می‌گردد.

**ترازوی توزین فیلر و سیلوی آن نبایستی (با استناد به این که سنگدانه‌ها خود دارای فیلر می‌باشد) از کار انداخته و یا بدون استفاده شود.**

**فیلر نباید با سنگدانه‌ها مخلوط گردد، بلکه باید توسط دستگاه غبارگیر کارخانه جمع‌آوری و در سیلوی جداگانه ذخیره شود و جداگانه توزین و وارد مخلوط‌کن آسفالت شود.**

**هر یک از مخازن گرم کارخانه آسفالت باید دارای حرارت سنج باشد تا بتوان درجه حرارت سنگدانه‌ها را کنترل نمود. دسترسی به مصالح گرم کارخانه نیز بایستی امکان پذیر باشد، بطوریکه بتوان به سهولت نمونه‌برداری کرد.**

**دستگاه توزین باید از نوع دیجیتال و یا عقربه‌ای و بدون فنر بوده و حساسیت آن حداکثر تا نیم درصد بیشترین باری که توزین می‌کند، باشد.**

**کارخانه آسفالت باید مجهز به دماسنج‌های مختلف برای تعیین و بررسی درجه حرارت مخلوط آسفالتی و قیر و سنگدانه‌ها باشد.**

**حساسیت دستگاه‌های توزین سنگدانه‌ها، قیر و فیلر باید هر ماه یکبار کنترل شود که چنانچه خطایی داشته باشد، مرتفع گردد تا در مشخصات آسفالت، خطایی رخ ندهد.**

**حساسیت حرارت سنج‌ها باید آنقدر باشد که در هر دقیقه تغییرات حداقل ۱۰ درجه سانتیگراد را نشان دهد.**

**سنگدانه‌ها باید به آن مقدار حرارت داده شوند که هنگام تخلیه آسفالت از کارخانه، درجه حرارت مخلوط آسفالتی برحسب نوع دانه‌بندی با درجه حرارت تعیین شده در بند (۷-٤) مطابقت داشته باشد.**

**با توجه به مراتب فوق، نصب یک سیستم مرکزی تمام اتوماتیک کنترل‌کننده درجه حرارت سنگدانه‌ها، قیر و مخلوط آسفالت و مدت زمان اختلاط در اطاق فرمان کارخانه، الزامی است.**

## ۱۰- زمان اختلاط

مدت زمان اختلاط سنگدانه‌ها، قیر و فیلر بستگی به مدل و ظرفیت کارخانه، نوع مصالح و دانه‌بندی و پوشش قیری سنگدانه‌ها دارد. معمولاً در دستورالعمل کارخانه سازنده، مدت زمان اختلاط تعیین می‌شود.

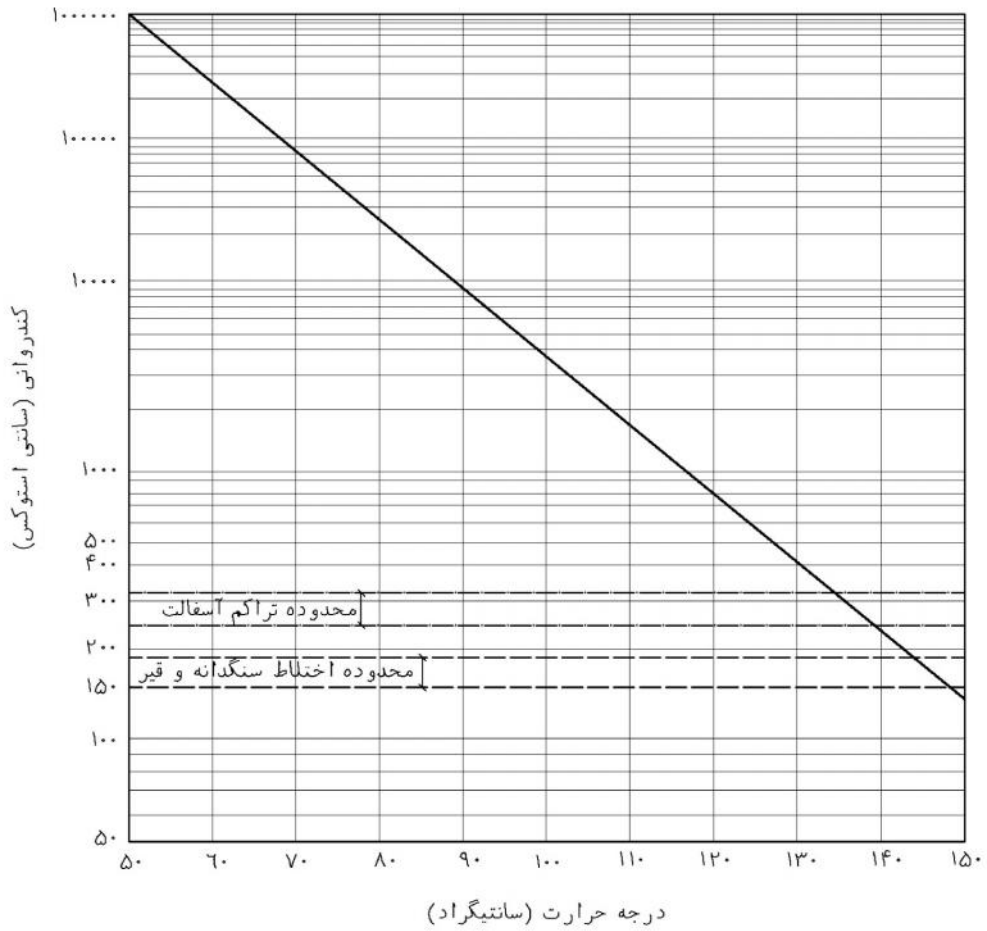
**دستگاه نظارت باید کنترل دقیق روی زمان اختلاط داشته باشد. عدم کنترل و عدم رعایت زمان لازم مذکور، سبب نواقص عمده در آسفالت می‌گردد. حداقل زمان اختلاط ٤٠ ثانیه می‌باشد.**

## ۱۱- درجه حرارت اختلاط

هنگام تهیه و پخش آسفالت، کندروانی قیر باید بگونه‌ای باشد که مصالح خوب پوشش داده شده و به آسانی قابل پخش و کوبیدن باشد. چنانچه کندروانی قیر، هنگام اختلاط آسفالت بیش از حد باشد، مصالح بخوبی اندود نخواهند شد و در صورتیکه کمتر از اندازه باشد، هنگام حمل از کارخانه تا محل مصرف قیر از سنگدانه‌ها جدا می‌شود. بمنظور حصول پوشش مناسب مصالح و جدانشدن قیر از سنگدانه‌ها هنگام تهیه و حمل و نقل آسفالت، لازم است کندروانی قیر در زمان اختلاط حدود ۲۰ ± ۱۷۰ سانتی استکس باشد. بمنظور تعیین درجه حرارتی که قیر مورد مصرف به این کندروانی می‌رسد، لازم است نمودار تغییرات کندروانی قیر را در برابر درجه حرارت ترسیم نمود. شکل (۱) این نمودار را برای یک نمونه قیر نشان می‌دهد. با استفاده از این نمودار برای قیر مصرفی در عملیات آسفالتی، می‌توان محدوده درجه حرارت بهینه برای اختلاط قیر و سنگدانه‌ها و تراکم آسفالت را بعد از پخش تعیین نمود.

## ۱۲- کنترل کیفیت مخلوط آسفالتی

**از آسفالت‌های اساس قیری، آستر و رویه تهیه شده در کارخانه آسفالت باید حداقل روزانه ۲ نمونه و در صورتی که تولید زیاد باشد، از هر ۳۵۰ تن آسفالت، یک نمونه از کامیون حامل آسفالت و یا آسفالت سطح راه قبل از کوبیده شدن برداشته و مورد آزمایش قرار گیرد تا نتایج دانه‌بندی، درصد قیر، استحکام مارشال و روانی مارشال، فضای خالی، وزن مخصوص آسفالت و فضای خالی پرشده با قیر مشخص شود. مقادیر هر یک از نتایج اعلام شده با توجه به حدود نوسان‌های مجاز باید در داخل محدوده مشخصات ابلاغی باشد، در غیر این صورت فوراً بایستی اقدامات لازم جهت رفع نقص به عمل آید. چنانچه نتایج آزمایش موارد مذکور در ٤ نوبت متوالی خارج از مشخصات اعلام گردد، بایستی عملیات آسفالتی متوقف و پس از رفع عیب مجدداً شروع گردد، بطوریکه نتایج قابل قبول شود.**




**شکل ۱- نمودار تغییرات کندروانی قیر برحسب درجه حرارت و محدوده کندروانی آن برای اختلاط قیر و سنگدانه و تراکم آسفالت**

## ۱۳- حمل آسفالت

**حمل آسفالت از محل کارخانه تا محل پخش به وسیله کامیون انجام می‌گیرد. جدار داخلی کامیون و سطوحی که با آسفالت تماس دارد باید کاملا تمیز و عاری از هر گونه مواد خارجی باشد. به منظور پیشگیری از چسبیدن آسفالت به کف و دیواره‌های اطاق کامیون، بایستی قبل از ریختن آسفالت، اطاق کامیون را در محل با آب آهک (یک حجم آهک و سه حجم آب) شستشو داده و تمیز نمود. شستشو با هر نوع روغن و گازوئیل ممنوع می‌باشد. هرگاه درمدت زمان حمل آسفالت، درجه حرارت آسفالت بیش از ۱۰ درجه سانتیگراد افت کند، کامیون‌های حامل آسفالت بایستی با برزنت پوشیده شود تا سطح آسفالت سرد نشده و خاصیت و یکنواختی خود را از دست ندهد. حداکثر زمان حمل آسفالت، ۴۵ دقیقه و حداکثر فاصله حمل با کامیون ۷۰ کیلومتر می‌باشد.** افزایش زمان و درجه حرارت زیاد آسفالت در جریان حمل، موجب میگردد که مقداری از قیر مخلوط آسفالتی در کف کامیون جمع شده و آسفالت بالای کامیون، کم قیر و آسفالت کف کامیون، پرقیر شود. این جدایی قیر موجب می‌شود که در قسمت کم قیر، طول عمر آسفالت کوتاه و در قسمت پرقیر، قیرزدگی ایجاد شود.

## ۱٤- پخش آسفالت

آسفالت حمل شده از کارخانه در محل مصرف در فینیشر تخلیه می‌شود:

**نوع و مشخصات فینیشر باید به تائید دستگاه نظارت برسد. هرگاه اطو و یا دستگاه گرم‌کن آن و یا دستگاه ارتعاش دهنده یا دستگاه‌های تنظیم ضخامت، دارای نواقصی باشند، بطوریکه آسفالت بطور کاملاً یکنواخت و با سطحی کاملاً هموار و یکسان پخش نگردد، دستگاه نظارت باید دستور اصلاح و یا تعویض فینیشر را صادر نماید.**

### ۱٤-۱- ضخامت آسفالت

**فینیشر، مخلوط آسفالتی را در عرض و ضخامتی که در مشخصات تعیین شده است و با شیب عرضی معین پخش می‌کند. ضخامت آسفالت پخش شده توسط فینیشر با توجه به وضع دانه‌بندی و میزان کوبیدگی محاسبه می‌شود. ضخامت آسفالت پخش شده معمولاً بین ۱/۲۰ تا ۱/۲۵ برابر ضخامت اسفالت کوبیده شده می‌باشد. این ضخامت بطور مرتب توسط تکنسین‌های ناظر محل پخش، اندازه‌گیری و در فرم‌های مخصوص ثبت می‌گردد. ضخامت آسفالت کوبیده شده نیز اندازه‌گیری و با مشخصات، تطبیق داده می‌شود. ضخامت هر لایه کوبیده شده آسفالت، ۲ تا ۳ برابر حداکثر اندازه سنگدانه می‌باشد و بیش از آن، با توجه به شرایط اجرائی و نوع غلتک‌ها تعیین می‌شود.**

**در روکش‌های آسفالتی و برای تصحیح ناهمواری سطوح آسفالت موجود و قدیمی و همچنین در نوسازی آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها و راه‌های اصلی، بایستی از فینیشر تمام اتوماتیک استفاده شود.**

**اطوی فینیشر و دستگاه گرم‌کننده و ارتعاش‌دهنده آن باید به سهولت قابل تنظیم باشد، بطوریکه قادر باشد لایه آسفالت را با مشخصات مذکور پخش نماید.**

### ۱٤-۲- پخش آسفالت در خطوط و قشرهای مختلف

در صورتیکه آسفالت در بیش از یک خط و بیش از یک قشر پخش شود، رعایت موارد زیر ضروری است:

- **به منظور اتصال درز طولی آسفالت ترتیبی داده شود که در طول یک روز، خطوط آسفالت مجاور هم، پخش و تکمیل شود. از پخش آسفالت در یک خط عبور و در طول زیاد، بطوریکه ادامه عملیات به روز یا روزهای بعد موکول گردد، باید خودداری شود.**
- هنگامیکه لایه‌ای پخش می‌شود، از آنجا که طرفین کناری لایه با غلتک‌زنی معمولی خوب کوبیده نمی‌شود، لازم است تمهیداتی اعمال شود تا در آینده این امر معضلی برای بروز درز طولی در راه ایجاد ننماید.

برخی اقدامات موثر بشرح زیر می‌باشند که برحسب نظر دستگاه نظارت، حداقل یکی از این روش‌ها باید اعمال شود:

الف- بلافاصله پس از پخش و کوبیدگی اولیه آسفالت و هنگامیکه هنوز آسفالت گرم است، قسمت کناری آن که خوب متراکم نشده بوسیله یک چرخ برش (حتی‌المقدور ماشینی) در حدود ۲ تا ۳ سانتیمتر در طول راه بریده و برداشته شده و محل آن جاروب شود.

ب- چنانکه عملیات بند فوق هنگامیکه آسفالت گرم است اجرا نشد، می‌توان این کار را در روزهای بعد و قبل از اجرای لایه مجاور انجام داد. اجرای کار می‌تواند توسط یک چرخ برش که روی غلتک نصب می‌شود توسط یک راننده مسلط صورت گیرد.

عدم رعایت حداقل یکی از روش‌های فوق، سبب بروز ترک طولی دو بندی در آسفالت در زمان بهره‌برداری خواهد شد. موارد فوق برای جلوگیری از بروز درزهای دو بندی عرضی و پله شدن آسفالت نیز صادق است که در این خصوص نیز باید تمهیدات لازم صورت گیرد.

پ- برای پخش آسفالت در قشرهای روی قشرهای قبلی، بایستی عرض پخش آسفالت در فینیشر تغییر داده شود، بطوریکه درز اتصال طولی هر قشر با قشر زیرین حداقل ۱۵ سانتیمتر فاصله داشته باشد تا درزهای طولی روی هم قرار نگیرد.

ت- برای پخش آخرین قشر رویه باید بگونه‌ای برنامه‌ریزی شود که محل درز طولی یا دو بندی، دقیقاً در مجاور امتداد خط‌کشی جاده در زمان بهره‌برداری قرار گیرد تا عبور چرخ وسائط نقلیه از محل دو بندی‌ها به حداقل برسد.

## ۱۴-۳- محدودیت‌های درجه حرارت هوا هنگام پخش آسفالت گرم

**پخش مخلوط‌های آسفالتی هنگامی مجاز است که شرایط جوی، دمای محیط و آمادگی سطح راه از هرنظر برای عملیات مناسب باشد. در مواقع بارندگی، روی سطوح یخ‌زده و مرطوب، و دمای محیط کمتر از ده درجه سانتیگراد، باید از پخش آسفالت خودداری شود. بطورکلی پیمانکار باید اجرای عملیات آسفالتی را به نحوی برنامه‌ریزی کند که آسفالت در فصول مناسب اجرا شده و به فصل سرما منتقل نشود.**

**پخش آسفالت رویه یا هر قشر نهایی دیگر باید منحصراً در فصول مناسب و گرم سال که درجه حرارت سطح راه از ۲۵ درجه سانتیگراد کمتر نباشد، اجرا گردد.**

## ۱۵- کوبیدن آسفالت

پس از پخش آسفالت به وسیله فینیشر، اطوی اولیه قشر پخش شده، توسط فینیشر و اطوی ثانویه، توسط غلتک چرخ فلزی (ترجیحاً دو چرخ دو محور) انجام می‌شود. **چرخ یا محور دارای نیروی محرکه غلتک اطو بایستی به سمت فینیشر باشد که از جمع شدن آسفالت کوبیده نشده جلوی غلتک در موقع حرکت بطرف فینیشر، جلوگیری گردد. کوبیدن نهایی قشر آسفالتی توسط دو غلتک چرخ لاستیکی با وزن مناسب (بسته به نوع دانه‌بندی و ضخامت قشر پخش شده آسفالت) تا حصول تراکم لازم انجام می‌شود. میزان تراکم برای قشرهای اساس آسفالتی، استر و رویه (توپکا) حداقل ۹۷ درصد وزن مخصوص نمونه‌های آزمایشگاهی مارشال، یا ۹۲ درصد وزن مخصوص نظری آسفالت که با روش ۲۰۹-$T$ تعیین می‌گردد، می‌باشد.**

**وزن غلتک‌ها بایستی قابل تنظیم باشد.** غلتک‌های چرخ لاستیکی برای حصول تراکم کافی و تنظیم بافت سطحی آسفالت، مناسب‌تر از غلتک‌های چرخ فلزی می‌باشد.

**غلتک‌های مورد استفاده برای کوبیدن آسفالت باید مجهز به لوله‌های آب‌پاش برای تمیز نگهداشتن چرخ‌ها با مواد صابونی باشد و استفاده از روغن سوخته و یا گازوئیل برای تمیز کردن چرخ‌ها، بهیچوجه مجاز نمی‌باشد.**

همیشه یک غلتک چرخ فلزی و یک غلتک چرخ لاستیکی به عنوان ذخیره آماده کار باشد تا چنانچه بـه هـر دلیـل غلتـک‌هـای مشغول کار، عیب و نقصی پیدا کرد بلافاصله جایگزین گردد و آسفالت در اثر کمبود غلتک معیوب نشود.

**چنانچه سرعت فینیشر زیاد و بیش از ٥ متر در دقیقه باشد، تعداد غلتک‌های چرخ لاسـتیکی بایسـتی بـه تناسـب سرعت فینیشر اضافه گردد.** دمای محیط و شدت کاهش دمای مخلوط نیز در انتخاب تعداد غلتک‌هـا مـوثر اسـت. تعیـین تعـداد غلتک‌ها با نظر دستگاه نظارت انجام می‌شود. هنگام متراکم کردن آسفالت، چنانچه کندروانی قیر بیش از اندازه باشد، حصـول تـراکم لازم در کل ضخامت لایه پخش شده ممکن نخواهد شد و در صورتیکه کمتر از اندازه باشد، آسفالت حالت روان پیدا کـرده و جلـوی غلتک فشرده شده و پس از اجرا، موج‌های متوالی ریز در راه ایجاد خواهد شد. محدوده دمای مناسب آسفالت هنگام تـراکم در سـطح راه، باتوجه به کندروانی بهینه قیر مصرفی، در شکل شماره (١) نشان داده شده است. کنـدروانی بهینـه بـرای قیـر هنگـام تـراکم آسفالت ٣٠ ±٢٨٠ سانتی استکس می‌باشد.

**سرعت غلتک‌های چرخ فلزی باید یکنواخت و حدود ٤ کیلومتر در ساعت و سـرعت غلتـک‌هـای چـرخ لاسـتیکی، حداکثر ٨ کیلومتر در ساعت باشد.**

## ١٦- کنترل یکنواختی رقوم و سطح آسفالت کوبیده شده

**اختلاف رقوم سطح تمام شده آسفالت قشرهای آستر و رویه با رقوم مندرج در نقشه‌های طولی و عرضی، حداکثر تا ٥ میلیمتر مجاز می‌باشد.**

یکنواختی سطح آسفالت تمام شده با شمشه ٣ متری که در طول و عرض آسفالت قرار می‌گیرد، انجام می‌شود. رقوم اندازه‌گیـری شده برای اساس آسفالتی، قشر آستر و قشر رویه به ترتیب نباید از ٧±، ٦± و ٥± میلیمتر تجاوز نماید.

برای کنترل همواری سطح روسازی، می‌توان از شاخص بین‌المللی ناهمواری [11] *(IRI)* نیز استفاده نمود. مقادیر قابل پذیرش ایـن شاخص باید با توجه به شرایط هر پروژه و با استناد به یکی از آیین‌نامه‌های معتبر بین‌المللی در مشخصات فنـی خصوصـی مشـخص شود.

## ١٧- مشخصات و آزمایش‌های استاندارد برای بتن آسفالتی گرم

آزمایش‌ها و مشخصات استاندارد مورد عمل برای مصالح سنگی، قیر و آسفالت بشرح جدول (١٨) می‌باشد.

[11]. International Roughness Index

جدول ۱۸- مشخصات آزمایش‌های استاندارد

| ردیف | شرح آزمایش یا مشخصات | AASHTO | ASTM |
|---|---|---|---|
| ۱- مصالح سنگی | | | |
| ۱ | نمونه‌گیری مصالح سنگی | T2 | D75 |
| ۲ | دانه‌بندی مصالح سنگی | T27 | C136 |
| ۳ | دانه‌بندی فیلر | T37 | D547 |
| ۴ | سنگدانه‌های ریزتر از الک نمره ۲۰۰ به روش شستشو | T11 | C117 |
| ۵ | تعیین وزن مخصوص و جذب آب سنگدانه‌های درشت | T85 | C127 |
| ۶ | تعیین وزن مخصوص و جذب آب سنگدانه‌های ریز | T84 | C128 |
| ۷ | تعیین وزن مخصوص فیلر | T 133 و T 100 | C 188 و D 854 |
| ۸ | وزن واحد حجم مصالح سنگی | T19 | C29 |
| ۹ | تعیین ارزش ماسه‌ای | T176 | D2419 |
| ۱۰ | تعیین درصد شکستگی مصالح سنگی | - | D5821 |
| ۱۱ | تعیین درصد افت وزنی در مقابل سولفات سدیم | T104 | C88 |
| ۱۲ | تعیین درصد سایش مصالح سنگی به روش لوس‌آنجلس | T96 | C131 |
| ۱۳ | تعیین ضریب تطویل و تورق مصالح سنگی | - | D4791 |
| ۱۴ | تعیین درصد کلوخه‌های رسی و سنگدانه‌های سست و شکننده | T112 | C142 |
| ۱۵ | تعیین درصد سنگدانه‌های سبک وزن | T113 | C123 |
| ۱۶ | حدود اتربرگ | T90 و T 89 | D4318 |
| ۱۷ | مشخصات و شماره دانه‌بندی مصالح سنگی مصرفی در پل و راه | M43 | D448 |
| ۱۸ | مشخصات فیلر | M17 | D242 |
| ۱۹ | مشخصات سنگدانه‌های ریز مصرفی در آسفالت | M29 | D1073 |
| ۲۰ | مشخصات سنگدانه‌های درشت مصرفی در آسفالت | M283 | D692 |
| ۲۱ | مشخصات آهک مصرفی برای آسفالت گرم بعنوان فیلر | M303 | C1097 |
| ۲۲ | مشخصات مصالح سنگی درشت‌دانه برای ماکادام نفوذی | - - | D693 |
| ۲۳ | مشخصات آسفالت گرم با دانه‌بندی‌های پیوسته، باز و متخلخل | - | D3515 |

**ادامه جدول ۱۸- مشخصات آزمایش‌های استاندارد**

| ردیف | شرح آزمایش یا مشخصات | AASHTO | ASTM |
|---|---|---|---|
| ۲۴ | ضریب دوام مصالح سنگی | T210 | D3744 |
| ۲۵ | آزمایش صیقلی شدن تسریع شده با روش انگلیسی | T279 | D3319 |
| ۲۶ | تعیین ضریب شکل و بافت سنگدانه‌ها | - | D3398 |
| ۲۷ | مشخصات گوشه‌داری مصالح ریزدانه برای آسفالت گرم | - | D1252 |
| ۲۸ | تعیین ضریب نرمی مصالح ریزدانه | M6 | - |
| ۲۹ | اثر آب جوش روی مصالح سنگی اندود شده با قیر | - | D3625 |
| | **۲- قیـــر** | | |
| ۳۰ | نمونه‌برداری قیر | T 40 | D 140 |
| ۳۱ | درجه نفوذ قیر | T 49 | D 5 |
| ۳۲ | کندروانی کینماتیک | T 201 | D 2170 |
| ۳۳ | کندروانی (برحسب پواز) | T 202 | D 2172 |
| ۳۴ | کندروانی (سیبولت) | T 72 | D 88 |
| ۳۵ | نقطه نرمی قیر | T 53 | D 36 |
| ۳۶ | نقطه اشتعال | T 48 | D 92 |
| ۳۷ | خاصیت انگمی | T 51 | D 113 |
| ۳۸ | نقطه اشتعال (ظرف باز) | T 79 | D 3143 |
| ۳۹ | لعاب نازک قیر درگرم‌خانه (TFOT) | T 179 | D 1754 |
| ۴۰ | لعاب نازک دوار قیر در گرمخانه (RTFOT) | T 240 | D 2872 |
| ۴۱ | قابلیت حل شدن قیر در تری کلرید اتیلن | T 44 | D 2042 |
| ۴۲ | وزن مخصوص قیر | T 228 | D 70 |
| ۴۳ | تعیین مقدارآب در مواد قیری به روش تقطیر | T 55 | D 95 |
| ۴۴ | آزمایش لکه مواد قیری | T 102 | - |
| ۴۵ | تقطیر قیرهای محلول | T 78 | D 402 |
| ۴۶ | آزمایش‌های قیرهای امولسیون | T 59 | D 244 |
| ۴۷ | آزمایش تسریع پیرشدگی قیر (PAV) | R 28 | - |
| ۴۸ | آزمایش رئومتر برش دینامیکی (DSR) | T 315 | - |
| ۴۹ | آزمایش کندروانی چرخشی (RV) | T 316 | - |

**ادامه جدول ۱۸- مشخصات آزمایش‌های استاندارد**

| ردیف | شرح آزمایش یا مشخصات | AASHTO | ASTM |
|---|---|---|---|
| ۵۰ | آزمایش رئومتر تیرخمشی (BBR) | T 313 | - |
| ۵۱ | آزمایش کشش مستقیم قیر (DTT) | T 314 | - |
| ۵۲ | اصلاح کننده‌ها و افزودنی‌های قیر | R 15 | - |
| ۵۳ | مشخصات قیرهای نفوذی | M 20 | D 946 |
| ۵۴ | مشخصات قیرهای محلول زودگیر | M 81 | D 2028 |
| ۵۵ | مشخصات قیرهای محلول کندگیر | M 82 | D 2027 |
| ۵۶ | مشخصات قیرهای محلول دیرگیر | - | D 2028 |
| ۵۷ | مشخصات قیرهای امولسیون آنیونیک | M 140 | D 977 |
| ۵۸ | مشخصات قیرهای امولسیون کاتیونیک | M 208 | D 2397 |
| ۵۹ | مشخصات قیرهای درجه‌بندی شده براساس کندروانی | M 226 | D 3381 |
| ۶۰ | مشخصات قیرهای درجه‌بندی شده برمبنای عملکرد | M 320 | D 6373 |
| ۶۱ | مشخصات قیرهای اصلاح شده با پودر لاستیک برای مصرف در مخلوطهای آسفالتی گرم | - | D 6114 |
| ۶۲ | مشخصات قیرهای اصلاح شده با مواد شیمیایی برای مخلوطهای آسفالتی | - | D 6154 |
| ۶۳ | مشخصات قیرآبه زودشکن کاتیونیک با پلیمرهای جامد و مایع | M 316 | - |
| ۶۴ | جداکردن ترکیبات چهارگانه قیر | - | D 4124 |
| ۶۵ | قابلیت حلالیت قیرهای اصلاح شده با پلیمر در تری کلرواتان ۱-۱-۱ | - | D 5546 |
| ۶۶ | تعیین مواد غیرقابل حل قیر (آسفالتین) در هپتان نرمال | - | D 3279 |
| ۶۷ | تعیین مقدارقیردر مخلوطهای آسفالتی با روش سوزاندن | - | D 6307 |
| ۶۸ | بازیافت قیر با روش تبخیر و چرخشی | - | D 5405 |

ادامه جدول ۱۸- مشخصات آزمایش‌های استاندارد

| ردیف | شرح آزمایش یا مشخصات | AASHTO | ASTM |
|---|---|---|---|
| | ۳- مخلوط‌های آسفالتی | | |
| ۶۹ | نمونه‌گیری مخلوط‌های آسفالتی | T 168 | D 979 |
| ۷۰ | مقدار قیر مخلوط‌های آسفالتی | T 164 | D 2172 |
| ۷۱ | بازیابی قیر از مخلوط‌های آسفالتی | - | D 1856 |
| ۷۲ | دانه‌بندی مخلوط آسفالتی | T 30 | - |
| ۷۳ | نمونه‌گیری مخلوط‌های آسفالتی کوبیده شده | - | D 5361 |
| ۷۴ | وزن مخصوص حقیقی آسفالت کوبیده شده | T 166 | D 1188 و D 2726 |
| ۷۵ | حداکثر وزن مخصوص تئوریک مخلوط آسفالتی (آزمایش رایس) | T 209 | D 2041 |
| ۷۶ | وزن مخصوص حقیقی مخلوط‌های آسفالتی کوبیده شده با نمونه‌های اندودشده با پارافین | T 275 | D 1188 |
| ۷۷ | درصد کوبیدگی مخلوط‌های آسفالتی | T 230 | - |
| ۷۸ | تعیین میزان پوشش سنگدانه‌ها در مخلوط‌های آسفالتی درکارخانه آسفالت | T 195 | D 2489 |
| ۷۹ | تعیین درصد قیر مخلوط‌های آسفالتی با روش سانتریفوژ | T 270 | D 5148 |
| ۸۰ | تعیین استحکام و روانی مخلوط‌های آسفالتی به روش مارشال | T 245 | - |
| ۸۱ | آزمایش مارشال اصلاح شده | - | D 5581 |
| ۸۲ | اثر آب جوش روی مخلوط‌های آسفالتی | - | D 3625 |
| ۸۳ | تاثیر آب روی چسبندگی مخلوط‌های آسفالتی متراکم | T 165 | D 1075 |
| ۸۴ | تعیین مقاومت فشاری مخلوط‌های آسفالتی | T 167 | D 1074 |
| ۸۵ | ارزیابی دوام مخلوط‌های آسفالتی در برابر آب | T 283 | D 486 |
| ۸۶ | تعیین درصدفضای خالی مخلوط‌های آسفالتی متراکم بادانه‌بندی پیوسته و باز | T 269 | D 3203 |
| ۸۷ | تعیین ویژگی‌های ریزش قیر از مخلوط‌های آسفالتی غیر متراکم | T 305 | - |
| ۸۸ | مشخصات مخلوط‌های آسفالتی گرم | - | D 3515 |
| ۸۹ | تعیین میزان شیار افتادگی چرخ با دستگاه هامبورگ[۱۲] | T 324 | - |
| ۹۰ | مشخصات آسفالت ماستیک درشت دانه (SMA) | PP 41 و MP 8 | - |
| ۹۱ | تعیین مدول برجهندگی مخلوط‌های آسفالتی متراکم | - | D 4123 |

12- Hamburg Wheel – Track Test

**ادامه جدول ۱۸- مشخصات آزمایش‌های استاندارد**

| ردیف | شرح آزمایش یا مشخصات | AASHTO | ASTM |
|---|---|---|---|
| ۹۲ | اندازه‌گیری آب یا مواد فرار مخلوطهای آسفالتی | T 110 | D 1461 |
| ۹۳ | بازیابی قیر از مخلوطهای آسفالتی به روش آبسون | - | D 1856 |
| ۹۴ | شاخص وضعیت روسازی آسفالتی راه و پارکینگ‌ها | - | D 6433 |
| ۹۵ | تعیین تاب لغزشی سطح روسازی آسفالتی | - | E 274 |
| ۹۶ | اندازه‌گیری خصوصیات اصطکاک سطح روسازی آسفالتی با استفاده از دستگاه پاندول انگلیسی | - | E 303 |
| ۹۷ | روش اندازه‌گیری افت و خیز روسازی با دستگاه F.W.D | - | D 4694 |
| ۹۸ | تعیین شاخص زبری جاده‌ها با اندازه‌گیری پروفیل طولی | - | E 1926 |
| ۹۹ | تعیین درصد قیر جذب شده توسط سنگدانه‌ها در مخلوطهای آسفالتی | - | D 4469 |
| ۱۰۰ | خواص کوبیدگی و برشی مخلوطهای آسفالتی با روش GTM[۱۳] | - | D 3387 |
| ۱۰۱ | روش تهیه نمونه‌های آسفالتی برای آزمایش تعیین مدول دینامیکی | - | D 3496 |
| ۱۰۲ | تعیین مدول دینامیکی مخلوطهای آسفالتی | - | D 3497 |
| ۱۰۳ | اندازه نفوذ پذیری آسفالت در برابر آب | - | D 3637 |
| ۱۰۴ | مشخصات کارخانه آسفالت برای تولید آسفالت گرم | M 156 | D 995 |
| ۱۰۵ | روش کنترل کارخانه آسفالت | T 172 | D 290 |
| ۱۰۶ | مشخصات مواد درزگیر و پرکننده ترک‌های رویه آسفالتی (روش گرم) | - | D 3407 |
| ۱۰۷ | مشخصات مواد درزگیر و پرکننده ترک‌های رویه آسفالتی (روش گرم) | - | D 5078 |
| ۱۰۸ | مشخصات مواد درزگیر و پرکننده ترک‌های رویه آسفالتی (روش گرم) | - | D 5329 |
| ۱۰۹ | مشخصات مواد درزگیر و پرکننده ترک‌های رویه آسفالتی (روش گرم) | - | D 1190 |
| ۱۱۰ | مشخصات مواد درزگیر و پرکننده ترک‌های رویه آسفالتی (روش گرم) | - | D 6690 |
| ۱۱۱ | شاخص بین‌المللی ناهمواریهای سطح آسفالت[۱۴] IRI | - | E 1926 |

13- Gyratory Testing Machine
14- International Roughness Index

## انواع دو بند ها

### اجرای دوبند عرضی

اما دو بند عرض چیست ؟ در پایان هر شیفت کاری زمانیکه کار متوقف میشود تا در شیفت بعد مجدداً پخش آسفالت از همان نقطه آغاز گردد در آن محل یک درز که به لحاظ اجرایی ناگزیز می باشد بوجود می آید.

یک بند عرضی دارای دو وجه میباشد که وجوه سرد و گرم نامیده میشود. یک درز اجرایی خوب مانند همه انواع درزهای مخلوط های آسفالتی بایستی مستقم بوده و در سمت سرد دارای وجهی کاملاً قائم بوده و قبل از شروع کار جدید سر بند باید کاملاً تمیز و قیر پاشی شود که دو وجه سرد و گرم به خوبی به هم چسبیده شده و از محل درز ترک عرضی ایجاد نشود.

### اجرای دوبند طولی

در صورت استفاده از یک دستگاه پخش ابتدا بایستی پـخش آسفالت را در یه لایه پیش برد و سپس به نقطه شروع برگشته و عملیات را در جهت مجاورت لایه نخست از سر گرفت تکرار این پروسه تا پوشش کامل تمام عرض ادامه دارد که در محل اتصال دو لایه مجاور یک دو بند است که در یک سمت آن روکش آسفالت مربوط به قبل وسرد بوده ودر سمت دیگرآسفالت درحال پخش میباشد

اجرای نامناسب دو بندهای طولی باعث کاهش عمر آسفالت باشد که یکی از خرابی های عمده روکش آسفالت ترک های طولی است که در محل این دوبند بوجود می آید که به کار گیری نکات زیر کیفیت اجرای دوبند را افزایش میدهد :

۱- لبه کار کاملاً مستقیم باشد.

۲- لبه کار سمت سرد کار قائم باشد.

۳- تفکیک مصالح آسفالتی.

٤- لبه کار سرد قیر پاشی شود.

٥- همپوشانی کافی با لایه قدیمی تر.

٦- نسبت افت ناشی از تراکم در نظر گرفته شود.

- سعی در غلتک زنی محل دو بند.

## کوبیدن آسفالت

پس از پخش آسفالت به وسیله فینیشر، اطوی اولیه قشر پخش شده ، توسط فینیشر و اطوی ثانویه، توسط غلتک چرخ فلزی ترجیحاً دو چرخ دو محور انجام می شود. چرخ یا محور دارای نیروی محرکه غلتک اطو بایستی به سمت فینیشر باشد که از جمع شدن آسفالت کوبیده نشده جلوی غلتک در موقع حرکت بـطرف فینیشر، جلوگیری گردد. کوبیدن نهایی قشر آسفالتی توسط دو غلتک چرخ لاستیکی با وزن مناسب بسته به نوع دانه بندی و ضخامت قشر پخش شده آسفالت تا حصول تراکم لازم انجام می شودمیزان تراکم برای قشرهای اساس آسفالتی، آستر ورویه توپکا حداقل۹۷ درصد وزن مخصوص نمونه هایآزمایشگاهی مارشال، یا ۹۲ درصد وزن مخصوص نظری آسفالت که با روش T209 تعیین می گردد، می باشد.

عمل تراکم باید بلافاصله بعد از پخش مخلوط آسفالتی شروع شود ولی باید توجه داشت که در این مرحله حرارت مخلوط آسفالتی به حدی باشد که به هنگام شروع کوبیدن تاب تحمل وزن غلتک و یا اثرات ارتعاشی آن را داشته و زیر فشار چرخ فتیله و جا به جا نشده و در سطح آن، شیار و ترکهای طولی و عرضی ایجاد نگردد . هرگونه عیب و نقص به هرعللی در سطح راه به وجود آید ، باید قبل از کوبیدن نهایی با تخته ماله و روانه کاری اصلاح و سپس عـمل تـراکم ادامـه یابد . غلتکها باید آهسته و با سرعت ثابت حرکت نموده و غلتک زنی باید طوری اجرا شود که هر گذر غلتک در هر مرحله از تراکم، لااقل نیمی از گذر قبلی را بپوشاند تا تراکم یکنواخت و همگن در تمام سطح تأمین گردتغییر مسیر غلتکها و تغییر جهت حرکت نباید آنقدر ادامه یابد که سبب ایجاد ترک روی سطح راه گردد . قبل از اتمام غلتک زنی در هر مرحله ازعملیات تر اکم، هموار بودن سطح راه باید با شمشه کنترل شود تا انطباق آن با مشخصات محرز گردد . درغیر این صورت باید بلافاصله نسبت به اصلاح اقدام شود درسطوحی که نمی توان غلتکهای منطبق بامندرجات این فصل را برای تراکم به کاربرد پیمانکار می تواند از غلتکهای کوچک موتوری و یا لرزشی استفاده نماید.

غلتک های چرخ لاستیکی برای حصول تراکم کافی و تنظیم بافت سطحی آسفالت مناسب تر ازغلتک های چرخ فلزی می باشد. آنها از جلو به عقب و بالعکس باید با نهایت دقت، آهسته و تدریجی صورت گیرد.

غلتک های مورد استفاده برای کوبیدن آسفالت باید مجهز به لوله های آ ب پاش برای تمیز نگهداشتن چر خ ها با مواد صابونی باشد و استفاده ازگازوئیل برای تمیز کردن چر خها، به هیچ وجه مجاز نمی باشد.

سرعت غلتک های چرخ فلزی باید یکنواخت و حدود ٤ کیلومتر در ساعت و سرعت غلتک های چرخ لاستیکی ، حداکثر ۸ کیلومتر در ساعت باشد.

## روش کوبیدن اتصالات عرضی و طولی

### الف: غلتک زنی اتصالات عرضی

غلتک زنی در محل اتصال عرضی باید با غلتکهای فولادی و یا غلتک لرزشی در امتداد محور راه واز پایین ترین نقطه مقطع عرضی شروع و به طرف محور ادامه یابد سپس ضمن کنترل محل اتصال با شمشه و اطمینان از هموار بودن آن، غلتک زنی در امتداد عرض و عمود بر محور به نحوی اجرا شود که تمام عرض غلتک ردیف به استثنای ۱۵ سانتیمتر آن، و یا تمام عرض یک چرخ عقب غلتک سه چرخ، روی آسفالت کوبیده شده قبلی قرار گیرد . این روش به طریقی که هر گذر غلتکحدود ۱۵ الی ۲۰ سانتیمتر به طرف سطح آسفالت جدید پیشروی نماید، ادامه خواهد یافت تا اینکه تمام عرض غلتک ردیف و یا تمام عرض یک چرخ عقب غلتک به چرخ روی سطح آسفالت جدیدمنتقل شود. برای آنکه کناره خارجی آسفالت هنگام غلتک زنی عرضی آسیب نبیند، باید یک قطعه تخته و یا چوب مقاوم به ضخامت آسفالت کوبیده شده جهت جلوگیری از حرکت عرضی آسفالت پشت لبه خارجی قرار داده شود و یا اینکه حدود ۱۵ سانتیمتر آن حداکثر با ۱۵ دقیقه تاخیر، غلتک زنی شود.

### ب: غلتک زنی اتصال طولی

غلتک زنی طولی باید بلافاصله بعد از پخش خط عبور بعدی شروع شود. چنانچه از غلتک سه چرخ استفاده شود، غلتک باید کاملا در روی آسفالت خط عبور قبلی قرار گرفته و به تدریج در هر گذر۱۵ سانتیمتر به طرف خط عبور بعدی پیشروی نماید تا اینکه محل اتصال طولی متراکم و کوبیده شده و کاملا به یکدیگر متصل گردند. روش کار در صورت استفاده از غلتکهای ردیف و لرزشی نیز مشابه غلتک سه چرخ می باشد. بعد از کوبیدن محل اتصالات طولی، بلافاصله غلتک زنی لبه خارجی آسفالت باید در امتداد محور راه شروع شود به نحوی که حدود ۵ سانتیمتر لبه غلتک چرخ عقب در صورت استفاده از غلتک سه چرخ بیرون از آسفالت قرار گیرد.

**اولویتهای کوبیدن**

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

**الف: وقتی که غلتک زنی فقط در یک خط عبور اجرا می شود ترتیب عمل کوبیدن عبارت است از:**

۱ - محل اتصال عرضی

۲ - لبه خارجی آسفالت

۳ - مرحله اول عملیات تراکم شامل غلتک زنی از پایین ترین رقوم مقطع عرضی و پیشرفت تدریجی آن به طرف محور راه.

٤ - مرحله دوم عملیات تراکم به شرح مرحله اول

٥ - مرحله تکمیلی و نهایی

**ب: وقتی که غلتک زنی در دومین خط عبور اجرا می شود ترتیب اولویتها عبارت است از:**

۱ - محل اتصال عرضی

۲ - امتداد اتصالات طولی

۳ - لبه خارجی آسفالت

٤ - مرحله اول عملیات تراکم به شرح بند ۲ ردیف اول فوق

5- مرحله دوم عملیات تراکم به شرح مرحله اول

٦ - مرحله تکمیلی و نهایی

پ: وقتی که عملیات پخش با دو فینیشر انجام می شود، حداقل ٥ تا ۷,٥ سانتیمتر امتداد لبه داخلی آسفالت از خط اول عبور باید بدون غلتک باقی مانده و همزمان با لبه مجاور خط دوم عبور متراکم و متعاقبا مراحل سه گانه شامل مرحله اول و دوم و مرحله تکمیلی و نهایی غلتک زنی به مورد اجرا گذاشته می شود.

**غلتکهای استاتیک**

هریک از غلتکهای سه چرخ و یا ردیف دوچرخ و سه چرخ باید هنگام کار باری معادل ٤٥ الی ٦٥کیلوگرم بر سانتیمتر در عرض چرخ عقب غلتک اعمال نموده و وزنشان کمتر از ۸ تن نباشد. روی چرخهای غلتکهای فلزی باید گلگیر و لوله آبپاش نصب شده باشد تا چرخها را همواره تمیز ومرطوب نگه داشته و از چسبیدن مخلوط آسفالتی به آنها جلوگیری نماید. سطح پیرامون کلیه چرخها باید کاملا صاف و هموار و فاقد فرورفتگیهای کوچک و بزرگ باشد. برای افزایش وزن آنها باید فضای کافی در این نوع غلتکها تعبیه شود.

## غلتک لاستیکی

غلتکهای لاستیکی باید خودرو بوده، وزن آنها  با توجه به شرایط کار بین ۱۵ الی ۳۰ تن باشد . وزن دقیق غلتک توسط دستگاه نظارت تعیین می شود. در غلتک باید فضای کافی جهت افزایش وزن آن در صورت لزوم تعبیه گردد . فشار باد چرخهای غلتک لاستیکی باید بین  ۵ تا ۸۵  کیلوگرم بر سانتیمتر مربع  بوده و تغییرات فشار نیز نسبت به رقم حداقل و حداکثر تعیین شده از ۰,۳ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع تجاوز ننماید. چرخهای غلتک لاستیکی باید طوری قرار گرفته باشند که در هر گذر تمام عرض غلتک توسط چرخها کوبیده شده و امتداد اثر چرخها در عرض کافی یکدیگر را در حین حرکت بپوشانند . برای اینکه آسفالت به چرخها نچسبد، باید حتی المقدور سعی نمود که چرخها در تمام مدت کار گرم بماند و درغیر این صورت باید از لوله آبپاش و گلگیرهای پارچه ای ضخیم جهت تمیز نگهداشتن چرخها استفاده نمود.

فصل ۷

# خرابیهای آسفالت

# خرابیها

## ۱ـ مقدمه

در این فصل انواع خرابیهای متداول روسازیهای آسفالتی و شنی شرح داده شده، و علل به‌وجودآمدن این خرابیها و نحوهٔ مرمت آنها ذکر گردیده است. به‌طور کلی انواع مختلف خرابیها را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد:

الف) خرابیهای بنیادی (سازه‌ای)

ب) خرابیهای سطحی (وظیفه‌ای)

خرابیهای بنیادی وقتی به‌وقوع می‌پیوندند که سیستم روسازی به‌علت نداشتن قدرت باربری کافی در اثر بارهای وارد صدمه دیده و دیگر نتواند بدون افزایش بیشتر خرابیها، بارگذاری بیشتری را تحمل نماید. خرابیهای سطحی وقتی اتفاق می‌افتند که بدون آنکه الزاماً سیستم روسازی از نظر سازه‌ای قدرت باربری خود را از دست داده باشد، به‌علت ناهموارشدن بیش از حد سطح روسازی، بهره‌برداری از آن با اشکال صورت گیرد.

تشخیص نوع خرابی (بنیادی-سطحی) از نظر انتخاب نوع و نحوهٔ مرمت و بهسازی روسازی دارای اهمیت زیادی است. برای مرمت خرابیهای بنیادی، سیستم روسازی باید از نقطه‌نظر سازه‌ای تقویت گردد. در حالی که برای مرمت خرابیهای سطحی، باید با انجام اقدامات لازم سطح رویه صاف و هموار شود.

## ۲- ترکها

### ترکهای موزاییکی (پوست‌ماری-سوسماری)

این ترکها که نمونه‌ای از آن در شکل ۱ نشان داده شده است، به‌علت داشتن شباهت به پوست پشت بدن سوسمار، ترکهای سوسماری یا پوست ماری نیز نامیده می‌شوند. این نوع خرابی با ترک‌خوردن تمام و یا قسمتی از سطح رویه آسفالتی به شکل تکه‌های نسبتاً کوچک چندضلعی ظاهر شده و معمولاً با تکرار بارگذاری بر وسعت خرابی افزوده می‌شود.

علت به‌وجود آمدن ترکهای موزاییکی تغییر شکل بیش از حد لایه‌های روسازی در اثر بارگذاری، و یا خستگی بیش از حد لایه رویه در اثر بارهای وارد به آن است. روسازیهایی که بر روی خاکهای با مقاومت کم و با قابلیت تغییر شکل زیاد ساخته می‌شوند، معمولاً به این صورت ترک می‌خورند. همچنین اگر لایه‌های اساس و زیراساس هم به‌علت عدم تراکم کافی مقاومت لازم را نداشته باشد، ممکن است باعث به‌وجود آمدن ترکهای موزاییکی شود. در مواردی که ترکهای موزاییکی تمام و یا قسمت بزرگی از روسازی را فرا گرفته باشد (شکل ۱) ، معمولاً علت آن خستگی بیش از حد رویه آسفالتی تحت اثر عبور وسایل نقلیه سنگین است.

**شکل ۱** نمونه‌ای از ترکهای موزاییکی.

برای مرمت ترکهای موزاییکی، اگر خرابی موضعی بوده و در سطح به وسعت نسبتاً کمی به‌وجود آمده باشد، باید با استفاده از وصله عمیق اقدام به مرمت قسمت خراب‌شدن روسازی شود. در صورتی که خرابی در وسعت و طول زیادی از سطح رویه مشاهده شود، علت خرابی کافی نبودن قدرت باربری روسازی است و برای تقویت آن باید از یک لایه روکش آسفالتی با ضخامت کافی استفاده شود.

## ترکهای برشی (کناری)

ترکهای برشی یا کناری به ترکهایی اطلاق می‌شود که به موازات محور طولی راه و به فاصله کمی از لبه روسازی قرارگرفته باشند. ترکهای برشی ممکن است علاوه بر ترکهای طولی دارای ترکهای عرضی نیز باشند. ترکهای عرضی معمولاً یک یا چند ترک طولی را قطع کرده و به لبه روسازی منتهی می‌شوند.

علت به‌وجود آمدن ترکهای برشی فقدان پایداری و استقامت برشی خاک یا مصالح کناره‌های روسازی است. یک نمونه از این خرابی در شکل ۲ نشان داده شده است. در این حالت عدم تراکم کافی خاک محل کنده‌کاری شده و عبور وسایل نقلیه در فاصله کمی از محل کنده‌شده، سبب به‌وجود آمدن ترکهای برشی گردیده است. زیرا خاک محل کنده‌کاری‌شده در برابر تغییر شکل جانبی خاک و مصالح کنار روسازی مقاومت نکرده و در نتیجه تغییر شکل بیش از حد روسازی سبب ترک خوردن و شکست رویه آسفالتی شده است.

نمونه‌های دیگر این خرابی در مواردی که راه بر روی خاکریزهای با شیب شیروانی زیاد و ناپایدار ساخته می‌شود مشاهده می‌گردد. ترکهای برشی همچنین در مواردی که شانه‌های راه به طرز صحیح طرح و ساخته نشده‌اند، و یا روسازی اساساً فاقد شانه باشد نیز به‌وجود می‌آید.

**شکل ۲** نمونه‌ای از ترکهای برشی.

برای مرمت خرابی ناشی از ترکهای برشی باید قبل از اقدام به تعمیر رویه ترک‌خورده، مبادرت به رفع علت خرابی یعنی تحکیم خاک و مصالح ناپایدار کناره‌های روسازی شود. اگر علت خرابی عدم تراکم کافی خاک کناره‌های روسازی باشد، باید با متراکم‌کردن خاک وزن مخصوص آن را به حد لازم رساند. در مواردی که ترکهای برشی در اثر عدم وجود شانه‌های راه به‌وجود آمده باشد، باید با به کار بردن مصالح مناسب اقدام به ساختن شانه‌ها شود تا کناره‌های روسازی تقویت شوند. پس از رفع علت خرابی آنگاه باید با برداشتن قسمتهای ناپایدار روسازی و پرکردن آن با بتن آسفالتی گرم، سطح قسمتهای خراب‌شده و احتمالاً نشست کرده روسازی مجدداً به سطح اولیه قبل از خرابی آورده شود. این عمل معمولاً با انجام وصله امکان‌پذیر است.

## ترکهای انقباضی

ترکهایی که در اثر تغییر حجم و جمع شدن رویه آسفالتی در اثر افت دمای محیط به‌وجود می‌آیند، ترکهای انقباضی نامیده می‌شوند. ترکهای انقباضی معمولاً عرضی بوده و گاهی هم به شکل مجموعه‌ای از ترکهای به هم پیوسته که تشکیل قطعات بزرگی را می‌دهند ظاهر می‌شوند. در حالت اخیر، تفاوت ظاهری این ترکها با ترکهای موزاییکی در آن است که ترکهای انقباضی سطح رویه را به قطعات بزرگتری تقسیم کرده و به‌علاوه گوشه‌های این قطعات نیز تیزتر است.

علت به‌وجود آمدن ترکهای انقباضی به‌کار بردن قیری است که برای آب و هوای منطقه مورد مصرف سفت است. برای مرمت این نوع خرابی باید ابتدا ترکها با قیر یا قیر حاوی ماسه ریزدانه و گردسنگ (بسته به گشادی ترکها) پر شود و سپس در صورت لزوم با استفاده از یک لایه نازک روسازی روکش شود.

## ترکهای بین دو خط

این نوع ترکها در حقیقت همان درزهای طولی بین خطوط راه هستند که به‌علت اجرای نادرست رویه آسفالتی، درزهای آن باز شده‌اند. ورود آب در این ترکها باعث تشدید خرابی و بازترشدن آنها می‌شود.

علت به‌وجود آمدن ترکهای بین دو خط اجرای غیر همزمان رویه آسفالتی خطوط مجاور یکدیگر است. زیرا پس از پخش و کوبیدن آسفالت خط اول و سپس خط مجاور آن درزی بین این دو خط به‌وجود می‌آید که هر قدر هم در پیوند دو خط کوشش شود، نقطه‌ضعفی در محل اتصال به‌وجود می‌آید که در آینده باعث خرابی می‌شود.

این نوع خرابی همچنین بین خط کناری و شانه آسفالتی راه نیز ممکن است به‌وجود آید. علت وقوع آن نظیر آنچه که در مورد ترک بین دو خط بیان شد، اجرای غیر همزمان آسفالت خط کناری و شانه راه است.

برای اجتناب از این خرابی باید حتی‌الامکان سعی شود که با به‌کار بردن تعداد کافی ماشینهای پخش آسفالت مصالح تمام عرض راه به‌طورهمزمان پخش و کوبیده شود.

برای مرمت ترک بین دو خط باید این ترکها با استفاده از قیر یا قیر حاوی ماسه ریزدانه و گردسنگ پر شود تا جلوی ورود آب به داخل ترک و در نتیجه به داخل روسازی گرفته شود.

## ترکهای انعکاسی

ترکهای انعکاسی به ترکهایی اطلاق می‌شود که در سطح روکش آسفالتی و در محلهایی که ترکهایی در سطح روسازی قدیمی وجود داشته، پدید آمده باشد. این ترکها در حقیقت انعکاس ترکهای لایهٔ زیرین در لایهٔ روکش آسفالتی است.

ترکهای انعکاسی اغلب در سطح روکش آسفالتی که بر روی روسازیهای بتنی یا مصالح تحکیم‌شده با سیمان ساخته شده‌اند به‌وجود می‌آید. این ترکها همچنین در سطح روکش آسفالتی که بر روی روسازی آسفالتی با ترکهای عریض و مرمت‌نشده ساخته می‌شوند نیز پدید می‌آید.

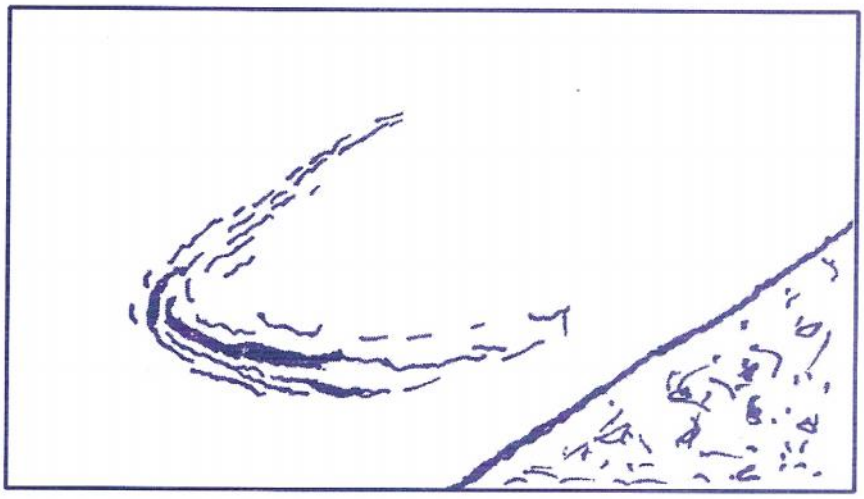
علت به‌وجود آمدن ترکهای انعکاسی حرکات افقی و قائم لایه واقع در زیر روکش آسفالتی است. این حرکات در اثر تغییرات رطوبت و درجه حرارت در مصالح روسازی، و همچنین در اثر عبور وسایل نقلیه سنگین به‌وقوع می‌پیوندد.

برای مرمت ترکهای انعکاسی باید این ترکها با استفاده از قیر یا قیر حاوی ماسه ریزدانه و گردسنگ پر شوند.

## ترکهای هلالی (لغزشی)

ترکهای هلالی معمولاً در مسیر حرکت چرخهای وسایل نقلیه به‌علت وارد شدن نیروهای شدید افقی (ترمزکردن) در سطح رویه آسفالتی به‌وجود می‌آید (شکل ۳). علت تشکیل شدن این ترکها فقدان چسبندگی کافی بین لایهٔ رویهٔ آسفالتی و لایهٔ زیر آن است. وجود موادی از قبیل گردوخاک، روغنهای نفتی یا آب، که ممکن است به‌علت عدم دقت در روی سطح راه قبل از اجرای رویهٔ آسفالتی وجود داشته باشد، می‌تواند منجر به به‌وجود آمدن این ترکها شود. عدم به‌کار بردن اندود سطحی بین لایهٔ آستر و لایهٔ رویهٔ آسفالتی نیز می‌تواند سبب به‌وجود آمدن ترکهای هلالی‌شکل شود.

مناسبترین نحوهٔ مرمت این نوع خرابی، کندن قسمت خراب‌شده و استفاده از بتن آسفالتی گرم برای انجام وصله سطحی است.



**شکل ۳** نمونه‌ای از ترکهای هلالی‌شکل.

## ۳ـ تغییر شکلهای سطح رویه

### نشست محل کنده‌کاری‌شده

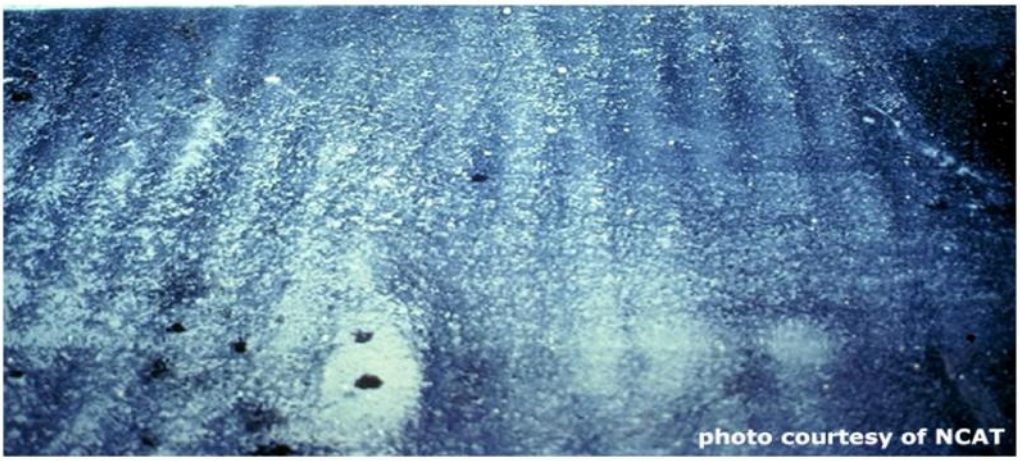
این خرابی به نشستی که در محل کنده‌کاری‌شده روسازی به‌منظور عبور لوله‌های آب و گاز یا کابل تلفن و امثال آن به‌وجود آمده اطلاق می‌شود. علت این خرابی فقدان تراکم کافی مصالح به‌کار رفته برای پرکردن مجدد محل کنده شده است.

برای جلوگیری از به‌وجود آمدن این خرابی باید ابتدا محلهای کنده‌کاری‌شده بلافاصله پس از اتمام عملیات با مصالح مناسب پرشده و به خوبی متراکم شود و سپس روسازی آن با استفاده از بتن آسفالتی گرم انجام شود. باید توجه داشت که ضخامت رویهٔ آسفالتی محل مرمت‌شده نباید به‌هیچ‌وجه از ضخامت رویه قسمتهای مجاور آن کمتر باشد.

برای مرمت محل نشست کرده باید قسمت خراب‌شده با استفاده از بتن آسفالتی گرم پر شده و به‌خوبی متراکم شود. ضخامت لایه بتن آسفالتی به‌کار رفته باید به اندازه‌ای باشد که پس از متراکم کردن آن سطحش قدری از سطح بقیهٔ روسازی بالاتر باشد. رعایت این نکته باعث می‌شود که سطح نهایی قسمت مرمت‌شده پس از آنکه تحت آمدوشد خودروها قرار گرفت هم‌سطح بقیه روسازی شود. لیکن باید دقت شود که این اختلاف سطح نباید طوری باشد که نهایتاً از بین نرفته و به صورت برآمده (گرده‌ماهی) باقی بماند، زیرا در آن صورت این برآمدگی خود سبب ناهمواری سطح روسازی خواهد شد.

### موج

این خرابی که نمونه‌ای از آن در شکل ۴ نشان داده شده است به‌صورت موجی در جهت




**شکل ۴** نمونه‌ای از موج روسازیهای آسفالتی.

حرکت وسایل نقلیه در سطح رویهٔ آسفالتی به‌وجود می‌آید. روسازیهای آسفالتی که مصالح لایه رویه آنها به طرز صحیح طرح و انتخاب نشده‌اند و درنتیجه دارای استقامت برشی کافی نیستند، به این صورت خراب می‌شوند. موجها در محلهایی که نیروهای برشی شدیدی به روسازی وارد می‌شود به‌وجود می‌آیند. نیروهای برشی شدید معمولاً در نزدیکی تقاطعها که وسایل نقلیه متوقف می‌شوند و یا از حالت سکون به حرکت درمی‌آیند، و یا در سایر محلهای تغییر سرعت، توسط چرخهای وسایل نقلیه به روسازی وارد می‌شود.

علت به‌وجود آمدن موج معمولاً یکی و یا ترکیبی از عوامل زیر است:

الف) مصرف بیش از حد لازم قیر در مخلوط آسفالتی،

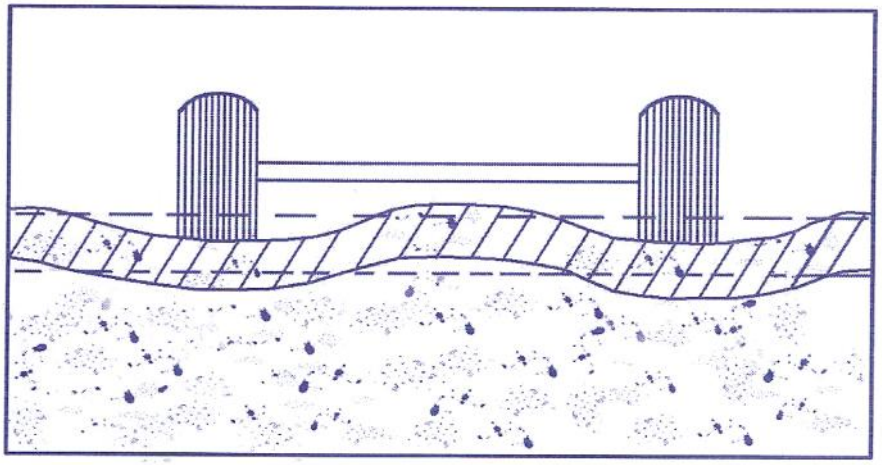
ب) به‌کار بردن قیری که بیش از حد لازم برای آب‌وهوای منطقه مورد مصرف نرم است،

ج) مصرف بیش از حد مصالح ریزدانه در مخلوط آسفالتی،

د) وجود مقدار زیاد مصالح گردگوشه در مخلوط آسفالتی،

ه) هوا ندادن مخلوطهای آسفالتی که در ساختن آنها از قیرهای محلول استفاده شده است.

برای مرمت این نوع خرابی، در مواردی که وسعت خرابی کم بوده و شدت موجها زیاد است باید اقدام به کندن و برداشت کامل قسمت خراب‌شده رویه شود. در این حالت محل کنده‌شده باید با استفاده از بتن آسفالتی گرم پر شود. در مواردی که وسعت خرابی نسبتاً زیاد بوده و شدت موجها کم است باید با استفاده از یک لایه نازک روکش آسفالتی اقدام به رفع خرابی شود.



**شکل ۵** گودی مسیر چرخها.

## گودی مسیر چرخها (شیارشدن)

گودی مسیر چرخها به موجی عرضی که در سطح رویهٔ آسفالتی به‌وجود می‌آید اطلاق می‌شود. نقاط گود این موجها در مسیرهای حرکت چرخهای وسایل نقلیه سنگین قرار دارند (شکل ۵).

علت به‌وجود آمدن گودی مسیر چرخها تحکیم لایه‌های روسازی و یا خاک بستر راه است. میزان گودی مسیر چرخها بستگی به شدت آمدوشد دارد، و هرچه تعداد و وزن وسایل نقلیه سنگین بیشتر باشد، شدت این خرابی نیز بیشتر خواهد بود. میزان گودی مسیر چرخها را می‌توان با قرار دادن یک شمشه فلزی یا چوبی بلند در عرض راه مشاهده کرده و آن را اندازه‌گیری نمود. این خرابی همچنین در اثر حرکت جانبی مصالح آسفالتی در جهت عمود بر حرکت وسایل نقلیه نیز ممکن است به‌وقوع بپیوندد.

برای اجتناب از این نوع خرابی باید مشخصات فنی مصالح روسازی طوری انتخاب شود که استقامت و پایداری کافی را داشته باشد. مصالح سنگی مخلوطهای آسفالتی باید شکسته بوده و از به‌کار بردن مصالح سنگی گردگوشه اجتناب شود. همچنین باید از مصرف میزان بیش از حد قیر و مصالح ریزدانه که باعث کاهش استقامت مخلوط می‌شوند خودداری گردد.

برای مرمت گودی مسیر چرخها باید با استفاده از بتن آسفالتی گرم محلهای گودشده پر شده و در صورت لزوم با یک لایه نازک آسفالتی روسازی روکش شود.

## نشست موضعی

نشست موضعی به خرابی اطلاق می‌شود که در آن قسمت نسبتاً محدودی از روسازی در اثر نشست، سطحش از بقیه قسمتهای دیگر روسازی پایینتر باشد. این خرابی ممکن است با، یا بدون ظاهرشدن ترکهایی به‌وجود آید.

نشست موضعی توسط سرنشینان وسایل نقلیه‌ای که از روی آن عبور می‌کنند احساس شده، و محل آن توسط آبی که بلافاصله پس از بارندگی معمولاً در آن جمع می‌شود مشخص می‌شود. در سایر مواقع، محل نشست موضعی به کمک تفاوتی که در رنگ بین قسمت نشست کرده و سایر قسمتهای روسازی به‌علت اثر آب به‌وجود می‌آید قابل تشخیص است.

علت به‌وجود آمدن نشست موضعی، نشست خاک بستر یا مصالح روسازی که به‌صورت غیریکنواخت متراکم شده‌اند است.

برای مرمت این نوع خرابی باید محل نشست کرده با استفاده از بتن آسفالتی گرم پر شده و متراکم شود.

### تورم

تورم عبارت است از بالا آمدن قسمتی از سطح روسازی آسفالتی در اثر افزایش حجم خاک بستر روسازی و یا مصالح آن. افزایش حجم خاک معمولاً به دو علت صورت می‌گیرد:

الف) تورم در اثر یخبندان

ب) تورم در اثر رطوبت

علل و روشهای جلوگیری از این نوع خرابی در بخش هفتم شرح داده شده است. برای مرمت این نوع خرابی باید پس ازکندن و برداشت کامل مصالح قسمت متورم شده و تعویض خاک قابل تورم با مصالح مناسب، سطح روسازی وصله شود.

## ۴ـ خرد و کنده‌شدنها

### چاله‌ها

این خرابی به گودیهایی که در اثر خرد و کنده‌شدن قسمتی از مصالح رویه و اساس روسازی به‌وجود می‌آید اطلاق می‌شود. معمولاً چاله‌ها در اواخر فصل زمستان و اوایل فصل بهار به‌وجود می‌آیند. علت این امر بالا بودن میزان رطوبت خاک در این زمان از سال و در نتیجه کم بودن مقاومت خاک است این مسئله بخصوص در مورد رویه‌های نازک آسفالتی که قسمت اعظم قدرت باربری سیستم روسازی توسط لایه‌های اساس و زیراساس و خاک بستر تأمین می‌شود شدیدتر است. سایر عواملی که در به‌وجود آمدن چاله‌ها مؤثر هستند، عبارت‌اند از:

الف) کافی نبودن مقدار قیر مصرفی در مخلوط آسفالتی

ب) مصرف مقدار خیلی زیاد یا خیلی کم مواد ریزدانه در مخلوط آسفالتی

ج) عدم وجود سیستم زهکشی مناسب

**شکل ۶** نمونه‌ای از چاله در روسازی آسفالتی.

نحوهٔ اصولی مرمت این نوع خرابی به این ترتیب است که پس از پاک کردن چاله‌ها از مواد خارجی، آب، و دانه‌های شل مصالح، باید سطوح داخلی و کف چاله قیرپاشی شده و سپس این چاله‌ها با بتن آسفالتی گرم پرشده و متراکم شود.

### جداشدن دانه‌ها

این خرابی که معمولاً از کناره‌های روسازی شروع شده و به طرف نقاط داخلی رویه آسفالتی پیشروی می‌کند، علل مختلفی دارد که عبارت‌اند از:

الف) اجرای رویه آسفالتی در هوای سرد یا مرطوب

ب) تراکم غیرکافی مصالح آسفالتی

ج) به‌کار بردن مصالح سنگی آلوده و یا کم‌دوام در لایه رویه آسفالتی

د) کمبود میزان قیر مصرفی در مخلوط آسفالتی

ه) گرم کردن بیش از حد بتن آسفالتی موقع پخت آن

برای مرمت این نوع خرابی باید سطح قسمت خراب‌شده روسازی قیرپاشی شده، و در مواردی که وسعت خرابی زیاد است با استفاده از یک لایهٔ آسفالتی نازک روسازی روکش شود.

## ۵ـ لغزنده‌شدن سطح روسازی

### روزدن قیر

روزدن قیر به بالا آمدن و خارج شدن قسمتی از قیر مصرفی در رویه آسفالتی که در اثر آمدوشد خودروها صورت می‌گیرد، اطلاق می‌شود. قیری که به این نحو از مصالح آسفالتی رو می‌زند توسط

چرخهای وسایل نقلیه به صورت لایه نازکی در سطح راه پخش شده و سبب صیقلی شدن آن می‌شود.

علت اصلی روزدن قیر که همواره در هوای گرم و تحت اثر وسایل نقلیهٔ سنگین به‌وجود می‌آید وجود مقدار بیش از حد قیر در مخلوط آسفالتی است. روزدن قیر در مخلوطهایی که دارای مقدار فضای خالی کمتری از حد لازم هستند نیز به‌وجود می‌آید.

قیر روزده سبب کاهش اصطکاک بین سطح راه و چرخهای وسایل نقلیه شده و بخصوص در مواقع بارندگی ممکن است منجر به تصادفات شود. در فصل تابستان قیر روزده به‌علت بالا بودن درجه حرارت هوا به‌صورت شل و خمیری در آمده و تحت اثر حرکت وسایل نقلیه در سطح راه فتیله می‌شود. روزدن قیر معمولاً با خرابیهای دیگر از جمله موج و گودی مسیر چرخها که علل مشابهی دارند همراه است.

برای مرمت این نوع خرابی اگر وسعت قسمت خراب‌شده کم باشد، بر روی سطح راه ماسه و یا شن ریزدانه پاشیده شده و کوبیده می‌شود. روکش کردن راه با استفاده از یک لایهٔ نازک و کم‌قیر راه حل مناسب دیگری برای مرمت این نوع خرابی است.

### صیقلی‌شدن دانه‌ها

دانه‌های مصالح سنگی به‌کار رفته در تهیهٔ مخلوطهای آسفالتی در صورتی که دارای سختی کافی نباشد ممکن است که تحت اثر ساینده آمدوشد سطحشان صیقلی شود. این امر بخصوص در مواقع بارندگی به‌سبب کافی نبودن اصطکاک کافی بین سطح راه و چرخهای وسایل نقلیه ممکن است منجر به تصادفات شود.

علت به‌وجود آمدن این نوع خرابی به‌کار بردن مصالح سنگی گردگوشه و یا مصالح شکسته‌شده کم‌دوام نظیر برخی از انواع سنگهای آهکی، در مخلوط آسفالتی است. نحوهٔ مرمت سطح راهی که دانه‌های لایه رویه آن صاف و صیقلی شده است، استفاده از یک لایهٔ نازک روکش آسفالتی تهیه‌شده از مصالح سنگی شکسته شده است.

## ۶ـ خرابی شانه‌ها

خرابی شانه‌ها معمولاً به سبب طرح و اجرای نادرست روسازی شانه‌ها به‌وجود می‌آید. برای جلوگیری از این خرابی باید روسازی شانه‌ها نظیر روسازی راه با در نظر گرفتن مقاومت خاک بستر، شرایط جوی منطقه، و ترافیک احتمالی شانه‌ها طرح شده و مصالح آن نیز با دقت زیاد انتخاب شود.

برای مرمت شانه‌های خراب‌شده باید ابتدا به ترتیبی که ذکر گردید روسازی شانه‌ها طرح شده و سپس شانه‌های جدید با تعویض مصالح نامناسب موجود با مصالح مناسب ساخته شود. اگر

خرابی شانه‌ها به‌علت شرایط نامناسب زهکشی به‌وجود آمده باشد، باید اشکالات موجود در وضع زهکشی (سطحی یا عمقی) تصحیح شود.

## ۷ـ خرابی رویه‌های آسفالت سطحی

رویه‌های آسفالت سطحی معمولاً به‌سبب روش مخصوصی که در اجرای آنها به‌کار می‌رود دارای خرابیهای مختص به خود است که در مورد سایر انواع رویه‌های آسفالتی مشاهده نمی‌شود. این خرابیها عبارت‌اند از: گرشدن، شیارهای طولی و شیارهای عرضی.

### گرشدن

گرشدن به کنده‌شدن مصالح سنگی از سطح رویه اطلاق می‌شود. این خرابی منجر به سطحی می‌شود که در برخی از قسمتها پوشش مصالح سنگی کنده‌شده و اندود قیری نمایان شده است.

عوامل مختلفی موجب بروز این خرابی می‌شوند که عبارت‌اند از:

الف) تأخیر در پخش مصالح سنگی پس از قیرپاشی

ب) به‌کار بردن مصالح سنگی آلوده یا مرطوب

ج) تأخیر در غلتک‌زدن مصالح سنگی پس از پخش آن

د) عدم استفاده از غلتک چرخ لاستیکی برای کوبیدن آسفالت سطحی

ه) اجرای آسفالت سطحی در هوای سرد

و) بازکردن راه برای استفاده توسط وسایل نقلیه (بخصوص تندرو) قبل از سفت شدن قیر

ز) وجود یک سطح متخلخل و قیرمکنده در زیر رویه آسفالتی

برای مرمت این خرابی باید ابتدا با استفاده از ماسه درشت‌دانه که حرارت داده‌شده و درجه حرارت آن به بیش از ۱۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد رسیده است در سطح راه پخش شده و سپس بلافاصله با استفاده از غلتکهای چرخ لاستیکی کوبیده شود. باید توجه داشت که اجرای این عملیات باید حتماً در هوای گرم (فصل تابستان) صورت گیرد تا دانه‌های مصالح سنگی به‌خوبی و قبل از سردشدن به اندود قیری بچسبد.

### شیارهای طولی و عرضی

علت به‌وجود آمدن شیارهای طولی و عرضی غیریکنواخت بودن مقدار قیر آسفالت سطحی پخش‌شده در سطح راه است. عوامل زیر باعث به‌وجود آمدن این شیارها می‌شود:

الف) غیریکنواخت‌بودن دبی تلمبه قیرپاش،

ب) استفاده از لوله قیرپاشی که ارتفاع آن از سطح زمین بیش از حد است،

ج) اختلاف در میزان قیر خارج‌شده از چشمه‌های مختلف لوله قیرپاش

د) اختلاف در مقدار زاویه بین محور چشمه‌های مختلف لوله قیرپاش با خط قائم

ه) افزایش فاصله بین لوله قیرپاش و سطح زمین که با کاهش حجم قیر در مخزن ماشین قیرپاش به‌وجود می‌آید.

برای مرمت شیارهای طولی و عرضی روسازیهای آسفالت سطحی باید ابتدا سطح قسمت خراب‌شده کنده شده و سپس اقدام به اجرای مجدد آسفالت سطحی شود.

چون مرمت این نوع خرابی مستلزم اجرای مجدد روسازی است، از این نظر باید با مراعات نکات لازم سعی شود که به‌طور کلی از به‌وجود آمدن شیارهای طولی و عرضی جلوگیری به عمل آید.

## ۸ـ خرابی رویه‌های شنی

گاهی به‌علل اقتصادی یا کم بودن میزان آمدوشد راه لازم است که از رویه‌های شنی به‌جای رویه‌های آسفالتی برای روسازی راهها استفاده شود. تجربه نشان داده است که اگر میزان آمدوشد راه از حدی تجاوز ننماید رویهٔ شنی به‌خوبی دوام آورده و سطحش نسبتاً هموار باقی می‌ماند. این حد معمولاً حدود ۲۵۰ تا ۴۰۰ وسیلهٔ نقلیه در روز است. اگر میزان آمدوشد از حدود ۴۰۰ وسیلهٔ نقلیه در روز بیشتر باشد در سطح رویه شنی چاله و موج به‌وجود آمده و میزان گردوخاک ناشی از حرکت وسایل نقلیه و مصالح از دست رفته از آن به شدت افزایش می‌یابد.

رویه‌های شنی معمولاً باید به‌طور مداوم تعمیر و نگهداری شوند. علت این امر به‌وجود آمدن چاله‌ها و موج، و از دست رفتن قسمتی از مصالح ریزدانه به‌صورت گردوخاک و به‌هم خوردن دانه‌بندی مصالح تحت اثر آمدوشد وسایل نقلیه است. هر اندازه میزان آمدوشد راه بیشتر باشد لزوم تعمیر و مرمت بیشتر خواهد بود. در مناطقی که زمستانها پرباران و سرد است گاهی لازم است که هر سال در آغاز بهار رویه شنی مرمت شود. به‌وجود آمدن موج در سطح رویه شنی از خرابیهای عمده‌ای است که باعث ناهمواری سطح راه شده و همان‌طوری که اشاره گردید علت آن وجود آمدوشد بیش از حدود ۲۵۰ تا ۴۰۰ وسیلهٔ نقلیه در روز است. این موجها معمولاً کم‌عمق بوده (حدود ۳ تا ۴ سانتی‌متر) و طول موجی در حدود ۷۵ سانتی‌متر دارند.

طریقه تصحیح ناهمواری سطح رویه‌های شنی تیغ انداختن آن با استفاده از تیغهٔ گریدر و مناسبترین زمان انجام آن پس از یک دوره بارندگی است. نحوهٔ عمل به این ترتیب است که ابتدا قسمت نازکی از سطح رویه به کمک تیغهٔ گریدرکنده شده و سپس مصالح به‌دست آمده دوباره در سطح رویه پخش شده و پس از آب‌پاشی لازم کوبیده می‌شود تا یک سطح صاف و هموار و با تراکم کافی به‌دست آید.

معمولاً هرچند سال یک بار لازم است که مقداری مصالح به رویه‌های شنی که قسمتی از مصالح آن در اثر گردوخاک و جابه‌جاشدن دانه‌ها در اثر آمدوشد از دست می‌رود اضافه شود. میزان مصالحی که در اثر آمدوشد از دست می‌رود بستگی به عوامل زیادی از قبیل میزان آمدوشد وسایل نقلیه داشته و مقدار آن ممکن است تا حدود ۵ر۰ تا ۲ سانتی‌متر در هر سال برسد. برای جلوگیری از وقوع بسیاری از اشکالات و خرابی رویه‌های شنی بهتر است که سطح آنها قیرپاشی شده (با قیرهای محلول دیرگیر) و یا از یک لایهٔ آسفالت سطحی برای روسازی آنها استفاده شود.

فصل ۸

# مرمت و بهسازی

# مرمت و بهسازی

## ۱ـ مقدمه

مرمت و بازسازی روسازیهای انعطاف‌پذیر (آسفالتی و شنی) شامل لکه‌گیری، پرکردن چاله‌ها، پرکردن ترکها و روکش‌کردن است. قبل از اینکه تصمیم گرفته شود که چه نوع مرمتی برای رفع خرابی یک روسازی لازم است ابتدا باید علت یا علل خرابیها مشخص شود. اگر علت خرابی کافی نبودن قدرت باربری روسازی باشد لکه‌گیری روسازی یک راه حل اصولی نبوده و در این‌گونه موارد باید 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 این‌گونه نقاط اصلاح شوند و معمولاً احتیاجی به تقویت تمام روسازی نیست.

در این بخش نحوهٔ مرمت و تقویت روسازیهای انعطاف‌پذیر شرح داده شده است. لیکن باید توجه داشت که پیشنهادهای ارائه‌شده فقط به‌عنوان راه‌حلهای کلی است و باید هر خرابی به‌طور جداگانه در محل مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد تا بهترین راه حل مرمت و تقویت روسازی تعیین شود.

## ۲-مرمت خرابیهای روسازی

روشهای مختلف مرمت خرابیهای روسازی را می‌توان به ۴ گروه تقسیم کرد که عبارت‌اند از: پرکردن چاله‌ها، وصله سطحی، وصله عمقی و روکش کردن.

### پرکردن چاله‌ها

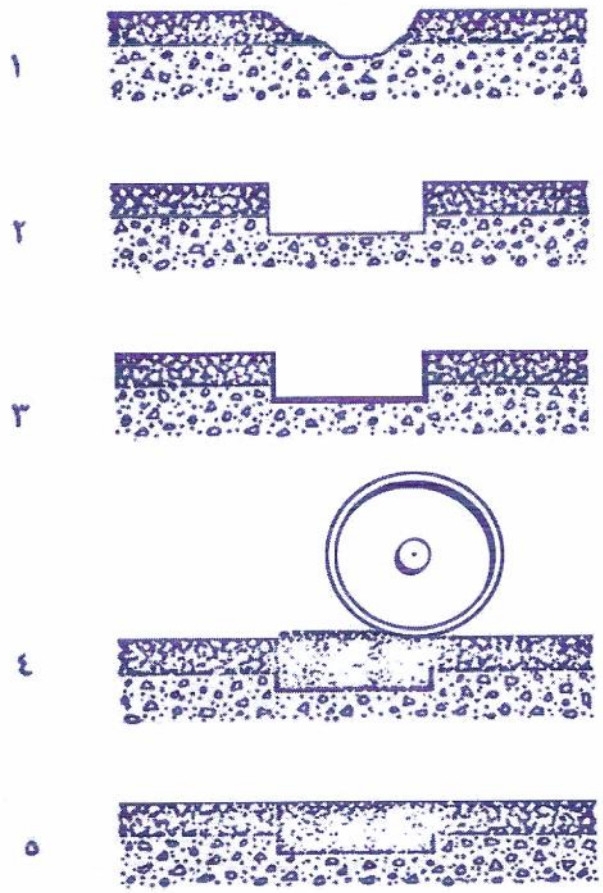
پرکردن چاله‌ها شامل مراحل زیر است (شکل ۱):

الف) تمیز کردن چاله‌ها از هرگونه مواد خارجی، آب، دانه‌های مصالح سنگی کنده‌شده،

ب) قیرپاشی سطح داخلی چاله شامل کف و دیواره‌ها،

ج) پرکردن چاله با مخلوط بتن آسفالتی

د) کوبیدن و متراکم کردن مخلوط تا اینکه سطح نهایی به‌دست‌آمده هم‌سطح روسازی قسمتهای مجاور شود.




شکل ۱ مراحل اصولی پرکردن چاله روسازیها.

## وصله سطحی

انجام وصله سطحی شامل مراحل زیر است (شکل ۲):

الف) خط‌کشی و بریدن قسمت خراب‌شده روسازی به‌صورت شکلهای منظم هندسی به‌طوری که خطوط برش حداقل حدود ۳۰ سانتی‌متر در تمام نقاط از خرابیها فاصله داشته و ضمناً سطح برش به‌صورت قائم و عمود بر سطح روسازی باشد.

ب) تمیزکردن قسمت بریده‌شده از آب و مواد شل و کنده‌شده با استفاده از جارو و یا هوای فشرده.

ج) قیرپاشی سطح داخلی قسمت بریده‌شده شامل کف و دیواره‌ها.

د) پرکردن محل گودی با مخلوط بتن آسفالتی.

ه) کوبیدن و متراکم کردن مخلوط به‌طوری که سطح نهایی به‌دست‌آمده هم‌سطح روسازی قسمتهای مجاور شود.

## وصله عمقی

مراحل این روش نظیر آنچه که در مورد وصله سطحی شرح داده شده است با این تفاوت که علاوه بر بریدن و برداشتن سطح رویهٔ آسفالتی قسمتی و یا تمام مصالح لایه اساس و زیراساس هم برداشته می‌شود. ضمناً در این حالت قیرپاشی تنها به سطح دیواره‌ها محدود می‌شود (شکل ۳).

## روکش آسفالتی

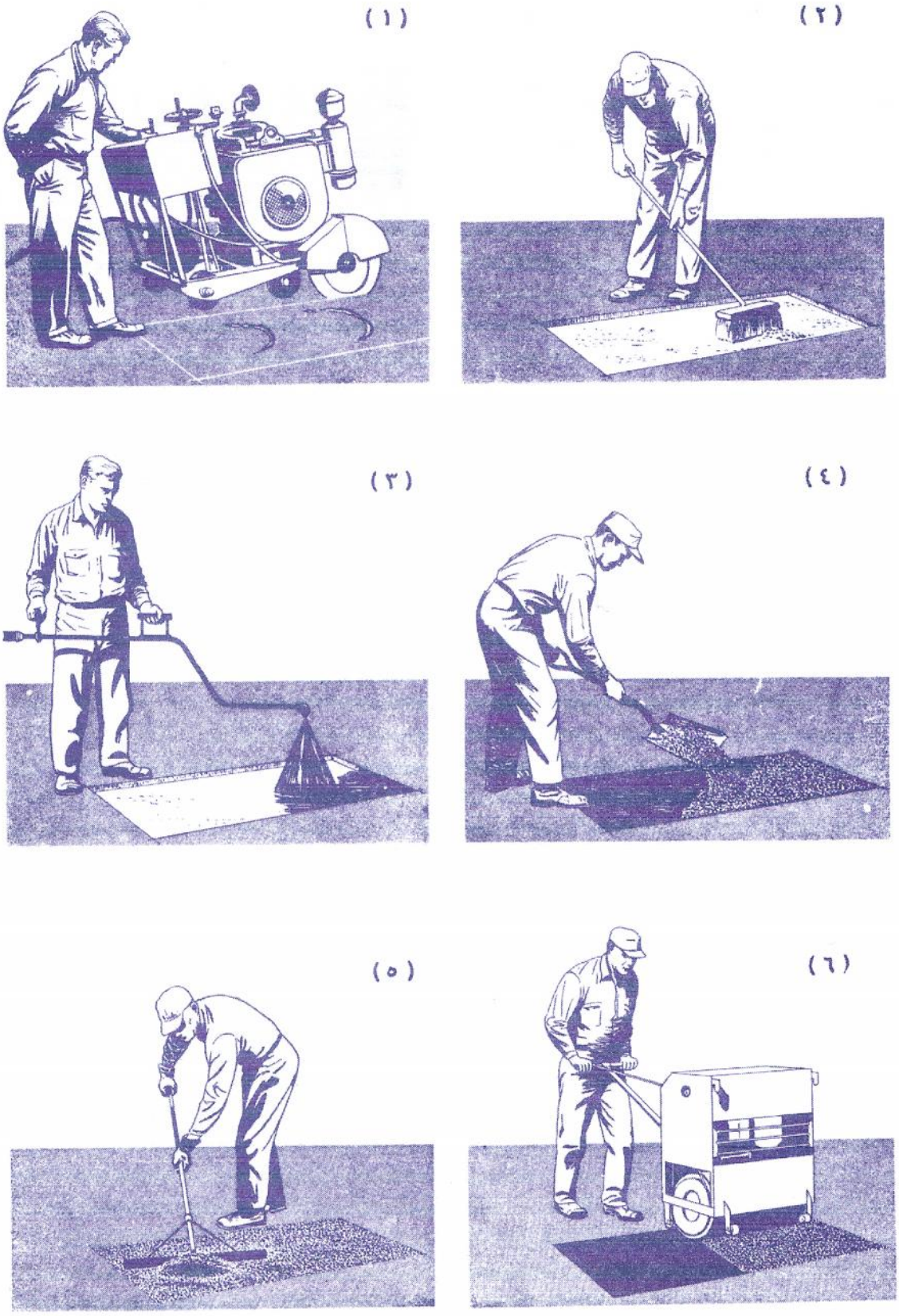
روکش کردن به‌طور کلی برای دو منظور مختلف انجام می‌شود:

الف) رفع ناهمواریهای سطح روسازی که به‌علت ترک‌خوردن، تغییر شکل دادن، خردشدن و غیره به‌وجود می‌آید.

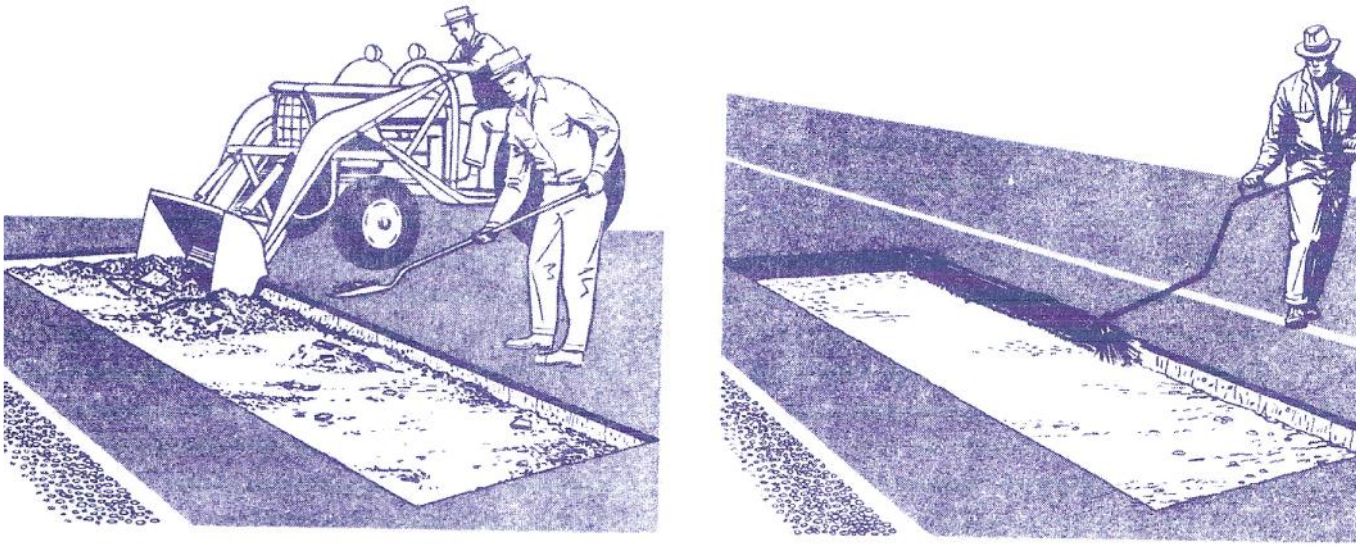
ب) افزایش قدرت باربری روسازی.

معمولاً مسئله‌ای که در طرح روکشها مطرح است تعیین مشخصات فنی مصالح روکش و تعیین ضخامت آن است. در مواردی که روکش فقط به‌منظور رفع ناهمواریهای سطح یک روسازی انجام می‌شود ضخامت روکش کم است و حتی ممکن است به نازکی ۱٫۵ تا ۲ سانتی‌متر نیز برسد. از طرف دیگر در مواردی که هدف از انجام روکش افزایش قدرت باربری روسازی است، ضخامت روکش باید با در نظر گرفتن عوامل مؤثر از قبیل شرایط سیستم روسازی موجود، میزان آمدوشد وسایل نقلیه، شرایط جوی منطقه و مقاومت خاک بستر به‌طور صحیح و اصولی طرح شود.

روشهای مختلفی برای طرح روکش وجود دارد که این روشها را می‌توان به دو گروه کلی تقسیم کرد. در مورد گروه اول ابتدا ضخامت روسازی لازم بدون در نظر گرفتن سیستم موجود تعیین شده




**شکل ۲** مراحل اصولی وصله سطحی روسازیهای آسفالتی.



**شکل ۳** مراحل کندن و قیرپاشی دیواره‌های محل کنده‌شده برای انجام وصله عمقی.

و سپس با مقایسه سیستم موجود با سیستم مورد لزوم ضخامت روکش به‌دست می‌آید. این روش در این کتاب روش غیرمستقیم نامیده شده است. در مورد گروه دوم (روش مستقیم) ضخامت روکش براساس آمدوشد وسایل نقلیه موجود و افزایش احتمالی آن در آینده و قدرت باربری روسازی موجود تعیین می‌شود.

# فصل ۹

# بررسی و عملکرد مشخصات سطحی روسازی در افزایش ایمنی راهها با مطالعه آزاد راه قزوین - زنجان

## چکیده :

پوشیده نیست که طول عمر راه و میزان بهره دهی مناسب آن پس از احداث, ارتباط زیادی با انجام بازدید های دوره ای و اقدامات اصلاحی در طول بهره برداری دارد.

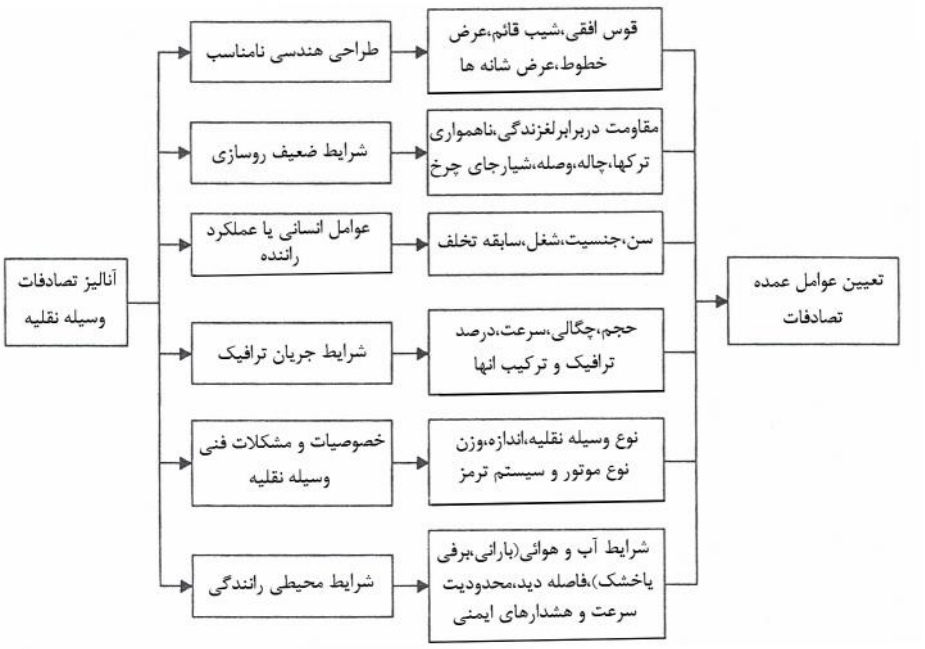
مجموعه این اقدامات که به عملیات ترمیم و نگهداری موسوم است به روش های متعددی صورت می یابند. انتخاب هر یک از این روش ها به عواملی چون وضع موجود, شرایط آینده و نیز رعایت جنبه های اقتصادی بستگی دارد.

ارزیابی کیفیت و وضعیت روسازی راه ها در اکثر روش های موجود, با شبیه سازی وضعیت راه صورت می گیرد, بدین طریق که پس از تحلیل و پردازش بر روی اطلاعات مسیر, عددی را به عنوان شاخص کیفیت روسازی بیان می دارند. این مدل ها, در نوع, میزان و نحوه ورود اطلاعات از یکدیگر متمایز بوده و هر کدام به طریقی دسترسی و استفاده ساده تر از اطلاعات در آینده ممکن می سازند. اطلاعات مربوط به وضعیت و میزان خرابی روسازی, از جمله خروجی های هر یک از روش ها است. از روش های متداولی که برای تعیین وضعیت روسازی استفاده می شود می توان به PCI , PSI , MCI , RCI , IRI و RCR اشاره نمود, ضمن آن که در هر یک از این روش ها نیز به نوعی در جمع آوری اطلاعات, تحلیل و ارزیابی نهایی, نواقص و کاستی هایی وجود خواهد داشت.

## ۱- لزوم به کار گیری سیستم های مهندسی در جهت افزایش ایمنی

از آنجا که روسازیهای هموار و ایمن با سطوح عملکردی مطلوب نقش بسیار مهمی در زیر ساختهای حمل و نقل جاده ای دارند, و همینطور از آنجایی که معمولاً تصادفات یک معلول چند وجهی می باشد, از بین بردن عوامل سبب ساز آن و تحت کنترل در آوردن آن نیازمند در نظر گرفتن تمامی جوانب درگیر یک سیستم فراگیر و منسجم به منظور تصمیم سازی و بهره برداری در خصوص برقراری ارتباط دائم و ایمن بین مراکز اجتماعی و اقتصادی می باشد. در این راستا مدیریت راه سعی دارد با بکارگیری دانش فنی, اقتصادی و مدیریتی برای بهینه نمودن فعالیت های مربوطه, هدف اصلی مدیریت راه را که تامین حداکثر ایمنی و کارائی حرکت ترافیک همزمان با کاهش هزینه و تاثیرات نامطلوب محیطی و اجتماعی کاربر راه است را برآورده سازد.

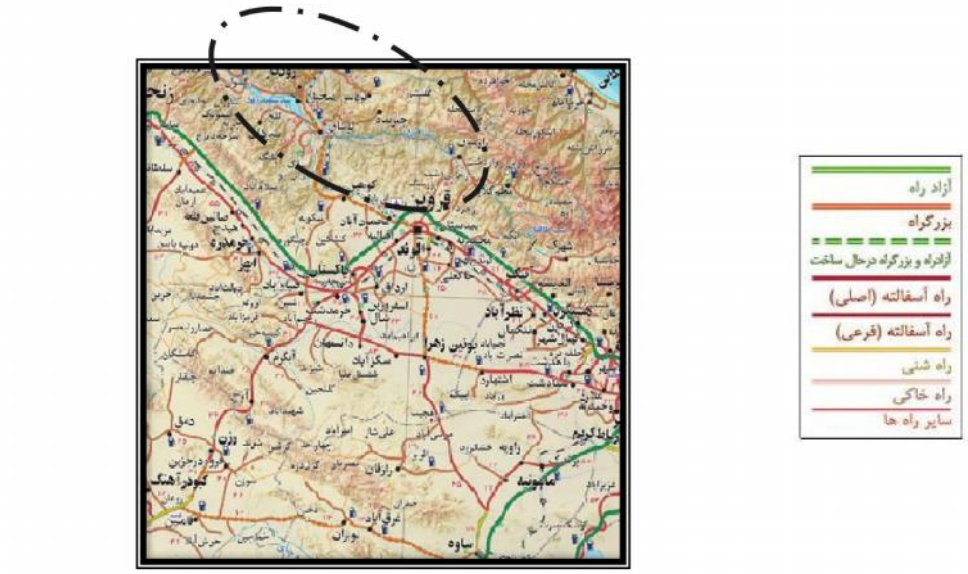
مرور جامع منابع انتشار یافته نشان می دهد که فعالیت های اندکی در ارتباط با تلفیق مدیریت روسازی و ایمنی راهها و برنامه های تعمیر و نگهداری صورت گرفته است. نتایج تعدادی از تحقیقات در ارتباط باتصادفات جاده ای و تجزیه و تحلیل آماری آنها نشان داده است که ما بین وقوع تصادفات و شرایط روسازی ارتباط تنگاتنگی وجود دارد. مطابق این مورد یک چهارچوب کلی جهت تجزیه و تحلیل تصادفات جاده ای در شکل پایین رسم شده است. این چهارچوب نشان می دهد که جهت بهبود مدیریت ایمنی جاده باید به مدیریت روسازی اهمیت بیشتری داده شود.




**شکل ۱: چار چوب کلی برای تجزیه و تحلیل تصادفات جاده ای[۱]**

## ۲- معرفی محور مورد مطالعه

محور مطالعاتی می بایست دارای ویژگی هایی باشد که مهمترین آنها در دسترس بودن اطلاعات ثبت شده و نیز قابل برداشت بودن داده های وابسته می باشند. لذا با بر شمردن تمامی این ویژگی ها محور قزوین- زنجان به عنوان موردی که به دلیل دارا بودن ویژگی های لازم و همچنین مستعد بودن در زمینه تصادفات به عنوان یکی از شاهرگهای حیاتی کشور, از اهمیت بالایی برخوردار است, جهت انجام این پژوهش انتخاب شد. در ادامه خصوصیات عمومی قطعه ای از محور قزوین – زنجان ( محدوده استحفاظی استان زنجان ) را که به عنوان مورد مطالعاتی انتخاب شده است را بررسی خواهیم کرد.




شکل۲: موقعیت محور مورد مطالعه

## ۳ – پارامترهای ایمنی روسازی و ویژگی های مهندسی در محور مورد مطالعه

مباحث زیر معیارها و ارزیابی ایمنی روسازی در زمینه مهندسی روسازی در بر می گیرند.

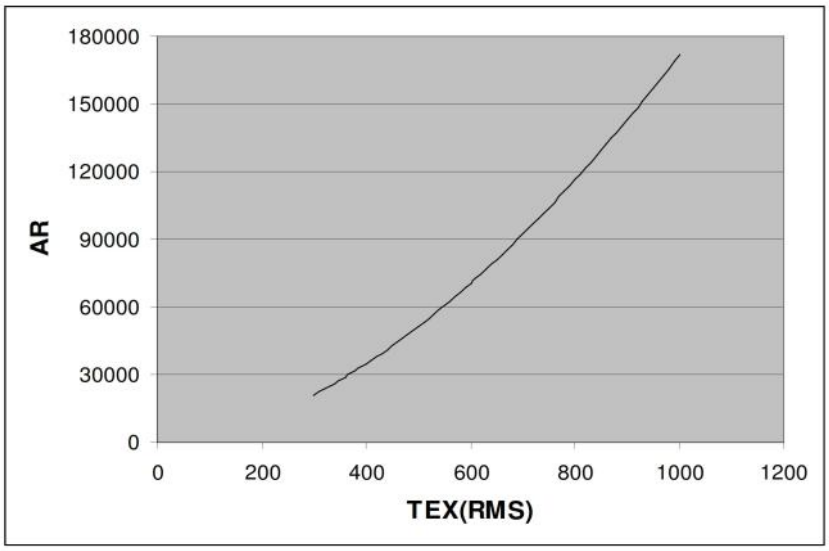
۳-۱ – مقاومت در برابر لغزندگی و بافت سطح رویه

بافت روسازی یکی از عوامل مهم در تعیین و ارزیابی مقاومت لغزندگی رویه راه محسوب می شود. بافت سطح راه را بر اساس دو پارامتر طول موج و عمق به چهار سطح مختلف مطابق جدول زیر طبقه بندی می کنند.

| بافت سطحی | طول موج (mm) | عمق (mm) |
|---|---|---|
| بافت ریز[1] | $\lambda < 0.5$ | $h<۰,۲$ |
| بافت درشت[2] | $0.5 < \lambda < 50$ | $۰,۱<h<۲۰$ |
| بافت بزرگ | $50 < \lambda < 500$ | $۰,۱<h<۵۰$ |
| ناهمواری | $\lambda > 500$ | $h>۲۰$ |

از موارد بالا تنها دو بافت ریز و درشت در مقابل لغزندگی سطح راه موثر هستند. سطوح جاده بایستی در محل قرارگیری لاستیک دارای اصطکاک کافی باشد تا ایمنی را در عملکرد وسیله نقلیه ایجاد نماید. خواص مهندسی روسازی را میتوان با دو پارامتر بافت ریز و بافت درشت تعریف کرد. بافت ریز عامل تماس مستقیم لاستیک و سطح روسازی می باشد در حالی که بافت درشت امکان زهکشی راه را فراهم می سازد. مقاومت در برابر لغزندگی توسط بافت ریز مصالح به کار گرفته در سطح جاده تعیین می شود. و تابعی از کانی شناسی مصالح سنگی و فعل و انفعالات سطح رویه با عوامل فیزیکی و اوضاع جوی است. اصطکاک ناکافی سطوح بزرگراهها برای ایمنی راه بسیار خطرناک می باشد, به هر حال این عامل در بسیاری از موارد توسط رانندگان چون به صورت فیزیکی قابل رویت نمی باشد نادیده گرفته می شود.

با استفاده از اطلاعات بافت سطحی روسازی برداشت شده توسط دستگاه RSP, در سه خط کندرو, میانی و تندرو به روش ریشه میانگین مجذور (RMS)۳ آزادراه قزوین- زنجان, نمودار شکل ۳ که روند تغییرات AR (نرخ تصادفات ) در مقابل Tex(RMS) را نشان می دهد تهیه گردیده است.




شکل۳ : نمودار روند تغییرات *AR* در مقابل *Tex(RMS)*

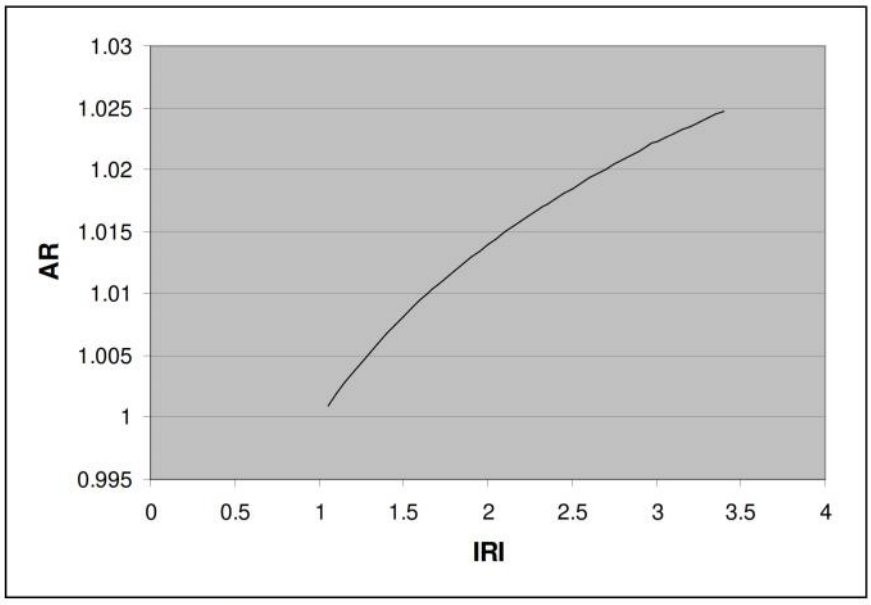
همانطور که در نمودار (۳) نشان می دهد, با افزایش مقدار بافت سطحی روسازی Tex(RMS) مقدار نرخ تصادفات (AR) افزایش می یابد و روند تغییرات آن تقریباً نزدیک به خط راست می باشد.

## ۳-۲- ناهمواری و خرابی روسازی

### ۳-۲-۱- شاخص ناهمواری بین المللی (IRI)

در سال ۱۹۸۲ سازمان بانک جهانی مطالعات جامعی را در کشور برزیل انجام داد تا همبستگی و کالیبراسیون استانداردی را برای اندازه گیری ناهمواری های راه در سرتاسر جهان پیاده نماید که منجر به ابداع شاخص بین المللی ناهمواری راه (IRI) گردید. واحد این شاخص (m/km) می باشد.

از اطلاعات شاخص بین المللی ناهمواری برداشت شده توسط دستگاه RPS, در سه خط کندرو, میانی و تندرو در سطح آزاد راه قزوین – زنجان که در فواصل ۱۰۰۰ متری میانگین گیری شده نمودار شکل ٤ بدست آمده است.




شکل٤ : روند تغییرات *AR* در مقابل *IRI*

همانطور که در نمودار ٤ مشاهده می شود, با افزایش مقدار (IRI), و در صورت ثابت ماندن سایر متغیرها, نرخ تصادفات افزایش می یابد که به لحاظ منطقی نیز صحصح می باشد و حاکی از اهمیت پارمتر شاخص ناهمواری در افزایش ایمنی آزادراه می باشد.

### ۳-۲-۲- ارزیابی خرابی روسازی

اطلاعات مربوط به روسازی ها در کلیه روشهای مختلف ارزیابی روسازی در دو حالت زیر جمع آوری می شوند:

۱- استفاده از نیروی انسانی یا ماشین آلات و تجهیزات برای برداشت

۲- جمع آوری اطلاعات حاصل از تخریب یا عدم تخریب روسازی

در ایران ارزیابی روسازی به روش PCI مرسوم بوده و به همین دلیل در ادامه به شرح این روش می پردازیم.

### ۳-۲-۲-۱- شاخص وضعیت روسازی (PCI)

این روش, توسط گروه مهندسین ارتش ایالات متحده در سال های ۱۹۷٦ تا ۱۹۸٤ پیشنهاد شده است. از این روش بیشتر برای روسازی فرودگاهها, جاده ها و محوطه های پارکینگ استفاده می شود و به عنوان یک روش استاندارد به وسیله بسیاری از سازمانهای معتبر جهانی از جمله اداره کل هوانوردی فدرال (FAA۱۹۸۲) , وزارت دفاع آمریکا (U.S.Air Force۱۹۸۱) و ... پذیرفته شده است.

PCI یک شاخص عددی است که مقدار آن از صفر برای یک روسازی غیر قابل استفاده تا ۱۰۰ برای یک روسازی کاملاً بی عیب, تغییر می کند.

عوامل موثر بر مقدار PCI عبارتند از :

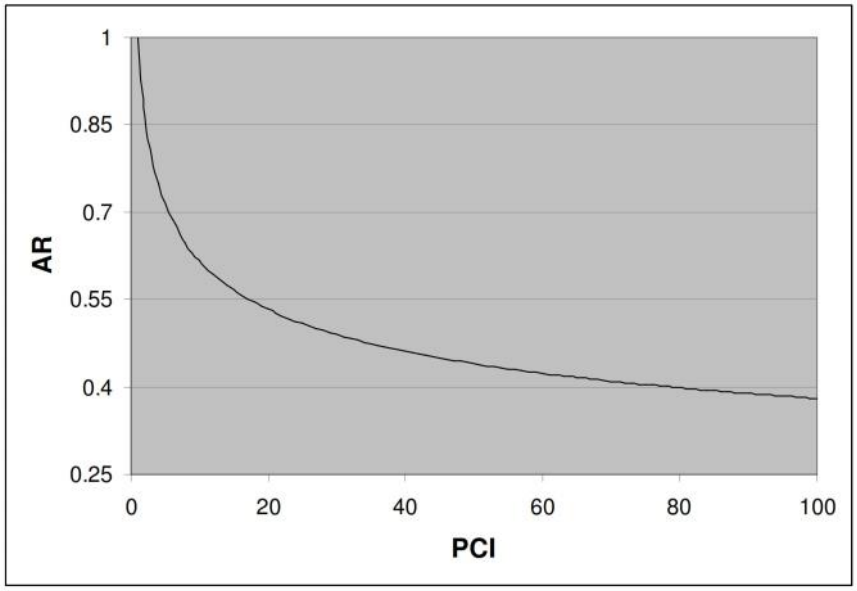
- چاله ها که بیشترین اثر بر PCI دارند.
- ترک های موزاییکی رویه جاده ها که با توجه به مقدار ترک در کل سطوح اندازه گیری شده, باعث کاهش PCI می شوند.
- روزدگی قیر در روسازی آسفالتی ( مقادیر روزدگی بیش از حد در سطح رویه دیده نشود, اثر ناچیزی بر PCI خواهد داشت).
- نشست های موضعی, هم تاثیر کمی بر PCI دارند.
- ترک های لبه یا کناری تاثیر ناچیزی بر PCI دارند.
- افت شانه ها که اثر محسوسی بر PCI ندارند.

آنچه به عنوان نقطه قوت, روشPCI را از دیگر روش های مشابه متمایز نموده, در نظر گیری تعداد زیادی از خرابیهای محتمل روسازی در این روش است. همچنین در روش PCI, شدت هر خرابی در تعیین وضعیت روسازی مورد توجه قرار خواهد گرفت.

برداشت اطلاعات در داین روش هم به صورت دستی و هم به صورت ماشینی امکان پذیر بوده و بنابراین انعطاف پذیری بیشتری در آن وجود دارد.

| درجه بندی | گسیخته | خیلی بد | بد | متوسط | خوب | خیلی خوب | عالی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *PCI* | ۱۰-۰ | ۲۵-۱۱ | ۴۰-۲۶ | ۵۵-۴۱ | ۷۰-۵۶ | ۸۵-۷۱ | ۱۰۰-۸۶ |

با استفاده از اطلاعات شاخص وضعیت روسازی برداشت شده توسط مشاهدات چشمی کارشناسان مربوطه, در سطح آزاد راه قزوین – زنجان نمودار شکل ۵ که روند تغییرات AR (نرخ تصادفات) در مقابل PCI را نشان می دهد بدست آمده است.




**شکل۵ : روند تغییرات *AR* در مقابل PCI**

همانطور که در نمودار ۵ مشاهده می شود, با افزایش مقدار PCI, و در صورت ثابت ماندن سایر متغیرها, نرخ تصادفات کاهش می یابد که به لحاظ عملی نیز صحیح می باشد. همچنین این منحنی نشان می دهد که در PCI بزرگتر از ۳۵ تا ٤٠, روند تغییرات (AR) ناچیز یا به عبارت دیگر در PCI تقریباً کوچکتر از ۳۵ تا ٤٠, نرخ تصادفات با شیب بیشتری افزایش می یابد. بنابراین با توجه به نمودار فوق میتوان نتیجه گرفت که نگه داشتن PCI بزرگتر از ٤٠ برای جلوگیری از وقوع تصادفات ضروری به نظر می رسد. بنابراین هر چه مقدار PCI را در مقادیر بالاتری نگه داشته شود, مقدار تصادفات کاهش می یابد, اما شدت کاهش آن نسبت به PCI کمتر از ٤٠, بسیار کمتر است.

افزایش تصادفات مشاهده شده در جاده های ناهموار ممکن است در اثر دو عامل زیر باشد.

۱- مشاهدات تجربی نشان می دهد که تغییرات عرضی در مسیر وسیله نقلیه در طول راههای دو بانده با افزایش ناهمواری جاده زیاد می گردد.

۲- جاده های ناهموار دارای خرابیهای مانند چاله, ترکهای پوست سوسماری شدید, لکه گیری نادرست رویه و ... هستند که رانندگان را مجبور به تغییر ناگهانی سرعت کرده و این عمل ممکن است منجر به افزایش احتمال تصادفات چند وسیله نقلیه گردد.

## نتیجه گیری :

با مقایسه روش های مختلف ارزیابی روسازی و همچنین با توجه به شرایط اقلیمی کشور ایران, استفاده از شاخص PCI برای بیان کیفیت روسازی راهها, مناسب تر می باشد. این روش به دلیل در بر گرفتن اکثر خرابی ها و به خصوص اعمال پدیده روزدگی قیر ( یکی از شایع ترین خرابی ها در ایران ) و همچنین به دلیل اعمال شدت خرابی ها مناسب ترین می باشد.

### ۳-۳- طرح هندسی و موقعیت روسازی

ارتباط مابین طرح هندسی روسازی و موقعیت آن شامل عواملی مانند عرض راه, عرض شانه راه, نوع شانه, شیب عرضی, طراحی میانه راه و ... می باشد. مطالعاتی که در این زمینه انجام شده است, نشان می دهدکه تصادفات جاده ای مرتبط با عوامل مقاطع عرضی در جاده های دوبانده شامل انتهای جاده, جلو به جلو, از پهلو در جهت مخالف و از پهلو در جهت یکسان می باشد. عرض کل جاده شامل عرض هر باند به اضافه شانه و میانه راه می باشد. عرض کل راه یکی از مهمترین وجوه مقاطع عرضی در عملکرد ایمنی بزرگراههای دوخطه می باشد.

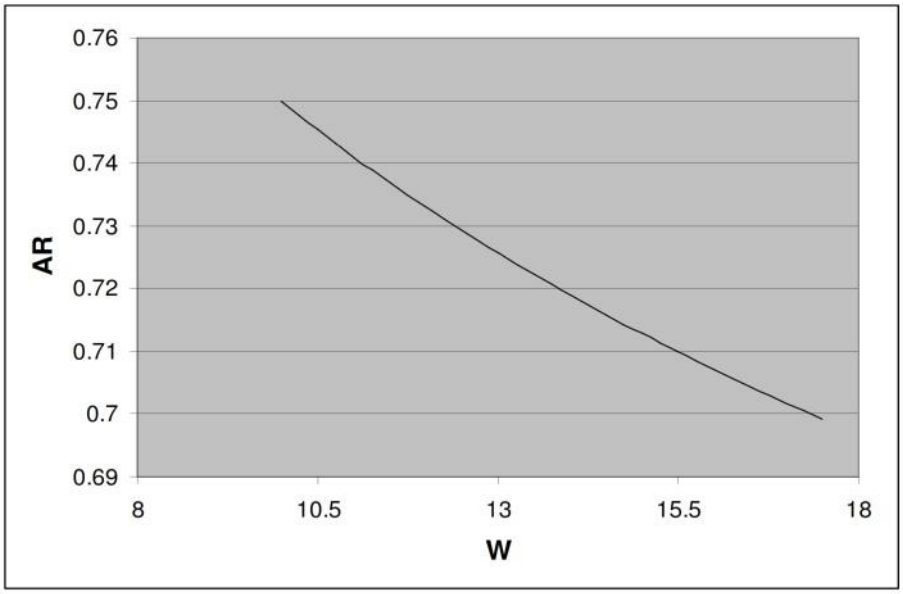
**تاثیربهبود طرح هندسی برافزایش ایمنی[۱۰]**

| نوع شرایط | بهبود طرح هندسی | کاهش تصادفات (٪) |
|---|---|---|
| جاده با عرض خط ۳ متر | اضافه کردن عرض خط در هرسمت به میزان : | |
| | ۰/۴متر | ۱۲ |
| | ۰/۶متر | ۲۳ |
| | ۰/۹متر | ۳۲ |
| | ۱/۲متر | ۴۰ |
| جاده با عرض خط ۳ متر | اضافه کردن عرض شانه در هرسمت به میزان : | |
| | ۰/۶متر | ۱۶ |
| | ۱/۲متر | ۲۹ |
| | ۱/۸متر | ۴۰ |
| | ۲/۴متر | ۴۹ |
| پل با عرض خط ۳ متر | اضافه کردن عرض خط در هرسمت به میزان: ۰/۷ متر | ۴۲ |
| پل با عرض خط ۳ متر | اضافه کردن عرض شانه در هرسمت به میزان: ۱/۲ متر | ۶۲ |

مطالعات انجام شده در این زمینه نشان می دهد که عریض کردن راه و شانه های روسازی شده یا فاقد روسازی, میتواند به طور قابل توجهی وقوع تصادفات در بزرگراههای دو بانده با عرض هر باند ۳ متر و متوسط ترافیک روزانه (ADT) ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ را کاهش دهد. برخی آمارهای مربوط به تاثیر عوامل هندسی جاده بر ایمنی آن, حاصل از یک مطالعه در جدول ۵ آورده شده است. در اینجا باید به این نکته توجه کرد که وقتی دو یا چند مورد اصلاح در جاده ها همزمان پیشنهاد می شود اثر آنها بر روی تصادفات با هم جمع نمی شوند. مثلاً اجرای دو عامل بهبودی متفاوت با کاهش ۲۰ و ۳۰ درصدی در تصادفات منجر به ۵۰ درصد کاهش نخواهد شد.

بر اساس مطالب ذکر شده و اهمیت ایمنی در آزادراهها, در بررسی های انجام شده توسط بازدیدهای میدانی, محور قزوین-زنجان که در شبکه ی راههای کشور به عنوان آزادراه طبقه بندی می شود شامل دو باند رفت و برگشت که در هر طرف دارای سه باند عبور هر یک به عرض ۳/۶۵ و یک حاشیه ایمنی ۱/۳۰ متری جنب گاردریل و یک باند آسفالتی به عرض ۳ متر به اضافه ۰/۷ متر شانه شنی می باشد. جزیره وسط آزادراه نیز به عرض ۲/۲۵ متر با نصب گاردریل در طرفین آن مشخص گردیده است.

نمودار شکل ٦ روند تغییرات AR (نرخ تصادفات) در مقابل عرض جاده (W) را در سطح آزاد راه قزوین – زنجان نشان می دهد.




**شکل ٦: روند تغییرات $AR$ در مقابل عرض جاده $(W)$**

همانطور که در شکل ٦ مشاهده می شود, با افزایش مقدار عرض جاده (W) مقدار نرخ تصادفات (AR) کاهش می یابد که به لحاظ منطقی کاملاً صحیح می باشد. و روند تغییرات آن تقریباً نزدیک به خط راست است. بنابراین میتوان نتیجه گرفت عرض روسازی یکی از پارامترهای مهم ایمنی می باشد.