

جمهوری اسلامی ایران  
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

# دستورالعمل طرح، اجرا و نگهداری آسفالت متخلخل

نشریه شماره ۱-۳۸۴

وزارت راه و شهرسازی  
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی  
bhrc.ac.ir

معاونت فنی و توسعه امور زیربنایی  
امور نظام فنی و اجرایی  
nezamfanni.ir

شماره:	۹۴/۵۱۱۷۱
تاریخ:	۱۳۹۴/۰۴/۰۶

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران

موضوع: دستورالعمل طرح، اجرا و نگهداری آسفالت متخلخل

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و مواد (۶) و (۷) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی- مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویب‌نامه شماره ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست ضابطه شماره ۱-۳۸۴ امور نظام فنی و اجرایی، با عنوان «دستورالعمل طرح، اجرا و نگهداری آسفالت متخلخل» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

رعایت مفاد این ضابطه در صورت نداشتن ضوابط بهتر، از تاریخ ۱۳۹۴/۰۷/۰۱ الزامی است.

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

محمد باقر نوبخت

## پیشگفتار

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

بنا بر مفاد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور موظف به تهیه و ابلاغ ضوابط، مشخصات فنی، آیین‌نامه‌ها و استانداردهای اجرایی مورد نیاز طرح‌های عمرانی کشور می‌باشد. با توجه به تنوع و گستردگی طرح‌های عمرانی، طی سالهای اخیر سعی شده است در تهیه و تدوین این گونه مدارک علمی از مراکز تحقیقاتی و توان فنی دستگاه‌های اجرایی ذیربط استفاده شود. از این رو ضوابط فنی مربوط به طرح، اجرا و نگهداری آسفالت متخلخل در دو جلد با عنوان‌های «دستورالعمل طرح، اجرا و نگهداری آسفالت متخلخل (ضابطه شماره ۱-۳۸۴)» و «مستندات و مبانی فنی دستورالعمل طرح، اجرا و نگهداری آسفالت متخلخل (ضابطه شماره ۲-۳۸۴)» با همکاری پژوهشکده حمل و نقل وزارت راه و ترابری (وقت) و مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی و بهره‌مندی از توان علمی و تخصصی جمعی از کارشناسان باتجربه کشور تهیه شده است.

علیرغم تلاش، دقت و وقت زیادی که برای تهیه این مجموعه صرف گردیده، معهذ این مجموعه مصون از وجود اشکال و ابهام در مطالب آن نیست. لذا در راستای تکمیل و پربار شدن این آیین‌نامه از کارشناسان محترم درخواست می‌شود موارد اصلاحی را به امور نظام فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ارسال کنند. کارشناسان سازمان پیشنهادات دریافت شده را بررسی کرده و در صورت نیاز به اصلاح در متن ضابطه، با همفکری نمایندگان جامعه فنی کشور و کارشناسان مجرب این حوزه، نسبت به تهیه متن اصلاحی، اقدام و از طریق سایت اینترنتی معاونت برای بهره‌برداری عموم اعلام خواهند کرد. به همین منظور و برای تسهیل در پیدا کردن آخرین ضوابط ابلاغی معتبر، در سمت میانی بالای صفحات نشریه، تاریخ تدوین مطالب آن صفحه درج شده است که در صورت هرگونه تغییر در مطالب هر یک از صفحات، تاریخ به روزرسانی آن نیز اصلاح خواهد شد. از این‌رو همواره مطالب صفحات دارای تاریخ جدیدتر معتبر خواهد بود.

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

**معاون فنی و توسعه امور زیربنایی**

**تابستان ۱۳۹۴**

## اعضای تهیه و کنترل

نشریه شماره ۱-۳۸۴ با عنوان "دستورالعمل طرح، اجرا و نگهداری آسفالت متخلخل"

### اعضای گروه تدوین

کوروش جایرود	کارشناس ارشد راه و ترابری	مهندسین مشاور فرا رهساز فن
علیرضا خاوندی	دکترای راه و ترابری	دانشگاه زنجان و مهندسین مشاور فرا رهساز فن

### اعضای گروه نظارت:

حیدر مطاعی	کارشناس عمران	سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای
محسن ابوطالبی	دکترای راه و ترابری	دانشگاه اراک

### اعضای گروه هدایت و راهبری پروژه:

احمد منصوریان	دکترای راه و ترابری	پژوهشکده حمل و نقل
آرمین جراحی	کارشناس ارشد راه و ترابری	پژوهشکده حمل و نقل
علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی	سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
طاهر فتح الهی	رئیس گروه امور نظام فنی	سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

## خواننده گرامی

امور نظام فنی و اجرایی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه کرده و آن را برای استفاده به جامعه‌ی مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده‌ی گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هر گونه ایراد و اشکال فنی، مراتب را بصورت زیر گزارش فرمایید:

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

۲- ایراد مورد نظر را بصورت خلاصه بیان دارید.

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

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این امور، نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

**نشانی برای مکاتبه:** تهران، میدان بهارستان، خیابان دانشسرا، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی و کشور، امور نظام فنی و اجرایی - مرکز تلفن ۳۳۲۷۱  
Email: [tsb.dta@mporg.ir](mailto:tsb.dta@mporg.ir) web: [nezamfanni.ir](http://nezamfanni.ir)

## فهرست عناوین

عنوان..... صفحه

### فصل اول: کلیات و تعاریف

- ۱-۱- مقدمه..... ۳
- ۲-۱- اهداف..... ۳
- ۳-۱- کاربرد آسفالت متخلخل..... ۳
- ۴-۱- مزایای آسفالت متخلخل..... ۴
- ۵-۱- معایب آسفالت متخلخل..... ۵
- ۶-۱- تعاریف..... ۶

### فصل دوم: حدود دانه‌بندی، مشخصات مصالح سنگی، قیر، فیلر و افزودنی‌ها

- ۱-۲- دانه‌بندی آسفالت متخلخل..... ۱۱
- ۲-۲- مشخصات مصالح سنگی..... ۱۲
- ۳-۲- مشخصات قیرهای مورد استفاده در آسفالت متخلخل..... ۱۲
- ۱-۳-۲- قیر خالص..... ۱۴
- ۲-۳-۲- قیر پلیمری..... ۱۴
- ۴-۲- انواع افزودنی در آسفالت متخلخل و خصوصیات آنها..... ۱۷
- ۱-۴-۲- الیاف..... ۱۷
- ۲-۴-۲- آهک..... ۲۰
- ۵-۲- انتخاب قیر مناسب..... ۲۰

### فصل سوم: طرح اختلاط آسفالت متخلخل

- ۱-۳- انتخاب مصالح..... ۲۶
- ۲-۳- انتخاب دانه‌بندی طرح..... ۲۷
- ۳-۳- تعیین درصد قیر و ارزیابی مخلوط..... ۲۷
- ۴-۳- معیارهای انتخاب قیر بهینه..... ۳۱

### فصل چهارم: اجرای آسفالت متخلخل

- ۱-۴- نحوه آماده‌سازی سطح زیرین آسفالت متخلخل..... ۳۵
- ۲-۴- نحوه تولید آسفالت متخلخل..... ۳۷
- ۳-۴- پخش مخلوط آسفالتی متخلخل و ضخامت آن..... ۳۸
- ۴-۴- تراکم آسفالت متخلخل..... ۴۱

۴-۵- خط کشی راه ..... ۴۲

۴-۶- آزمایش‌های کنترل کیفیت هنگام اجرا و بعد از اجرای آسفالت متخلخل ..... ۴۲

۴-۶-۱- آزمایش نفوذپذیری ..... ۴۲

۴-۶-۲- آزمایش تعیین میزان صوت ..... ۴۲

### فصل پنجم: نگهداری آسفالت متخلخل

۵-۱- نگهداری دوره‌ای ..... ۴۷

۵-۲- نگهداری زمستانی ..... ۴۹

۵-۲-۱- راهکاری ویژه برای عملیات نگهداری زمستانی آسفالت متخلخل ..... ۵۰

۵-۳- نگهداری پیشگیرانه ..... ۵۱

۵-۴- نگهداری اصلاحی ..... ۵۱

۵-۵- ترمیم ..... ۵۲

مراجع ..... ۵۲

پیوست ۱: دستورالعمل انجام آزمایش‌ها ..... ۵۷

پیوست ۲: چک لیست‌های لازم برای طرح اختلاط آسفالت متخلخل ..... ۶۷



## فهرست شکل‌ها

عنوان.....	صفحه.....
شکل ۳-۱- نمودار طرح اختلاط مخلوط آسفالتی متخلخل.....	۳۰.....
شکل ۴-۱- آسفالت ضخیم دو لایه‌ای با حفره‌ها و دانه‌های ریز در لایه بالایی و حفره‌ها و دانه‌های درشت در لایه پایین.....	۴۰.....
شکل ۴-۲- سیستم زهکشی در آسفالت متخلخل.....	۴۰.....
شکل پ ۱-۱- نمای دستگاه نفوذسنج میدانی NCAT.....	۶۳.....
شکل پ ۱-۲- نفوذسنج میدانی AIP.....	۶۴.....

## فهرست جداول

عنوان.....	صفحه.....
جدول ۱-۲- حدود دانه‌بندی آسفالت متخلخل.....	۱۱
جدول ۲-۲- مشخصات مصالح سنگی مصرفی در مخلوط‌های آسفالت متخلخل.....	۱۳
جدول ۳-۲- خصوصیات فیزیکی مورد نیاز برای قیر اصلاح شده با SBS.....	۱۵
جدول ۴-۲- خصوصیات فیزیکی مورد نیاز برای قیر اصلاح شده با SBR.....	۱۶
جدول ۵-۲- خصوصیات فیزیکی مورد نیاز برای قیر اصلاح شده با EVA.....	۱۶
جدول ۶-۲- مشخصات الیاف مختلف مورد استفاده در آسفالت.....	۱۸
جدول ۷-۲- مشخصات الیاف سلولزی.....	۱۹
جدول ۸-۲- مشخصات الیاف معدنی.....	۱۹
جدول ۱-۳- مشخصات فیزیکی و مقاومتی مخلوط آسفالت متخلخل.....	۲۹
جدول ۱-۵- مقایسه بین تعداد دفعات تمیز کردن مخلوط‌های آسفالتی متخلخل.....	۴۸
جدول (پ ۱-۲)- راهنمای انتخاب قیر پیشنهادی.....	۶۹
جدول پ ۲-۲- مشخصات فنی قیر مورد استفاده.....	۷۰
جدول پ ۳-۲- چک لیست مشخصات الیاف سلولزی.....	۷۱
جدول پ ۴-۲- چک لیست مشخصات الیاف معدنی.....	۷۱
جدول (پ ۵-۲)- خصوصیات مورد نیاز مصالح سنگی.....	۷۲
جدول پ ۶-۲- حدود دانه‌بندی آسفالت متخلخل.....	۷۳
جدول پ ۷-۲- چک لیست مشخصات مخلوط آسفالتی متخلخل.....	۷۳

# فصل ۱

---

---

کلیات و تعاریف



## ۱- کلیات و تعاریف

### ۱-۱- مقدمه

آسفالت متخلخل، دارای دانه‌بندی باز می‌باشد، که مقدار مصالح ریزدانه و فیلر در آن کم می‌باشد. مهم‌ترین ویژگی مخلوط آسفالت متخلخل، داشتن میزان فضای خالی زیاد (بالای ۲۰ درصد) می‌باشد.

### ۱-۲- اهداف

استفاده از آسفالت متخلخل در برخی مناطق با اهداف خاص طراحی و اجرا می‌گردد. مهم‌ترین این اهداف زهکشی مناسب در شرایط بارندگی زیاد می‌باشد، که استفاده از آسفالت متخلخل، باعث افزایش مقاومت لغزشی و همچنین افزایش فاصله دید می‌گردد. بنابراین استفاده از این نوع مخلوط در شرایط جوی بارندگی منجر به افزایش ایمنی می‌گردد.

جذب سر و صدا از خصوصیات دیگری است، که دلیل درصد فضاهای خالی زیاد در لایه آسفالت متخلخل ایجاد می‌شود.

### ۱-۳- دامنه کاربرد آسفالت متخلخل

از آسفالت متخلخل بعنوان قشر رویه در مناطق پر باران معتدل و گرمسیر و راههای با آمدوشد زیاد (آزاد راهها، بزرگراهها و محوطه فرودگاه) برای بهبود ایمنی تردد و کاهش آلودگی صوتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

#### کاربردهای خاص آن به موارد زیر می‌توان اشاره نمود:

- در نقاط گود نیمرخ طولی راهها در مناطق تپه ماهوری و در محل‌های جمع شدن آب
- در تونل‌هایی که سطح آب زیر زمینی بالاتر از کف تونل واقع شده است و تراوش آب از کف تونل موجب خرابی لایه آسفالتی و جمع شدن آب در تونل می‌گردد.

#### کاربرد آسفالت متخلخل در موارد زیر توصیه نمی‌شود:

- در راههای پر ترافیک با ترافیک راهبندان (مناطق شهری)
- در راههای با سرعت تردد کم (کمتر از ۵۰ کیلومتر)
- در راههای کم ترافیک

- در راههای نزدیک مزارع که امکان پر شدن منافذ با گل و لای وجود دارد، که در این موارد باید تمهیدات خاصی از جمله شستشوی وسایل نقلیه قبل از ورود به سطح راه اتخاذ گردد.
- در جاهایی که امکان توقف و ترمز کردن وجود دارد (در تقاطعات و شبیه‌های طولی تند)

#### ۱-۴- مزایای آسفالت متخلخل

آسفالت متخلخل در مقایسه با آسفالت گرم متداول دارای مزایای متعددی است. برخی از مهم‌ترین مزایای استفاده از لایه آسفالت متخلخل در ادامه بیان می‌گردد:

##### - کاهش مقاومت لغزشی و پدیده آب لغزی

هنگام بارندگی در راه‌های با آسفالت معمولی مقاومت لغزشی سطح راه‌ها کاهش می‌یابد. هنگام رانندگی با سرعت زیاد، مقاومت لغزشی سطح راه‌ها بسیار کاهش یافته و باعث سرخوردن روی سطح راه (آب لغزی) می‌گردد. استفاده از آسفالت متخلخل می‌تواند در هر شرایطی مانع کاهش مقاومت لغزشی گردد.

##### - کاهش پدیده پاشش در سطح جاده در هوای بارانی

چرخ‌های خودروی در حال حرکت، آب موجود در چاله‌های کوچک سطح راه را به بیرون پاشیده و علاوه بر این، چرخ‌ها آب موجود در سطح راه را به صورت باران ریز یا پودر به سمت عقب می‌پاشد. قطرات کوچک آب، همانند باران و یا مه، قابلیت دید محیط را کاهش می‌دهند. این مقدار کاهش دید، معمولاً به مراتب شدیدتر از کاهش دید در مه واقعی است.

##### - کاهش انعکاس نور در بارندگی از سطح جاده

وقتی سطح راه مرطوب است، معمولاً شبیه به آینه عمل می‌کند. در آسفالت معمولی هنگامی که سطح راه مرطوب باشد، سبب به وجود آمدن سطح آینه‌ای می‌شود. در صورتی که آسفالت متخلخل حتی زمانی که مرطوب است به میزان قابل توجهی موجب پخش نور می‌شود.

علاوه بر این، تمام خصوصیات سطح راه‌ها تحت تأثیر نور منعکس شده ناپدید می‌شوند. بویژه علائم راه‌ها غیرقابل مشاهده می‌گردند. مشابه این تأثیر، شب هنگام و در زیر روشنایی معابر احساس می‌شود.

در راه‌های فاقد روشنایی که دید در شب توسط منعکس‌کننده‌های نور تأمین می‌شود، تأثیر آب هم بسیار شدید است. به عبارت دیگر، لایه آب مانع از ورود نور چراغ‌های جلویی اتومبیل در انعکاس‌دهنده‌های نور می‌شود. آسفالت متخلخل میزان آب موجود بر روی راه را کاهش داده و دید در سطح جاده بهبود می‌یابد.

#### - کاهش سر و صدا

به طور متوسط، میزان سر و صدای ناشی از تردد بر روی آسفالت متخلخل حدود ۳ دسی‌بل پایین‌تر از میزان سروصدای تولید شده در آسفالت معمولی است.

هنگامی که مناطق مسکونی یا تفریحی در نزدیکی مسیر عبور وسایل نقلیه یا راه‌های شلوغ و پر رفت و آمد قرار می‌گیرند، خصوصیات کاهش سروصدا اهمیت بسیاری پیدا می‌کند.

#### ۱-۵- معایب آسفالت متخلخل

آسفالت متخلخل نسبت به آسفالت سنتی دارای برخی معایب می‌باشد که در ادامه مهم‌ترین آنها بیان می‌گردد:

##### - افزایش هزینه تولید

معمولاً هزینه تولید مخلوط آسفالت متخلخل بیشتر از هزینه تولید مخلوط آسفالتی متداول می‌باشد.

##### - افزایش هزینه نگهداری

با توجه به ساختار با دانه‌بندی باز مخلوط آسفالت متخلخل و همچنین وظایف عملکردی مورد انتظار این مخلوط‌ها، نگهداری مخلوط آسفالت متخلخل دارای اهمیت زیادی می‌باشد. بنابراین هزینه نگهداری روسازی‌های با آسفالت متخلخل یکی از معایب این نوع روسازی می‌باشد.

##### - کاهش طول عمر بهره‌برداری

با توجه به ساختار این نوع روسازی، برخی از خرابی‌ها سریع‌تر نسبت به روسازی با آسفالت متداول اتفاق می‌افتند.

## ۱-۶- تعاریف

### - آسفالت متخلخل

آسفالت متخلخل مخلوطی با دانه‌بندی باز است که شامل مقدار زیاد فضای خالی (معمولاً بیش از ۲۰٪) می‌باشد. این درصد زیاد فضای خالی، شبکه‌ای از مجاری را در جسم مخلوط پدید می‌آورد که هم بمنزله مخزنی برای جذب مقدار زیاد آب، برف و باران و هم بعنوان لایه زهکشی برای تخلیه آب به سمت شانه‌های راه، عمل می‌کند.

### - بستر روسازی

سطح تمام شده عملیات خاکی راه می‌باشد که لایه‌های روسازی روی آن قرار می‌گیرند.

### - لایه زیراساس

قشری از مصالح سنگی با مشخصات فنی معین و به ضخامت مشخص می‌باشد که روی بستر روسازی به منظور تحمل بارهای وارده از لایه‌های بالاتر قرار می‌گیرد.

### - لایه اساس

قشری از مصالح سنگی با مشخصات فنی معین و به ضخامت مشخص می‌باشد که روی بستر روسازی یا روی لایه زیراساس به منظور تحمل بارهای وارده از لایه‌های بالاتر روسازی قرار می‌گیرد.

### - لایه آسفالتی

روی لایه‌های زیراساس و اساس، لایه‌های آسفالتی قرار می‌گیرد. در روسازی‌های معمول لایه آسفالتی در دو یا چند لایه اجرا می‌شود که به لایه‌های زیرین، لایه‌های آستر (بیندر) و به لایه رویه، توپکا اطلاق می‌شود.

### - لایه جداکننده (فیلتر)

لایه‌ای که به منظور جداکردن لایه نفوذپذیر با لایه زیر آن به کار می‌رود.



### - زهکشی سطحی<sup>۱</sup>

زهکشی سطحی عملیاتی است که شامل انتقال، هدایت و تخلیه آبهای سطحی ناشی از بارندگی از پوشش نهایی راه و یا آبهای آزاد جاری از زمینهای بالادست و مرتفع پیرامون راه می‌شود.

### - زهکشی سازه‌ای

سیستم زهکشی سازه‌ای شامل مجموعه اقداماتی برای ممانعت از ورود و حذف سریع رطوبت داخل سازه روسازی با روش‌های گوناگون می‌باشد.

### افزودنی<sup>۲</sup>

موادی را گویند که به منظور اصلاح و بهبود مشخصات به مخلوط‌های آسفالتی اضافه می‌شوند.

### - قیر پلیمری

به منظور اصلاح و بهبود رفتار قیر خالص، پلیمرهایی با قیر ترکیب می‌گردد که به آن قیر پلیمری گویند.

### - پر شدگی<sup>۳</sup>

با توجه به عملکرد مورد انتظار از آسفالت متخلخل، میزان فضای خالی آن زیاد است. معمولاً هنگام بهره‌برداری فضای خالی این آسفالت توسط خاک و گل و لای پر می‌گردد و باعث کاهش عمر بهره‌برداری آسفالت متخلخل می‌گردد. به پر شدن فضای خالی، پدیده پرشدگی گویند.

### - پدیده آب لغزی

کاهش قابل ملاحظه مقاومت لغزشی هنگام بارندگی، به‌گونه‌ای که ممکن است مقاومت لغزشی به صفر نزدیک شده و در نتیجه هدایت خودرو و ترمز کردن، کاملاً غیرممکن گردد. این پدیده که در آن مقاومت لغزشی بسیار پایین می‌شود، آب لغزی<sup>۴</sup> نیز نامیده می‌شود. به عبارت دیگر لایه‌ای از آب بین لاستیک خودرو و سطح راه تشکیل شده و تماس بین آنها را از بین می‌برد. پدیده آب لغزی در باندهای پرواز فرودگاه‌ها نیز اتفاق می‌افتد.

---

1- rainageD aceSurf

1-Additive

2-Cologging

3-Aquaplaning

### - پدیده پاشش در سطح جاده

پاشیده شدن آب موجود در سطح راه به بیرون در اثر حرکت چرخ‌های خودرو را پاشش در سطح راه گویند. این پدیده به گونه‌ای که آب موجود در سطح راه را به صورت باران ریز یا پودر به سمت عقب می‌پاشد، که منجر به کاهش دید، تیره کردن و کثیف نمودن شیشه‌های جلوی خودروها می‌گردد. در بیشتر موارد، به ویژه زمانی که روی راه‌های پوشیده شده از برف، نمک پاشیده می‌شود، برف‌پاکن‌های خودروها کارایی لازم را ندارند.

### - جاری شدگی قیر<sup>۱</sup>

یکی از مهم‌ترین مشکلات مخلوط آسفالتی متخلخل، جاری شدن قیر (ریزش قیر) از مصالح سنگی می‌باشد. در این حالت، علاوه بر قیر، ممکن است ترکیبی از قیر، افزودنی‌ها و مصالح ریزدانه نیز جریان یابد.

### - مصالح سنگی درشت‌دانه

مصالح درشت‌دانه شامل مصالح باقیمانده روی الک شماره ۴ می‌باشد.

### - مصالح سنگی ریزدانه

مصالح ریزدانه شامل مصالح عبوری از الک شماره ۴ می‌باشد.

### - فیلر

فیلر مصالح عبوری از الک شماره ۳۰ می‌باشد.

### - دانه‌بندی توپر

دانه‌بندی که در آن مقدار عبوری از الک ۲ mm بیشتر از ۲۵٪ بوده و فضای خالی آن کمتر از ۵٪ است.

### - دانه‌بندی باز

دانه‌بندی است که در آن مقدار عبوری از الک ۲ mm کمتر از ۱۵٪ و فضای خالی آن بیشتر از ۱۰٪ است.

# فصل ۲

---

---

حدود دانه بندی، مشخصات مصالح سنگی، قیر، فیلر و

افزودنی‌ها



## ۲-۱- دانه‌بندی آسفالت متخلخل

دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی در این مخلوط‌ها باید بگونه‌ای باشد که مصالح سنگی درشت‌دانه که اسکلت اصلی این مخلوط‌ها را تشکیل می‌دهند، امکان تماس سنگدانه را ایجاد نماید. مقدار ریزدانه مخلوط‌های آسفالت متخلخل باید به اندازه‌ای باشد که فضای بین مصالح سنگی درشت‌دانه را بگونه‌ای پر نماید که تأثیری در تماس سنگدانه با سنگدانه نداشته باشد.

آسفالت متخلخل دارای دانه‌بندی باز ۱ و یا گسسته ۲ است که شامل مقدار زیادی از مصالح سنگی شکسته با اندازه یکسان ۳ و همچنین دارای مقدار زیاد فضای خالی (معمولاً بیش از ۲۰٪) می‌باشد.

دانه‌بندی‌های ارایه شده در جدول (۱) برای مخلوط آسفالتی متخلخل، توصیه می‌گردند. در دانه‌بندی‌های این جدول، میزان عبوری از الک ۴ (# ۴/۷۵ میلی‌متر) باید به میزانی باشد تا امکان تماس سنگدانه به سنگدانه در مخلوط آسفالت متخلخل وجود داشته باشد.

جدول ۲-۱- حدود دانه‌بندی آسفالت متخلخل

حدود رواداری	درصد وزنی عبوری از هر الک			شماره دانه‌بندی اندازه الک (mm)
	۳	۲	۱	
	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۹
± ۶	۷۵-۱۰۰	۷۰-۱۰۰	۸۵-۱۰۰	۱۲/۵
± ۶	۶۰-۹۰	۳۸-۶۲	۵۵-۷۵	۹/۵
± ۵	۳۲-۵۰	۱۳-۲۷	۱۰-۲۵	۴/۷۵ (# ۴)
± ۴	۱۰-۱۸	۹-۲۰	۵-۱۰	۲/۳۶ (# ۸)
± ۲	۳-۶	۳-۶	۲-۴	۰/۰۷۵ (# ۲۰۰)

- 1 - Open Graded
- 2 - Gap Graded
- 3 - Single Sized Crushed Stone

## ۲-۲- مشخصات مصالح سنگی

مصالح سنگی آسفالت متخلخل، مخلوطی از سنگدانه‌های درشت‌دانه، ریزدانه و فیلر می‌باشد که دارای دانه‌بندی باز یا میان تهی بوده و مصالح سنگی درشت‌دانه (بالای الک #۴) میزان زیادی از ترکیب مصالح سنگی (تقریباً بیش از ۷۰ درصد سنگدانه‌ها) را تشکیل می‌دهند. مصالح سنگی درشت‌دانه، اسکلت و استخوان‌بندی اصلی مخلوط‌های آسفالتی با استخوان‌بندی سنگدانه‌ای را تشکیل می‌دهند و عامل اصلی پایداری مقاومت باربری زیاد و مقاومت در برابر شیارافتادگی این مخلوط‌ها است.

مصالح سنگی، بدلیل تماس مستقیم بین دانه‌های درشت، باید دارای مقاومت کافی در برابر صیقل شدگی و سایش و دارای درصد شکستگی زیاد باشند. بنابراین این مصالح سنگی باید از استحکام، سختی و دوام کافی برخوردار باشند. مصالح سنگی درشت باید از شکستن و خرد کردن مصالح کوهی یا مصالح سنگی خرد شده یا ترکیبی از این دو و یا دیگر مصالح که داری مشخصات مشابه هستند، تشکیل شده باشد. بطور کلی مصالح سنگی درشت و ریز مصرفی در آسفالت متخلخل باید سخت، محکم، بادوام، تمیز و مکعبی شکل و صد درصد شکسته و با خصوصیات کیفی یکنواخت بوده و عاری از هر گونه ذرات رس و لای و شیستی و پوشش خاکی باشد. این مصالح باید با مشخصات جدول (۲)، انطباق داشته باشد.

## ۲-۳- مشخصات قیرهای مورد استفاده در آسفالت متخلخل

آسفالت متخلخل دارای ساختار باز بوده و در نتیجه در این مخلوط، قیر زودتر اکسیده شده و حالت شکنندگی می‌یابد. قیرهای با درجه نفوذ کمتر، زودتر به حالت اکسیدشدگی می‌رسند. از طرف دیگر، آسفالت متخلخل ساخته شده با قیرهای با درجه نفوذ بیش از ۲۰۰ (قیرهای نرم‌تر)، قیر چسبندگی لازم برای مصالح سنگی را تأمین نمی‌نماید و در نتیجه مقاومت کمتری در برابر تغییر شکل دارد. به منظور تأخیر در اکسیداسیون قیر در آسفالت متخلخل مقدار قیر بیشتری نسبت به آسفالت معمولی به کار می‌رود. مقدار دقیق قیر در مراحل طرح اختلاط تعیین می‌گردد.

همچنین یک مقدار حداکثری قیر خالص وجود دارد که هر جز مصالح سنگی مخلوط را بدون جاری شدن قیر نگهداری خواهد نمود. جاری شدن قیر به علت این واقعیت است که قیر یک حد جاری شدن دارد به طوری که تحت تأثیر وزن خود و روی مصالح سنگی جریان می‌یابد و تنها یک فیلم نازک قیر روی مصالح سنگی بوسیله نیروهای فیزیکی

- شیمیایی باقی می‌ماند. در نتیجه افزایش مقدار قیر بیشتر از حداکثر مقدار معمول، باعث جاری شدن قیر می‌گردد، در این حالت با استفاده از قیرهای اصلاح شده یا الیاف باید این مشکل را برطرف نمود.

به دلیل وجود دانه‌بندی باز در مخلوط آسفالت متخلخل، توصیه می‌شود از قیرهای خالص به همراه افزودنی‌ها مانند الیاف و یا به منظور پایداری بیشتر به طور هم‌زمان از قیرهای پلیمری و الیاف استفاده شود.

جدول ۲-۲- مشخصات مصالح سنگی مصرفی در مخلوط‌های آسفالت متخلخل

روش آزمایش		مشخصات	مشخصه یا آزمایش	
ASTM	آشتو			
C 131	T 96	حداکثر ۲۰٪	آزمایش سایش لوس آنجلس	الف) مصالح سنگی درشت‌دانه
C 88	T 104	حداکثر ۱۵٪	درصد افت وزنی با سولفات سدیم در پنج سیکل	
C 88	T 104	حداکثر ۲۵٪	درصد افت وزنی با سولفات منیزیم در پنج سیکل	
D 4791		(نسبت ۵:۱) $\leq 5$ (نسبت ۳:۱) $\leq 20$	حداکثر تطویل و تورق (سنگدانه‌های پهن و دراز)	
		حداقل ۵۰	شاخص صیقل شدن مصالح سنگی، PSV (BS812 : part 114)	
C 127	T 85	حداکثر ۲	درصد جذب آب	
D 5821		۱۰۰٪ حداقل ۹۰٪	درصد شکستگی در یک جبهه در دو جبهه و بیشتر*	
C 88	T 104	۱۰۰٪ ۱۵٪ ۵۰٪	درصد شکستگی حداکثر افت وزنی با سولفات منیزیم حداقل ارزش ماسه‌ای	ب) مصالح سنگی ریزدانه**
	M17 M303	حداقل ۱٪	فیلر معدنی آهک هیدراته	ج) فیلر

\* برای ADT بیشتر از ۸۰۰ وسیله نقلیه توصیه می‌گردد، درصد شکستگی در دو جبهه ۱۰۰ درصد باشد.

\*\* شاخص خمیری آن بخشی از مصالح ریزدانه که از الک نمره ۴۰ می‌گذرند بر اساس آنچه که در استاندارد AASHTO T90 آمده است، نباید بیش از ۶ باشد.

### ۲-۳-۱- قیر خالص

در مخلوط آسفالتی متخلخل از قیر خالص ۶۰-۷۰ و ۸۵-۱۰۰ می‌توان فقط برای راه‌های با ترافیک کم و متوسط ( $ADT \leq 2000$ )، استفاده نمود. باید توجه نمود در راه‌های با ترافیک زیاد، قیر خالص تنها به صورت اصلاح شده یا با افزودنی استفاده گردد.

### ۲-۳-۲- قیر پلیمری

#### - پلیمر SBS

پلیمر SBS (استایرن- بوتادین-استایرن)، پلیمری از خانواده ترموپلاستیک الاستومرها می‌باشد. به بیان دیگر SBS دو خاصیت لاستیکی و ترموپلاستیکی را به طور همزمان دارا می‌باشد.

زمانی که قیر اصلاح شده با SBS، در لایه آسفالتی به کار رود این قیر می‌تواند خصوصیات زیر را بهبود دهد:

- چسبندگی دانه‌ها.
- نگهداری دانه‌ها (اولیه و بلند مدت).
- مقاومت خستگی و انعطاف‌پذیری در دمای پایین.
- مقاومت در برابر تغییر شکل‌های ثابت.
- مقاومت در برابر قیرزدگی.

استفاده از افزودنی SBS در مخلوط آسفالت متخلخل، باعث از دست‌دادگی کمتر مصالح نسبت به افزودنی‌های دیگر از

جمله SBR، EVA و فیبر سلولز می‌گردد.

مشخصات مورد نیاز برای این نوع اصلاح کننده قیری باید مطابق با ASTM D ۵۹۷۶ باشد. مهم‌ترین خصوصیات

مورد نیاز برای قیرهای پلیمری اصلاح شده با SBS در جدول (۳) آورده شده است.



جدول ۲-۳- خصوصیات فیزیکی مورد نیاز برای قیر اصلاح شده با SBS

I-D		I-C		I-B		I-A		نوع قیر مشخصه
حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل ل	
۷۵	۴۰	۷۵	۵۰	۱۰۰	۷۵	۱۵۰	۱۰۰	درجه نفوذ
۵۰۰۰		۲۰۰۰		۲۰۰۰		۲۰۰۰		ویسکوزیته (در ۱۳۵ درجه سانتی‌گراد، سانتی استوکس)
	۲۳۲		۲۳۲		۲۳۲		۲۳۲	نقطه اشتعال (C)
۲/۲		۲/۲		۲/۲		۲/۲		اختلاف نقطه نرمی بالا و پایین <sup>۱</sup> (C)

### - پلیمر SBR<sup>۲</sup>

پلیمر SBR، یک پلیمر الاستومریک می‌باشد که به شکل لاتکس به قیر و به صورت برهم‌زدن افزوده می‌شود. در خدمت‌دهی با دمای بالا (۵۰ تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد) رفتار قیر اصلاح شده با پلیمر SBR، بوسیله افزایش ویسکوزیته و نرخ برشی ارتقا می‌یابد. همچنین با افزایش سختی، عملکرد قیر تحت بارهای با زمان ماندگاری بیشتر (فرکانس کمتر) بهبود می‌یابد. این ارتقای عملکرد به منظور مقاومت نرمی مخلوط و جلوگیری از شیارشدگی با اهمیت می‌باشد.

در خدمت‌دهی راه در دماهای پایین (زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد)، وجود الاستومر خصوصیات الاستیک قیر را بدون افزایش سختی بهبود می‌بخشد، در مقابل آنچه که برای قیر خالص با درجه نفوذ پایین اتفاق می‌افتد. اصلاح قیر با SBR، ممکن است منجر به ارتقای عمر خستگی مخلوط آسفالتی به دلیل کاهش ترک‌های ناشی از خستگی شود. قیر پلیمری ساخته شده با SBR، باید مطابق استاندارد ASTM D۵۸۴۰ مورد استفاده قرار گیرد (جدول (۴)).

### - پلیمر EVA<sup>۳</sup>

کوپلیمرهای استات اتیلن و استات وینیل با قیر سازگار می‌باشند و از طریق جرم مولکولی یا شاخص جریان خوب‌شدگی می‌توانند انواع مختلف قیر را اصلاح نمایند.

1-Separation Differen

2- Styrene Butadiene Rubber

3- Ethylene Vinyl Acetate

کوپلیمرهای EVA، به منظور ارتقای کارایی و مقاومت در برابر شیارشدگی مخلوط آسفالتی گرم، مورد توجه می‌باشند.

قیر پلیمری ساخته شده با EVA، باید مطابق استاندارد ASTM D۵۸۴۱ مورد استفاده قرار گیرد (جدول (۵)).

جدول ۲-۴- خصوصیات فیزیکی مورد نیاز برای قیر اصلاح شده با SBR

II-D		II-C		II-B		II-A		نوع قیر مشخصه
حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل ل	
	۸۰		۸۵		۷۰		۱۰۰	درجه نفوذ
	۳۰۰		۳۰۰		۳۰۰		۳۰۰	ویسکوزیته (در ۱۳۵ درجه سانتی‌گراد، سانتی استوکس)
	۴۵۰		۴۵۰		۴۵۰		۴۵۰	نقطه اشتعال (C)
	۲۵		۲۵		۵۰		۵۰	شکل پذیری (mC)
	۱۱۰		۷۵		۱۱۰		۷۵	زبری (mN-m)

جدول ۲-۵- خصوصیات فیزیکی مورد نیاز برای قیر اصلاح شده با EVA

III-D		III-D		III-C		III-B		III-A		نوع قیر مشخصه
حداکثر ر	حداقل	حداکثر ر	حداقل	حداکثر ر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	
۱۵۰	۳۰	۱۵۰	۳۰	۱۵۰	۳۰	۱۵۰	۳۰	۱۵۰	۳۰	درجه نفوذ
۱۵۰۰	۱۵۰	۱۵۰۰	۱۵۰	۱۵۰۰	۱۵۰	۱۵۰۰	۱۵۰	۱۵۰۰	۱۵۰	ویسکوزیته (در ۱۳۵ درجه سانتی‌گراد، سانتی استوکس)
	۲۱۸		۲۱۸		۲۱۸		۲۱۸		۲۱۸	نقطه اشتعال (C)
	۶۳		۶۰		۵۷		۵۴		۵۲	نقطه نرمی (C)
			۱۱۰		۷۵		۱۱۰		۷۵	زبری (mN-m)

## ۲-۴- انواع افزودنی در آسفالت متخلخل و خصوصیات آنها

### ۲-۴-۱- الیاف<sup>۱</sup>

الیاف به مخلوط آسفالتی اضافه می‌شود و تأثیری بر خصوصیات رئولوژیکی قیر ندارد. بنابراین، الیاف بعنوان نوعی افزودنی معرفی می‌گردد که اصلاح کننده قیر نمی‌باشد.

جاری شدن قیر از مخلوط در مراحل حمل و پخش بعنوان یک مشکل برای مخلوط‌های آسفالتی متخلخل مطرح است. همچنین وجود هوا و نور در داخل مخلوط آسفالتی متخلخل باعث بوجود آمدن مسأله پیرشدگی می‌گردد. روش رفع این مشکل، افزایش میزان قیر به منظور ایجاد پوشش ضخیم دور مصالح است. افزایش میزان قیر در مخلوط آسفالت متخلخل بدلیل جاری شدن قیر، کم شدن درصد فضای خالی و همچنین از دست رفتن پایداری مخلوط دارای محدودیت می‌باشد، از طرف دیگر افزایش میزان قیر بیش از یک حد معین باعث ایجاد مشکلاتی هنگام اجرا به دلیل عدم یکنواختی لایه آسفالتی متخلخل می‌گردد. به منظور تثبیت ماده قیری از الیاف‌های معدنی و غیرمعدنی (آلی) استفاده می‌شود.

الیاف معدنی و آلی به منظور افزایش مقدار قیر آسفالت متخلخل (افزایش ضخامت فیلم قیری) کاربرد دارند. هر دو نوع الیاف در افزایش مقدار قیر آسفالت متخلخل مؤثرند، ولی معمولاً دوام آسفالت متخلخل ساخته شده با الیاف معدنی بهتر از آسفالت متخلخل ساخته شده با الیاف آلی می‌باشد.

از مزیت‌های کاربرد افزودنی‌های الیافی در مخلوط‌های آسفالتی امکان بازیافت بهتر مخلوط آسفالتی نسبت به حالت کاربرد قیرهای اصلاح شده می‌باشد.

مقدار مصرف الیاف از نتایج ناشی از آزمایش‌های مقاومت ماده چسباننده در مقابل روان شدن و با روش‌های گوناگونی از جمله روش سبد زهکشی (M.E.Daines)، روش اشلنبرگ، روش NCAT و روش آشتو T ۳۰۵ مشخص می‌شود. جدول (۶) مشخصه‌های اصلی الیاف‌های رایج مورد استفاده را نشان می‌دهد.

جدول ۲-۶- مشخصات الیاف مختلف مورد استفاده در آسفالت

مشخصات نوع	قطر (میکرون)	طول (mm)	دانسیته (gr/ml)
chrysolite	۰/۱-۱	۰/۵-۱	۲/۷
Rock wool (پشم کوهی)	۳/۷	۰/۲-۰/۸	۲/۷
glass wool (پشم شیشه)	۵-۶	۰/۲-۱	۲/۵
سلولز	۲۰-۴۰	۰/۹-۱/۵	۰/۹

### - الیاف سلولزی<sup>۲</sup>

افزودن فیبر سلولز در میزان قیر کم، تأثیری در دوام مخلوط آسفالتی متخلخل و نتایج آزمایش سایش (کانتابرو) ندارد و یا حتی دارای نتایج عکس می‌باشد و دوام آن کاسته می‌شود. اما در میزان قیر زیاد، الیاف سلولز دارای تأثیر قابل ملاحظه‌ای در دوام مخلوط آسفالتی متخلخل می‌باشد. همچنین افزایش میزان قیر باعث کاهش از دست دادگی مصالح می‌گردد.

میزان مصرف سلولز حدود ۰/۳ تا ۰/۵ درصد وزن کل مصالح توصیه می‌گردد.

### - تعیین نوع مناسب الیاف و مشخصات آن

مهم‌ترین دلیل استفاده از افزودنی الیاف در مخلوط آسفالتی متخلخل، کاهش پدیده جاری شدن قیر در این نوع مخلوط می‌باشد که با کمک الیاف می‌توان میزان قیر مناسب به منظور ایجاد پوشش ضخیم دور مصالح ایجاد نمود، بدون آنکه مشکلات دیگری ایجاد گردد.

از هر دو نوع الیاف آلی و معدنی می‌توان در مخلوط‌های آسفالتی متخلخل استفاده نمود ولی بایستی توسط آزمایش‌های مرتبط خصوصیات مخلوط آسفالتی متخلخل، کنترل گردد.

توصیه می‌گردد میزان مصرف الیاف سلولزی حدود ۰/۳ درصد و میزان مصرف الیاف معدنی نیز حدود ۰/۴ درصد وزن مخلوط آسفالتی باشد.

1- Fiber

2 - Cellulose fiber

اثر تثبیتی افزودنی‌های الیافی تنها به طبیعت مواد بستگی ندارد بلکه به شکل ظاهری الیاف بر حسب طول و قطر نیز بستگی دارد. در جداول (۷) و (۸) مشخصات الیاف سلولزی و معدنی مورد استفاده ارایه شده است. آزمایش‌های مندرج در جداول باید مطابق با آستو MP8 انجام شود.

توضیح: الیاف معدنی مورد استفاده (ساخته شده از بازال، دیاباز) بایستی به منظور پخش یکنواخت و چسبندگی بهتر با قیر با یک ماده کاتیونیک عمل آوری شوند.

جدول ۲-۷- مشخصات الیاف سلولزی

مشخصات	آزمایش
حداکثر ۶ میلیمتر (۰/۲۵ اینچ)	۱- طول الیاف
۶۰-۸۰	۲- دانه‌بندی: روش A: دانه‌بندی به روش Alpine - درصد عبوری از الک نمره ۱۰۰ (۰/۱۵ میلیمتر) روش B: دانه‌بندی به روش الک (Ro-Tap Sieve) - درصد عبوری از الک نمره ۲۰ (۰/۸۵ میلیمتر) - درصد عبوری از الک نمره ۴۰ (۰/۴۲۵ میلیمتر) - درصد عبوری از الک نمره ۱۰۰ (۰/۱۵ میلیمتر)
۸۰-۹۵	
۴۵-۸۵	
۵-۴۰	
۱۸ ± ۵	۳- درصد خاکستر بدون مواد فرار (non volatiles)
۷/۵ ± ۱	۴- PH
۵ ± ۱ برابر وزن الیاف	۵- جذب روغن
حداکثر ۵ درصد وزنی	۶- درصد رطوبت

جدول ۲-۸- مشخصات الیاف معدنی

مشخصات	آزمایش
حداکثر متوسط نتایج آزمایش ۶ میلیمتر (۰/۲۵ اینچ)	۱- طول الیاف
حداکثر متوسط نتایج آزمایش ۰/۰۰۵ میلیمتر (۰/۰۰۰۲ اینچ)	۲- ضخامت
۹۰-۱۰۰	۳- مواد غیر الیافی - درصد عبوری از الک نمره ۶۰ (۰/۲۵ میلیمتر) - درصد عبوری از الک نمره ۴۰ (۰/۰۶۳ میلیمتر)
۶۵-۱۰۰	

## ۲-۴-۲- آهک

با توجه به این که مخلوط آسفالتی متخلخل به طور دایم در معرض آب قرار دارد، پدیده عریان‌شدگی یکی از مهم‌ترین عیوب آن می‌باشد. توصیه می‌شود از آهک در مخلوط آسفالتی متخلخل به عنوان فیلر و به منظور مقابله با پدیده عریان‌شدگی مصالح، کاهش حساسی رطوبتی و عدم پیرشدگی قیر استفاده شود.

توصیه می‌گردد آهک به مقدار ۱ تا ۲ درصد وزنی مخلوط آسفالتی مورد استفاده قرار گیرد.

مشخصات آهک در مخلوط آسفالتی متخلخل باید مطابق استاندارد AASHTO M ۳۰۳ باشد.

## ۲-۵- انتخاب قیر مناسب

نوع و مقدار قیر باید بگونه‌ای انتخاب گردد که تأثیر همه عوامل مؤثر در آسفالت متخلخل از جمله، جاری شدن قیر، شن‌زدگی، عریان‌شدگی، مقاومت فشاری، برشی و خمشی مخلوط آسفالتی، هوازدهی، با توجه به ترافیک و نوع آسفالت متخلخل در سطح مطلوب باشد. از قیر ۶۰-۷۰ می‌توان بدون استفاده از افزودنی استفاده نمود اما ممکن است میزان جاری شدن قیر زیاد شود که بایستی با آزمایش مربوطه کنترل گردد. در هر حال استفاده از قیرهای خالص بدون افزودنی، توصیه نمی‌گردد.

از قیر ۸۵-۱۰۰ به همراه افزودن پلیمرهایی مانند EVA، SBR و الیاف می‌توان استفاده نمود. به منظور جلوگیری از شن‌زدگی و همچنین جاری شدن قیر، مقدار قیر نباید از حدی کمتر و یا بیشتر باشد. در ترافیک کم و متوسط از قیرهای معمولی با افزودن پلیمر یا الیاف می‌توان استفاده نمود، ولی در ترافیک زیاد بایستی از قیرهای با سختی زیاد و با پلیمر و الیاف در سطح مناسب استفاده نمود.

هرچه میزان قیر در مخلوط آسفالتی بیشتر باشد (بیشتر از ۶ درصد)، باید از قیر ۶۰-۷۰ با افزودن الیاف سلولزی استفاده نمود، تا میزان از دست دادن مصالح در سطح مطلوبی قرار گیرد.

بطور کلی توصیه می‌گردد برای تهیه مخلوط‌های آسفالتی متخلخل، برای ترافیک سنگین از قیرپلیمری یا قیر خالص ۶۰-۷۰ به همراه افزودن الیاف و برای ترافیک متوسط از قیر خالص ۶۰-۷۰ و در صورت نیاز با افزودن الیاف استفاده شود.

افزودن آهک هیدراته نیز می‌تواند موجب کاهش جاری شدن قیر گردد که بایستی تأثیر آن توسط کلیه آزمایش‌ها کنترل گردد و در صورت نتایج قابل قبول می‌توان از آن در مخلوط‌های آسفالتی متخلخل استفاده نمود.

# فصل ٣

---

---

طرح اختلاط آسفالت متخلخل





## ۳- مقدمه

در اغلب موارد درصد فضای خالی مورد نیاز در مخلوط آسفالت متخلخل با توجه به میزان زیاد مصالح سنگی درشت‌دانه، حاصل می‌شود. مصالح سنگی ریز، معمولاً پایداری را برای مصالح سنگی درشت تأمین می‌نماید و مقدارشان به منظور افزایش فضای خالی، کم می‌باشد. چسبندگی مناسب بین مصالح سنگی بوسیله یک مقدار بیشتر قیر (فیلم ضخیم قیر اطراف مصالح درشت دانه) حاصل می‌شود. بنابراین راهبرد در طرح اختلاط آسفالت متخلخل باید براساس تأثیر نوع و مقدار قیر برای فراهم نمودن بهترین ضخامت فیلم قیری باشد، که منجر به ایجاد یک مخلوط با دوام گردد. به‌طور کلی معیار طراحی آسفالت متخلخل بایستی بر انتخاب بهینه‌ترین نوع و مقدار قیر به منظور وجود طولانی‌ترین عمر خدمت دهی مخلوط استوار باشد. در طرح مخلوط‌های آسفالت متخلخل باید نوعی سازگاری بین تخلخل و مقاومت در برابر اضمحلال برقرار باشد و ضمن بالا بودن درصد فضای خالی نمونه، مقاومت در برابر اضمحلال نیز باید در حدی باشد که در برابر تنش‌های مماسی چرخ و مکش ایجاد شده در اثر ترافیک مقاومت کافی وجود داشته باشد. در طرح مخلوط‌های آسفالت متخلخل، بایستی تعادلی بین حداقل و حداکثر مقدار قیر برای تأمین الزامات زیر برقرار باشد. حداقل مقدار قیر برای تأمین اهداف زیر استفاده می‌شود:

- مقاومت کافی در برابر اضمحلال

- فیلم ضخیم قیری برای جلوگیری از پیرشدگی

- مقاومت کافی در برابر حرکت آب

همچنین حداکثر مقدار قیر به منظور تأمین اهداف زیر انتخاب می‌گردد:

- حداقل میزان تخلخل برای زهکشی آب و کاهش آلودگی صوتی

- جلوگیری از جاری شدن قیر در حین اختلاط، حمل و پخش

- ایجاد چسبندگی مناسب بین مصالح

بنابراین دو پارامتر جاری شدن قیر و چسبندگی در طراحی مخلوط‌های آسفالت متخلخل نقش مهمی را ایفا می‌کنند. این دو پارامتر از این نظر مهم هستند که با استفاده از آنها حداقل و حداکثر مقدار قیر مشخص می‌شود.

روند طرح اختلاط براساس اهداف مورد نظر به صورت گام‌های کلی زیر تقسیم‌بندی می‌گردد:

الف) انتخاب مصالح مناسب

ب) انتخاب دانه‌بندی طرح

ج) تعیین درصد قیر

د) ارزیابی عملکردی مخلوط

### ۳-۱- انتخاب مواد و مصالح

اولین گام در طرح اختلاط، انتخاب مصالح مناسب برای مخلوط‌های آسفالتی متخلخل می‌باشد. مصالح سنگی، قیر و اصلاح کننده‌هایی مانند پلیمر و افزودنی‌هایی مانند الیاف معدنی و سلولز و آهک هیدراته، در طراحی آسفالت متخلخل بکار گرفته می‌شوند.

#### - انتخاب مصالح سنگی

مصالح سنگی درشت و ریز مصرفی در آسفالت متخلخل باید سخت، محکم، بادوام، تمیز و مکعبی شکل و صددرصد شکسته و با خصوصیات کیفی یکنواخت بوده و عاری از هر گونه ذرات رس و لای و شیبستی و پوشش خاکی باشد. این مصالح باید با مشخصات جدول (۱۱-۲) انطباق داشته باشد.

#### - انتخاب قیر

مهمترین عوامل مؤثر در انتخاب نوع قیر عبارتند از:

- جاری شدن قیر (Draindown)
- شن‌زدگی
- عریان‌شدگی
- مقاومت فشاری و خمشی مخلوط آسفالتی
- هوازدگی
- ترافیک
- نوع آسفالت متخلخل

نوع و مقدار قیر باید بگونه‌ای انتخاب گردد که تأثیر همه عوامل فوق در سطح مطلوب باشد. از قیر ۶۰-۷۰ می-توان بدون استفاده از افزودنی استفاده نمود اما ممکن است میزان ریزش قیر(جاری شدن) زیاد شود و دمای تولید

آسفالت نیز بایستی کمتر از مقدار متعارف باشد. توصیه می‌گردد برای تولید مخلوط آسفالتی در دمای ۱۶۰ درجه سانتیگراد، حدود ۰/۳ درصد الیاف سلولزی یا ۰/۴ درصد الیاف معدنی به قیر اضافه گردد.

از قیر ۸۵-۱۰۰ می‌توان با افزودن اصلاح‌کننده‌های پلیمرهایی مانند SBR, EVA و همچنین افزودن الیاف استفاده نمود. به منظور جلوگیری از شن‌زدگی مقدار قیر نباید از حدی کمتر و به منظور جلوگیری از جاری شدن قیر نیز مقدار قیر نباید از حدی بیشتر باشد. حد معمول آن حدود ۴/۵ تا ۷ درصد می‌باشد.

توصیه می‌شود در ترافیک متوسط از قیر خالص با افزودن پلیمر یا الیاف استفاده شود و در ترافیک سنگین بایستی از قیرهای با درجه نفوذ کم به همراه پلیمر و در صورت نیاز از الیاف نیز استفاده شود.

### ۲-۳- انتخاب دانه‌بندی طرح

پس از انتخاب دانه‌بندی از دانه‌بندی‌های مندرج در جدول (۱۱-۱)، سه دانه‌بندی آزمایشی در محدوده‌های ریز و درشت از محدوده دانه‌بندی طرح همراه با یک دانه‌بندی حد وسط انتخاب می‌شود. برای هر دانه‌بندی آزمایشی، فضای خالی با استفاده از آزمایش میله خشک در قسمت مصالح سنگی درشت (مصالح سنگی باقیمانده روی الک شماره ۴)  $VCA_{Drc}$  تعیین می‌گردد. برای هر دانه‌بندی آزمایشی نمونه‌ها با درصدهای مختلف قیر و با استفاده از ۵۰ ضربه چکش ساخته می‌شوند. فضای خالی برای هر مخلوط کوبیده شده، شامل مصالح سنگی درشت، توسط آزمایش میله  $VCA$  تعیین می‌شود. اگر  $VCA$  (فضای خالی مخلوط کوبیده شده) کمتر یا مساوی از  $VCA_{Drc}$  (فضای خالی مصالح سنگی درشت) باشد تماس سنگدانه با سنگدانه وجود دارد. آزمایش تعیین  $VCA$  باید مطابق استاندارد آشتو T19 انجام گیرد. تقریباً دانه‌بندی‌های با حداکثر ۲۵٪ عبوری از الک شماره ۴ برای حصول تماس سنگدانه با سنگدانه لازم است و تامین نفوذپذیری مناسب لازم است. ایجاد تماس سنگدانه به سنگدانه باعث پایداری مخلوط در برابر تغییر شکل‌های آنی می‌گردد.

### ۳-۳- تعیین درصد قیر و ارزیابی مخلوط

پس از تعیین مصالح و انتخاب دانه‌بندی، ادامه طرح اختلاط طی مراحل زیر انجام می‌شود:

- ساخت نمونه‌های اولیه
- انجام آزمایش‌ها

### ۳-۳-۱ ساخت نمونه‌های اولیه

در گام اولیه پنج سری نمونه با دانه‌بندی انتخاب شده و با نوع قیر (خالص یا پلیمری) و افزودنی‌های مورد نظر ساخته می‌شود. از درصد قیر ۴/۵ درصد و با افزایش ۰/۵ درصدی (درصدی از وزن مصالح سنگی) استفاده شود. چنانچه در نهایت خواسته شود از افزودنی‌ها استفاده گردد، افزودنی‌ها با درصدی از وزن کل مخلوط محاسبه شود. مقدار وزن مصالح سنگی مورد نظر مانند یک نمونه مارشال ۱۱۰۰ گرم انتخاب گردد. نمونه با جک مارشال به صورت ۵۰ ضربه به هر طرف نمونه ساخته شود و چنانچه استفاده از مترکم کننده چرخشی مورد نظر باشد، تعداد دوران طرح ۵۰ انتخاب گردد.

### ۳-۳-۲ انجام آزمایش‌ها

آزمایش‌های مورد نیاز برای تعیین درصد قیر بهینه عبارتند از :

الف) آزمایش کانتابرو

ب) تعیین درصد فضای خالی

ج) آزمایش ریزش قیر (فرونشست قیر) ۱

د) آزمایش اصلاح شده لوتمن

فرآیند استفاده از آزمایش‌های طرح اختلاط به صورت زیر می‌باشد:

درصد فضای خالی به منظور تعیین میزان حد بالای قیر مورد استفاده قرار می‌گیرد. توصیه می‌شود که درصد فضای خالی برای مخلوط آسفالت متخلخل کمتر از ۲۰ درصد نگردد. وزن مخصوص واقعی از روش AASHTO T275 (موم پارافین) و یا ASTM D6752 تعیین شود. چنانچه درصد فضای خالی مورد نظر تأمین نگردد، دانه‌بندی در دامنه داده شده و یا درصد قیر اصلاح گردد.

- درصد جاری شدن قیر را از آزمایش فرونشست یا ریزش قیر (Draindown) بدست می‌آید و به منظور تعیین حد بالای قیر استفاده می‌گردد. میزان درصد جاری شدن قیر به ازای هر میزان قیر مورد آزمایش باید کمتر از ۰/۳ درصد نسبت به وزن قیر باشد.

با انتخاب حداکثر مقدار قیر بدست آمده از آزمایش‌های تعیین درصد فضای خالی و جاری شدگی، حد بالای قیر مشخص می‌گردد.

- درصد افت وزنی نمونه حاصل از آزمایش کانتابرو در دمای محیط (۲۵ درجه سانتیگراد) کمتر از ۲۵٪ وزن اولیه نمونه باشد و اگر آزمایش در دمای ۱۸ درجه سانتیگراد انجام گیرد این مقدار کمتر از ۳۰٪ باشد.

آزمایش کانتابرو به منظور تعیین میزان حد پایین قیر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- با انجام آزمایش لوتمن اصلاح شده در محدوده قیر مشخص شده (به‌طوری که مقاومت کششی باقیمانده نسبت به مقاومت اولیه، کمتر از ۸۰ درصد نباشد) مقدار قیر مناسب انتخاب می‌گردد.

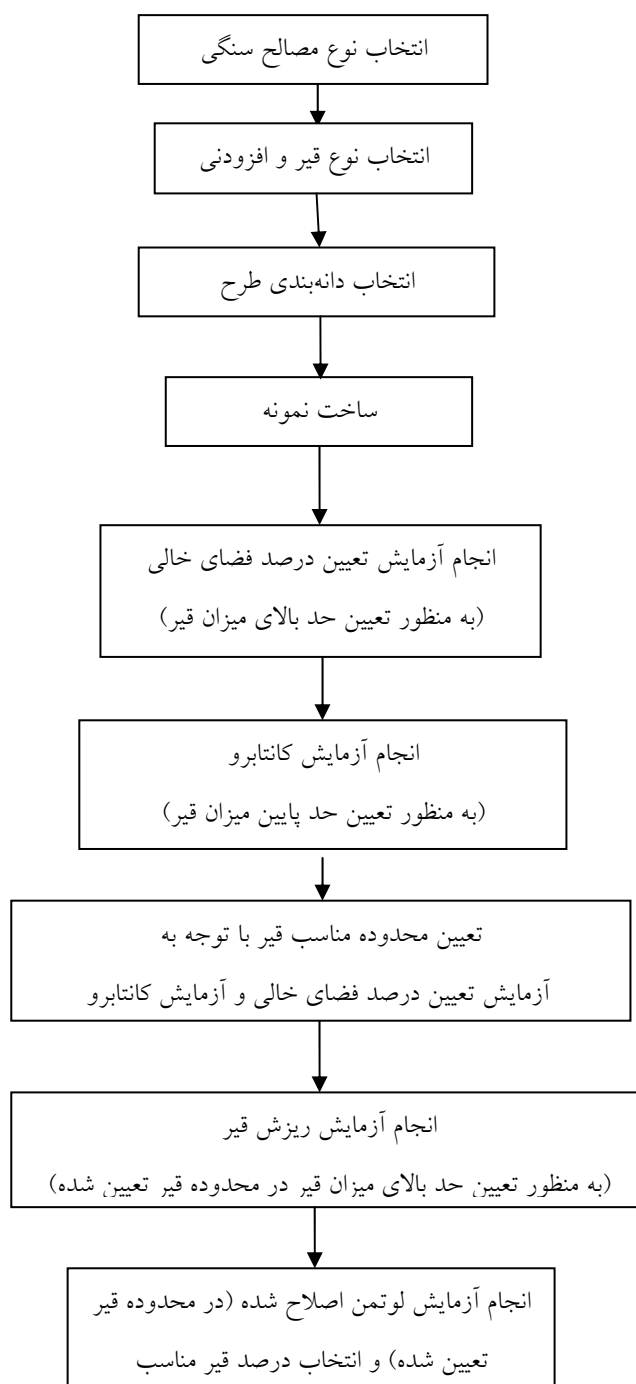
به منظور ارزیابی حساسیت مخلوط آسفالت متخلخل نسبت به اکسیداسیون زودرس از آزمایش کانتابرو بر روی نمونه‌های پیر شده استفاده گردد. از این آزمایش برای کنترل طرح استفاده می‌گردد. میانگین افت وزنی ۵ نمونه مارشال با قیر بهینه باید از ۳۰ درصد کمتر باشد.

با توجه به مطالب بیان شده در این بخش، مشخصات فیزیکی و مقاومتی مخلوط آسفالت متخلخل به صورت جدول (۹-۱۱) می‌باشند.

جدول ۳-۱- مشخصات فیزیکی و مقاومتی مخلوط آسفالت متخلخل

مشخصات	شرح
۵۰	تعداد ضربه نمونه مارشال
حداقل ۲۰	درصد فضای خالی
حداکثر ۰/۳	درصد ریزش قیر (فرونشست قیر)
حداکثر ۲۵	درصد افت وزنی نمونه در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد (آزمایش کانتابرو)
حداقل ۸۰	نسبت مقاومت کششی غیر مستقیم (آشتو T283)

در شکل (۱-۱۱) زیر فرآیند طرح اختلاط مخلوط آسفالتی متخلخل نشان داده شده است.



شکل ۳-۱- نمودار طرح اختلاط مخلوط آسفالتی متخلخل

### ۳-۴- معیارهای انتخاب قیر بهینه

در طرح اختلاط مخلوط آسفالت متخلخل ابتدا باید میزان حداکثر قیر با تعیین درصد فضای خالی مناسب (حداقل ۲۰ درصد)، انتخاب گردد. سپس میزان حداقل قیر توسط آزمایش کانتابرو مشخص شود. در مرحله بعدی تعیین محدوده مناسب قیر با توجه به آزمایش درصد فضای خالی و آزمایش کانتابرو تعیین گردیده و سپس با انجام آزمایش ریزش قیر مقدار حداکثر قیر تعیین گردد. در گام بعدی با آزمایش لوتمن اصلاح شده، میزان قیر بهینه کنترل و انتخاب گردد.



# فصل ۴

---

---

اجرای آسفالت متخلخل



## ۴- مقدمه

در اجرای مخلوط‌های آسفالتی متخلخل از روش‌های متداول برای ساخت مخلوط‌های آسفالتی با دانه‌بندی متراکم استفاده می‌شود، اما برخی ملاحظات در مراحل انجام کار باید در نظر گرفته شوند که در این بخش به آنها اشاره می‌گردد:

## ۴-۱- آماده‌سازی بستر موجود

یک لایه آسفالت متخلخل باید فقط بر روی روسازی‌هایی که از نظر سازه‌ای سالم هستند، اجرا شود و دارای حداقل ترکها، شیارافتادگی‌ها، روزدگی قیر و چاله‌ها باشد.

از لایه آسفالت متخلخل نمی‌توان به منظور اصلاح خرابی‌ها، ناهمواری‌های روسازی، استفاده نمود و قبل از اجرای لایه آسفالت متخلخل، بایستی کلیه خرابی‌ها برطرف شده باشند. به منظور عملکرد مناسب لایه آسفالت متخلخل نباید هیچگونه محل جمع‌شدگی آب در سطح زیر لایه آسفالت متخلخل وجود داشته باشد و شیارشدگی و همه تغییرشکل‌های دایمی باید اصلاح شده باشند.

قبل از اجرای لایه آسفالت متخلخل، بایستی علاوه بر سطح، لبه‌های روسازی به‌طور کامل تمیز شوند تا آسفالت متخلخل بر روی سطح کاملاً تمیز اجرا گردد و مسیرهای خروج آب‌های زهکشی شده به‌طور کامل باز باشد.

برای جلوگیری از تجمع آب در آسفالت متخلخل باید لایه زیرین شیب عرضی کافی داشته باشد و هرگونه فرورفتگی یا گودی در لایه زیرین با آسفالت گرم بر طرف گردد. برخی مواقع نیز ضرورت دارد سطح رویه موجود با آسفالت تراش خراش داده یا برداشته شود.

باید زهکشی طولی و عرضی زیر لایه آسفالت متخلخل به طرز مناسبی انجام شود تا عملیات تخلیه آب‌های زهکشی شده از لایه آسفالت متخلخل دچار اختلال نگردد. به همین منظور باید در زیر لایه آسفالت متخلخل، حداقل شیب عرضی ۲ درصد در نظر گرفته شود و هرگونه فرورفتگی یا گودی در لایه زیرین با آسفالت گرم بر طرف گردد. برخی مواقع نیز ضرورت دارد سطح رویه موجود با آسفالت تراش خراش داده یا برداشته شود.

همچنین در کنار مسیر باید امکان خروج سریع آب به بیرون از محدوده راه فراهم گردد. در جاهایی که کناره‌های راه مسدود است، باید کانال زهکشی طولی در طرفین مسیر راه احداث نمود.

توصیه می‌گردد قبل از اجرای لایه آسفالت متخلخل به منظور آب‌بند کردن سطح روسازی موجود، یک لایه اندود سطحی اجرا گردد. اجرای لایه اندود سطحی علاوه بر آب‌بند نمودن لایه‌های زیرین، به عنوان جداکننده مناسبی بین لایه آسفالت متخلخل و لایه زیرین آن عمل می‌کند، به‌ویژه زمانی که از لایه آسفالت متخلخل روی روسازی بتنی استفاده می‌شود.

در صورتی که ترک‌های سطح روسازی بطور نامنظم و در تمام سطح موجود باشند، لازم است تمام سطح آب‌بندی شود. برای آب‌بندی سطح توصیه می‌شود از یک لایه جاذب تنش (SAMI) استفاده شود.

در مورد پخش آسفالت متخلخل باید حداکثر دقت در زمینه اتصال به شانه‌ها (در بیرون شهر) و جدول‌ها (در نواحی شهر) بعمل آید. این مسئله به منظور خروج آب از لبه‌های خارجی است که موجب بوجود آمدن وضعیتی نشود که سطح راه همیشه خیس باشد و یا آب به لایه‌های زیرین نفوذ کند.

در راه‌های شهری سواره‌روها معمولاً به وسیله جدول‌ها در دو طرف محصور شده است. بنابراین باید زهکش‌های کناری به شکل صحیح طراحی گردد. روش‌های زیر برای حل این مشکل توصیه می‌شود:

اگر آسفالت متخلخل بر روی آسفالت موجود ریخته شود، بین جدول کنار راه و رویه یک جوی مثلثی برای عبور آب باقی تعبیه شود.

ریختن آسفالت متخلخل تا لبه جدول و قرار دادن پنجره گلویی خروج آب به صورت همکف با لایه آسفالتی. در این صورت بایستی سوراخ‌هایی به قطر ۲۵ میلیمتر در قسمت بالایی دیواره آبرو ایجاد کرد تا آب محبوس در آسفالت متخلخل به تدریج تخلیه شود.

روش‌های بیان شده در صورتی که راه دارای شیب طولی نزدیک به صفر باشد، کارایی لازم را ندارند. در این حالت تعبیه زهکش‌های طولی با شیب مناسب زیر لایه آسفالت متخلخل توصیه می‌شود.

در خط القعر یک جاده با شیب زیاد یا در فاصله بین آسفالت متراکم و آسفالت متخلخل توصیه می‌شود از زهکش‌های جمع‌آوری کننده عرضی استفاده شود.

تخلیه آب در راه‌های برون شهری

برای تسریع تخلیه آب از سطح و جلوگیری از اشباع و سرریز لازم است یک نوار به عرض حداقل ۱۰ cm بین پوشش آسفالت متخلخل و شانه خاکی وجود داشته باشد. حتی الامکان شانه نرم باید قبل از پخش آسفالت متخلخل تمام شود و در غیر این صورت خطر مخلوط شدن کناره‌های لایه آسفالت با مصالح شانه‌ها و مسدود شدن آب وجود دارد. اگر آسفالت روی تمام عرض شانه سخت پخش نمی‌شود، حداقل باید روی قسمتی از آن پخش شود. در صورتی که آسفالت متخلخل تمام شانه راه را نپوشاند بایستی باند زیر آسفالت متخلخل در روی شانه راه یک لایه غیر قابل نفوذ قرار گیرد. حداقل هم پوشانی آسفالت متخلخل و شانه راه ۹۰ cm است.

#### ۴-۲- نحوه تولید آسفالت متخلخل

فرآیند تولید مخلوط آسفالت متخلخل همانند تولید آسفالت معمولی می‌باشد. اما زمان اختلاط در مخلوط‌کن کارخانه آسفالت به منظور تولید آسفالت متخلخل کمی بیشتر از زمان اختلاط تولید آسفالت معمولی می‌باشد. با توجه به اینکه در آسفالت متخلخل معمولاً از افزودنی‌ها استفاده می‌گردد زمان اختلاط بیشتری به منظور توزیع کامل افزودنی در مخلوط مورد نیاز می‌باشد. در فرآیند تولید مخلوط آسفالت متخلخل در کارخانه‌های منقطع، زمان اختلاط ۵ الی ۱۵ ثانیه بیشتر نسبت به تولید مخلوط آسفالت متداول مورد نیاز می‌باشد.

برای جلوگیری از داغ شدن بیش از حد مصالح و همچنین اجتناب از نظر شوک حرارتی به قیر درجه حرارت اختلاط در مخلوط‌های آسفالت متخلخل با قیر خالص نسبت به آسفالت متداول باید مقداری کمتر باشد. توصیه می‌شود درجه حرارت اختلاط بین ۱۴۰C تا ۱۵۰C در نوسان باشد. در مورد قیر اصلاح شده با پلیمر درجه حرارت بطور متوسط ۲۰-۱۰ درجه بیشتر است. بیشینه درجه حرارت اختلاط مخلوط‌های آسفالت متخلخل ۱۷۰C و کمینه ۱۲۰C است.

به منظور ذخیره‌سازی مخلوط آسفالت متخلخل باید دقت نمود تا این مخلوط با دمای بالا بیش از ۲ ساعت ذخیره نگردد.

#### ۴-۳- حمل و پخش مخلوط آسفالتی متخلخل<sup>۱</sup> و ضخامت آن

در بخش حمل آسفالت باید بر نحوه کارکرد دستگاه حمل، نظارت شود. از ایجاد لرزش زیاد اجتناب شود به ویژه اگر میزان ماده قیری زیاد بوده و مسافت بین محل تولید و پخش زیاد باشد.

حمل و جابجایی مخلوط بایستی محدود به ۶۰ کیلومتر یا ۱ ساعت شود.

حداقل دمای هوا به منظور اجرای آسفالت متخلخل ۱۵ درجه سانتیگراد می باشد.

فرآیند انتقال مخلوط آسفالتی از کامیون به فینیشر نباید با افت حرارت همراه باشد زیرا اصلاح ناهمواری بوجود آمده در آسفالت با دانه بندی باز به مراتب مشکل تر از اصلاح ناهمواری در آسفالت با دانه بندی پیوسته است و افت حرارتی سریعتر در مخلوط آسفالتی متخلخل باعث سختی بیشتر کار می شود.

برای رسیدن به یک سطح صاف، حرکت فینیشر باید بصورت پیوسته و با حداقل توقف، صورت گیرد. هنگامی که از فینیشرهای با شمشه های بازشونده استفاده می شود، توصیه می گردد با بکارگیری ابزار مناسب از توزیع نامنظم آسفالت بین مرکز و لبه فینیشر جلوگیری شود. عمل خراشیدن روسازی اجرا شده باعث تولید سطح با بافت ناخوشایند می گردد که با متراکم کردن مجدد نیز بخوبی کوبیده نمی شود.

با توجه به اینکه، معمولاً مخلوط های آسفالتی با دانه بندی باز با قیرهای اصلاح شده تولید شده و با ضخامت های کمتر نسبت به ضخامت مورد استفاده در آسفالت های با دانه بندی پیوسته اجرا می گردند، باید توجه خاصی به عملیات اجرا و دمای تراکم این نوع مخلوط شود. لایه های با ضخامت کمتر، سریعتر سرد می شوند و با توجه به دانه بندی باز نیز سریعتر دمای مخلوط افت می کند، بنابراین زمان کمتری برای عملیات تراکم در اختیار می باشد.

در صورتی که هدف از اجرای لایه آسفالت متخلخل، نفوذپذیری زیاد باشد، بهتر است ضخامت لایه آسفالت متخلخل تا حد امکان کمتر انتخاب گردد. زیرا با افزایش ضخامت اجرایی، پتانسیل نفوذپذیری کاهش می یابد. دو دلیل برای این عملکرد روسازی های ضخیم وجود دارد؛ اول آنکه معمولاً لایه های ضخیم تر در محل راحت تر متراکم می شوند، زیرا یک لایه ضخیم گرما را بهتر نگه می دارد و مجال بیشتری را ایجاد می کند تا مصالح سنگی بطور مناسبی جایگیری نمایند به

1 - Mixture Placement

2 - Extendible Screeds

همین دلیل دانسیته روسازی‌ها افزایش پیدا می‌کند. دوم آنکه، نفوذپذیری نتیجه‌ای از اتصال داخلی فضاها می‌باشد در یک مخلوط آسفالتی متخلخل فضاهای خالی به هم متصل می‌باشند. وقتی ضخامت لایه افزایش پیدا می‌نماید، شانس تشکیل مسیری از فضاها برای عبور آب کاهش می‌یابد. به این دلایل رویه‌های نازک متخلخل پتانسیل بیشتری برای نفوذپذیری دارند.

در صورتی که هدف از اجرای لایه آسفالت متخلخل کاهش صوت باشد بهتر است ضخامت لایه آسفالت متخلخل تا حد امکان افزایش یابد، زیرا کاهش صوت به میزان فضای خالی مخلوط آسفالتی وابسته می‌باشد و هرچه میزان فضای خالی مخلوط آسفالتی بیشتر باشد میزان کاهش بیشتر صوت اتفاق می‌افتد. چنانچه ضخامت لایه آسفالتی متخلخل افزایش یابد، در نهایت میزان فضای خالی افزایش می‌یابد.

توصیه می‌شود ضخامت لایه آسفالت متخلخل بین ۲/۵ تا ۴ سانتیمتر انتخاب گردد. لایه آسفالت متخلخل به عنوان لایه باربر نبوده و در محاسبات تعیین ضخامت سازه‌های لایه‌ها وارد نمی‌شود. پس از تعیین ضخامت سازه‌های لایه‌ها، لایه‌های آسفالت متخلخل روی آنها اجرا می‌گردد. به منظور افزایش نفوذپذیری روسازی، ضخامت کمتر و به منظور کاهش صوت، ضخامت بیشتر انتخاب گردد. شدت بارندگی و میزان تخلخل آسفالت متخلخل در میزان ضخامت انتخابی مؤثر می‌باشد.

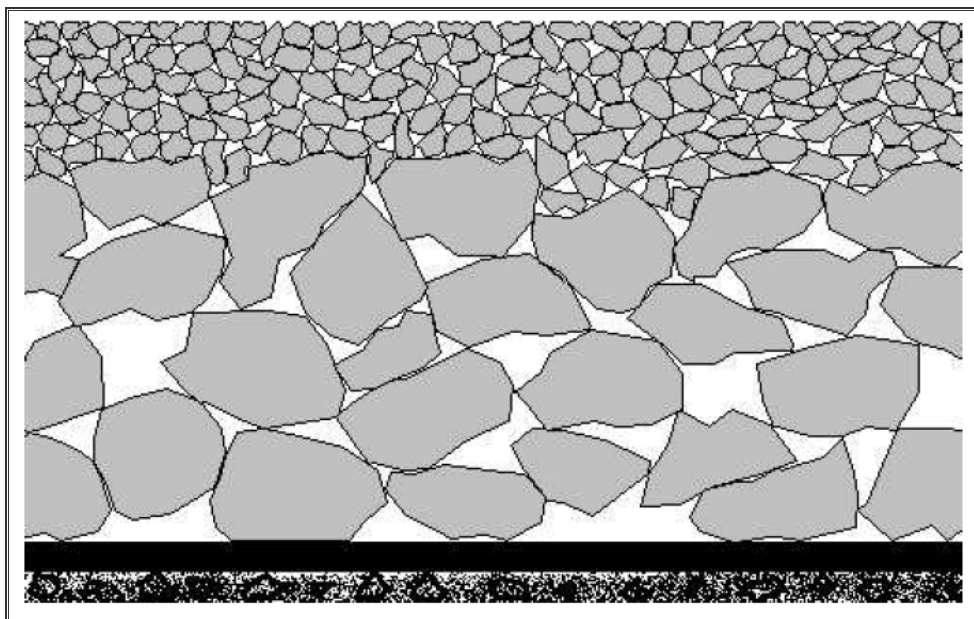
البته باید توجه نمود در صورتی که لایه‌های زیرین آسفالت متخلخل به منظور هدایت آب‌های نفوذی مناسب نباشند، توصیه می‌گردد ضخامت بیشتر برای لایه آسفالت متخلخل انتخاب گردد تا میزان پاشش آب در سطح کاهش یابد و ظرفیت ذخیره روان‌آب در لایه آسفالت متخلخل افزایش یابد.

چنانچه فراهم نمودن کاهش صوت و زهکشی آب مدنظر باشد می‌توان آسفالت متخلخل را به صورت دو لایه‌ای اجرا نمود. در صورت اجرای آسفالت متخلخل دو لایه‌ای، باید توسط آب با فشار بالا و یا مکش هوا، منافذ آسفالت متخلخل هر دو سال یکبار تمیز گردند. لایه بالایی آسفالت متخلخل دارای مصالح سنگی ریزدانه و در نتیجه سوراخ‌های ریزی بوده و در نقش یک لایه فیلتر از ورود ذرات گل و لای و مصالح سنگی درشت به لایه زیرین جلوگیری می‌کند.

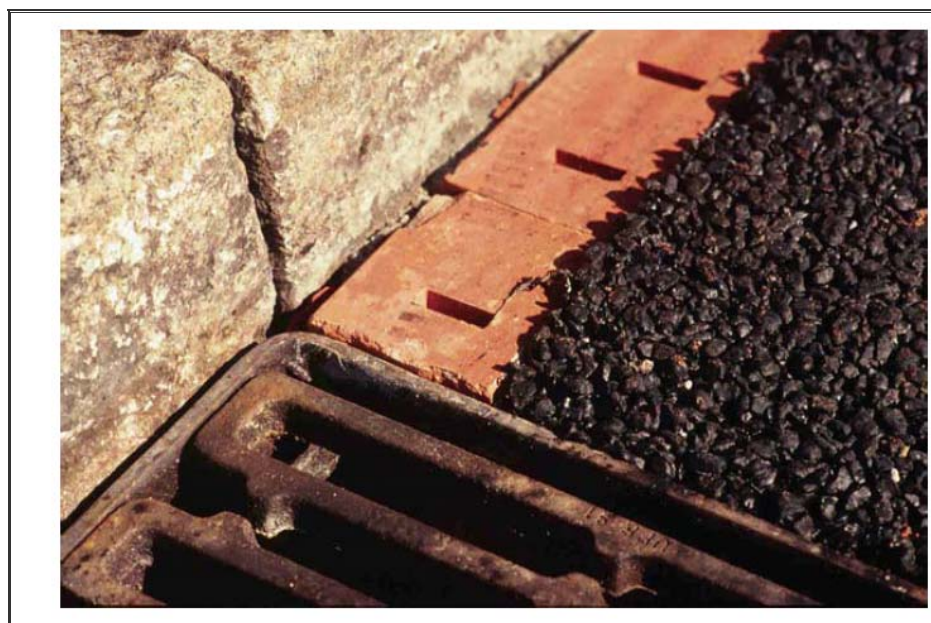
معمولاً لایه اول در حدود ۲۵ تا ۳۰ میلی‌متر و لایه زیرین ۴۰ تا ۵۰ میلی‌متر ضخامت دارد. در لایه پایینی مصالح سنگی درشت (۱۶ تا ۲۲ میلی‌متری) بکارگرفته می‌شود. بکارگیری مصالح سنگی درشت‌دانه باعث ایجاد فضاهای خالی بزرگ و در نتیجه امکان خروج ذرات و آلاینده‌های ورودی به داخل روسازی را فراهم می‌نماید. لایه آسفالت متخلخل

پایینی وظیفه ذخیره و هدایت روان آب نفوذی را بر عهده دارد. با توجه به شرایط بیان شده از پر شدگی سوراخها جلوگیری می گردد (شکل (۲)).

همچنین می توان برای هدایت آب باران از قسمت پایین روسازی آسفالت متخلخل به کناره ها و سیستم زهکشی عمومی از بلوک های ویژه زهکشی استفاده نمود که در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل ۴-۱- آسفالت ضخیم دو لایه ای با حفره ها و ذرات ریز در لایه بالایی و حفره ها و ذرات درشت در لایه پایین



شکل ۴-۲- سیستم زهکشی در آسفالت متخلخل



امروزه فینیش‌هایی تولید شده‌اند که قادر به اجرای همزمان هر دو لایه آسفالت متخلخل می‌باشند. شروع به کار برای اجرای روسازی آسفالتی متخلخل از طرف پایین (کم ارتفاع) سطح روسازی توصیه می‌شود با شروع از لبه پایین منجر به اتصال بهتر و مناسب در محل درز طولی اجرای روسازی می‌گردد و دلیل آن تراکم بهتر در محل درزهای طولی در اثر وزن مصالح آسفالت که خود باعث اتصال مناسب در محل درزها می‌شوند. در اجرای لایه آسفالت متخلخل تا حد امکان باید از انجام عملیات دستی، خودداری نمود. اما اگر نیاز به انجام امور دستی ایجاب گردید، از ابزارهای چوبی مناسب بجای فلزی استفاده گردد.

درزهای عرضی و طولی را بایستی حداقل نمود. درزها بایستی بیشتر از آنکه پوشیده شوند، اتصالشان لب به لب شود.

#### ۴-۴- تراکم آسفالت متخلخل

برای بدست آوردن تراکم صحیح آسفالت متخلخل، باید غلتک بلافاصله پست سر فینشر و فوراً پس از پخش، اقدام به غلتک زنی نماید تا درجه حرارت مخلوط برای تراکم مناسب باشد. در هنگام تراکم درجه حرارت آسفالت نباید از ۱۲۰C کمتر باشد.

غلتک‌های چرخ فلزی استاتیکی متداول‌ترین ابزار برای تراکم مخلوط‌های آسفالتی متخلخل یا مخلوط‌های با دانه بندی باز می‌باشند. بطور معمول ۲ تا ۴ مرتبه عبور توسط غلتک‌های چرخ فلزی استاتیکی تاندم ۸ تا ۹ تنی (در بازه دمایی مناسب)، برای ایجاد تراکم بر روی لایه‌های آسفالت متخلخل نازک (۲۰ میلی‌متری) مناسب است. به منظور ایجاد تراکم در لایه آسفالت متخلخل با ضخامت بیش از ۲۵ میلی‌متر بایستی دفعات عبور غلتک (مطابق نظر دستگاه نظارت) افزایش یابد. از غلتک‌های ویبره نباید استفاده شود.

از غلتک‌های سنگین‌تر برای تراکم مخلوط‌های آسفالتی متخلخل استفاده نگردد. دلیل این امر جلوگیری از شکستگی بیش از حد مصالح می‌باشد.

همچنین باید از بکارگیری غلتک‌های چرخ لاستیکی پنوماتیکی اجتناب شود، زیرا این غلتک‌ها با خاصیت ورزدهی منجر به بسته شدن منافذ سطحی شده و از قابلیت زه‌کشی مخلوط می‌کاهند.

توصیه می‌گردد به دلیل سردشدگی سریع مخلوط آسفالتی متخلخل، حداکثر فاصله بین غلتک و فینیشر ۱۵ متر باشد.

تردد وسایل نقلیه در مسیری که آسفالت متخلخل اجرا شده است، بعد از ۲۴ ساعت مجاز می‌باشد.

#### ۴-۵- خط کشی راه

باید دقت شود که مجاری نفوذ آب لایه آسفالت متخلخل توسط مواد خط کشی مسدود نشود. این مورد به ویژه در لایه‌های نازک (۲cm) هنگام استفاده از مواد ترمکوپلاستیک ممکن است اتفاق بیفتد.

#### ۴-۶- آزمایش‌های کنترل کیفیت هنگام اجرا و بعد از اجرای آسفالت متخلخل

به منظور کنترل کیفیت هنگام اجرای آسفالت متخلخل باید آزمایش‌های تعیین درصد فضای خالی، جاری شدگی قیر، آزمایش کانتابرو و آزمایش‌های مصالح سنگی به ازای هر ۳۵۰ تن مخلوط آسفالتی و حداقل یک مرتبه در هر روز انجام گیرد و همچنین بعد از اجرای آسفالت متخلخل باید آزمایش‌های نفوذپریری یا سنجش صوت برحسب وظیفه مورد انتظار بعد از اجرای آسفالت متخلخل انجام شود.

#### ۴-۶-۱- آزمایش نفوذپذیری

پس از تراکم بایستی زمان نفوذ آب در لایه آسفالت متخلخل، اندازه‌گیری شود. در هیچ صورتی زمان نفوذ آب در لایه آسفالت متخلخل نباید بیش از ۲۰ ثانیه باشد. در پیوست شماره یک به تفصیل آزمایش نفوذپذیری و روش‌های انجام آن بیان شده‌اند.

#### ۴-۶-۲- آزمایش تعیین میزان صوت

دو روش کلی برای اندازه‌گیری صوت بوجود آمده از ترافیک وجود دارد که در پیوست شماره یک به تفصیل بیان شده‌اند. با توجه به محدوده‌ای که آسفالت متخلخل در آن واقع شده است میزان محدوده مجاز صوت، تعریف می‌گردد و میزان صوت روسازی دارای آسفالت متخلخل نباید از آن میزان بیشتر باشد.

نوع و مقدار قیر باید بگونه‌ای انتخاب گردد که تأثیر همه عوامل فوق در سطح مطلوب باشد. از قیر ۶۰-۷۰ می‌توان بدون استفاده از افزودنی استفاده نمود اما ممکن است میزان ریزش قیر(جاری شدن) زیاد شود و دمای تولید آسفالت نیز بایستی کمتر از مقدار متعارف باشد. توصیه می‌گردد برای تولید مخلوط آسفالتی در دمای ۱۶۰ درجه سانتیگراد، حدود ۰/۳ درصد الیاف سلولزی یا ۰/۴ درصد الیاف معدنی به قیر اضافه گردد.

از قیر ۸۵-۱۰۰ می‌توان با افزودن اصلاح‌کننده‌های پلیمرهایی مانند SBR، EVA و همچنین افزودن الیاف استفاده نمود. به منظور جلوگیری از شن‌زدگی مقدار قیر نباید از حدی کمتر و به منظور جلوگیری از جاری شدن قیر نیز مقدار قیر نباید از حدی بیشتر باشد. حد معمول آن حدود ۴/۵ تا ۷ درصد می‌باشد.

توصیه می‌شود در ترافیک متوسط از قیر خالص با افزودن پلیمر یا الیاف استفاده شود و در ترافیک سنگین بایستی از قیرهای با درجه نفوذ کم به همراه پلیمر و در صورت نیاز از الیاف نیز استفاده شود.

# فصل ۵

---

---

نگهداری آسفالت متخلخل



## ۵- مقدمه

با توجه به ساختار مخلوط آسفالتی متخلخل، نگهداری آن در افزایش عمر خدمت‌دهی آن بسیار مؤثر می‌باشد. نگهداری در روسازی‌های آسفالت متخلخل شامل نگهداری‌های دوره‌ای، فصلی، پیشگیرانه، اصلاحی و نوسازی می‌باشند.

## ۵-۱- نگهداری دوره‌ای

منافذ سطح به دلیل ساییدگی ناشی از چرخ‌های گل‌دار با گرد و خاک پر می‌شود. این مسأله بطور نامطلوبی خصوصیات مربوط به زهکشی و کاهش صوت را تحت تأثیر قرار می‌دهد، به طوری که پس از گذشت یک زمستان، کاهش صدا و تا حدود زیادی ظرفیت زهکشی از بین می‌رود. تمیز کردن کامل سطوح پر شده، ممکن نمی‌باشد. به کمک روش‌های تمیز کردن موجود، سوراخ‌های سطح تا حدی باز می‌شوند که فضای خالی بیشتری را ایجاد می‌کنند ولی خصوصیات صوتی به حالت اول باز نمی‌گردند.

خروج سریع آب از آسفالت متخلخل باید تضمین گردد. کاستی در این خصوص، منجر به کاهش قابل ملاحظه عمر بهره‌برداری می‌شود.

یکی از مهم‌ترین عیوب مخلوط‌های آسفالتی متخلخل، پرشدگی توسط مواد زائد می‌باشد که منجر به کاهش انجام وظایف عملکردی آسفالت متخلخل می‌گردد. به همین جهت بایستی با تمیز کردن دوره‌ای این روسازی‌ها عمر وظیفه‌ای این روسازی‌ها را افزایش داد. دو روش برای حل مشکل پر شدن منافذ آسفالت متخلخل وجود دارد:

- اجتناب از پرشدگی؛
  - برداشتن (پاک کردن) مواد پرکننده.
- پر شدن سوراخ‌ها را نیز می‌توان به روش‌های زیر کاهش داد:
- حفظ قابلیت هدایت هیدرولیکی در بالاترین حد آن، تا هر زمان که ممکن باشد.
  - اجتناب از استفاده از مصالح سنگی با اشکال غیر متعارف.
  - سطح خطوط عبوری که تحت ترافیک قرار نگرفته‌اند، مانند شانه‌های صلب، با دوغاب آب‌بندی گردند.
  - عدم استفاده از آسفالت متخلخل در تقاطع‌های راه‌های بدون رویه یا هر کجا که سرعت ترافیک پایین است.

هنگامی که ظرفیت زهکشی در حد غیر قابل قبولی پایین باشد، سطح روسازی را می‌توان با یک آسفالت متخلخل، روکش کرد. به منظور انجام بازیافت، لایه قدیمی می‌تواند بطور کامل برداشته شود. همچنین می‌توان روسازی را به صورت گرم بازیافت نمود.

### روش‌های مختلف تمیز کردن:

به منظور باز نگهداشتن منافذ می‌توان با دستگاه‌های مخصوص مکش و جاروکشی همراه با فشار آب اقدام به شستشوی سطح آسفالت متخلخل نمود. پاک‌سازی دوره‌ای تا زمانی که نفوذپذیری در حد قابل قبولی است می‌تواند اثرات مثبتی در دوام نفوذپذیری آسفالت متخلخل داشته باشد.

در ادامه اقدامات قابل انجام به منظور تمیز کردن آسفالت متخلخل ذکر می‌گردند.

**الف - ماشین‌های تمیز کننده با فشار آب بالا** مورد استفاده قرار می‌گیرند، آب آلوده جمع‌آوری و بازیافت می‌گردد. تمیز کردن باید بطور منظم انجام شود تا از وقوع مجدد پرشدگی جلوگیری شود. به این ترتیب، قابلیت هدایت هیدرولیکی می‌تواند ۱۰ تا ۲۰ درصد افزایش یابد. در سطوح پر شده (قابلیت هدایت هیدرولیکی کوچکتر از  $0.3 \text{ cm/s}$ ) تمیز کردن دیگر مؤثر نیست. توصیه می‌گردد در راه‌های برون‌شهری این کار سه بار در سال انجام می‌شود.

ب - می‌توان از روش نگهداری وظیفه‌ای ۱ استفاده نمود. در این روش تمیز کردن دوره‌ای به صورت چند مرتبه در ماه انجام می‌شود و سیستم این نوع تمیزکننده دارای فشار هوا و آب کمتری می‌باشد.

در جدول (۱۰)، مقایسه بین تعداد تمیز کردن برای تخلیه مواد زائد در شرایط مختلف ارایه شده است.

جدول ۵-۱- مقایسه بین تعداد دفعات تمیز کردن مخلوط‌های آسفالتی متخلخل به روش مرسوم و فشار هوای زیاد

روش جدید (سرعت حرکت بالا، فشار هوای زیاد)	روش مرسوم (سرعت حرکت متناسب، فشار آب زیاد و خروج هوا)		
۶	۱۰	۱۰۰	میزان مواد زائد جمع‌آوری شده $\text{g/m}^2$
۵۰	۳۰	۳	تعداد تمیز کردن در سال
۴	۲/۵	۰/۲۵	تعداد تمیز کردن در ماه

## ۵-۲- نگهداری زمستانی

نگهداری مخلوط‌های آسفالتی با دانه‌بندی باز در فصل زمستان با توجه به ساختار آن از حساسیت زیادی برخوردار می‌باشد اما در فصول دیگر سال حساسیت کمتری وجود دارد. به همین دلیل، نگهداری زمستانی به عنوان نگهداری فصلی این روسازی‌ها مورد توجه قرار گرفته است. نگهداری زمستانی به عنوان یکی از مشکلات روسازی‌های آسفالت متخلخل نسبت به روسازی‌های معمول به حساب می‌آید. بخاطر اینکه فضای داخلی این روسازی‌ها سریع‌تر سرد می‌شوند و تمایل بیشتری به یخ‌زدگی از خود نشان می‌دهند و نیاز به توجه بیشتری در فصل زمستان دارند.

برنامه نگهداری زمستانی، باید بهره‌برداری مناسب از مسیر و تردد مورد انتظار را تأمین نماید. این برنامه باید شامل تصمیم‌های سریع و مناسبی بوده و سبب نگهداشتن وضعیت روسازی در سطح قابل قبول گردد. اعمال نگهداری زمستانی باید قبل یا زمان شروع باریدن برف آغاز شود. بنابراین باید زمان باریدن برف و مدت آن پیش‌بینی گردد. در حال حاضر عمل نگهداری زمستانی شامل پخش مواد شیمیایی بر روی سطح جاده می‌باشد که معمولاً با غلظت مناسب از محلول‌های آب نمک استفاده می‌شود.

تکنیک‌های ضد یخ شامل کلیه عملیات لازم برای جلوگیری از شکل‌گیری و توسعه یخ و برف روی روسازی می‌باشد. معمولاً با پخش عوامل شیمیایی از چسبیدن یخ و یا برف بر روی سطح جاده جلوگیری می‌شود.

نگهداری زمستانی آسفالت متخلخل، نسبت به آسفالت معمولی متفاوت می‌باشد. این مسئله به خاطر رفتار حرارتی متفاوت آسفالت متخلخل می‌باشد. در آسفالت متخلخل، یخ‌زدگی زودتر از آسفالت معمولی اتفاق می‌افتد، بنابراین لایه آسفالت متخلخل زودتر و در مدت زمان طولانی‌تری در شرایط حرارتی بحرانی قرار می‌گیرد. در طی زمستان، آسفالت‌های متخلخل دارای مقاومت لغزشی کمتری می‌باشند و نیازمند به عملیات ضد یخ بیشتری دارند.

بخاطر اینکه آسفالت‌های متخلخل دارای درصد فضای خالی زیادی هستند، درجه هدایت گرمایی و ظرفیت گرمایی آن پایین‌تر از آسفالت‌های معمولی می‌باشد و در نتیجه سطح آسفالت متخلخل دارای درجه حرارت ۱ تا ۲ پایین‌تر نسبت به آسفالت‌های معمولی می‌باشد. به همین دلیل یخ‌زدگی در آسفالت متخلخل در دفعات بیشتری از سال نسبت به آسفالت‌های معمولی اتفاق می‌افتد بنابراین در صورت استفاده از آسفالت متخلخل باید دوره عملیات نگهداری زمستانی بیشتری را فراهم نمود.



انجام عملیات ضدیخ برای روسازی‌های آسفالت متخلخل ظریف‌تر و پرهزینه‌تر نسبت به آسفالت معمولی می‌باشد. روسازی آسفالت متخلخل باعث می‌شود که آب حاصل از ذوب برف و یخ، سریع‌تر زهکشی شود و زهکشی همزمان محلول نمک همراه آب منجر به مشکلاتی نظیر مسدود شدن منافذ می‌گردد. به همین دلیل عملیات یخ‌زدایی باید سریع‌تر و در تعداد دفعات بیشتری انجام شود و بنابراین سبب بالاتر رفتن هزینه عملیات نگهداری می‌شود. علاوه بر ملاحظات اقتصادی استفاده بیش از حد از محلول نمک برای این روسازی‌ها سبب ایجاد مشکلات زیست‌محیطی می‌گردد. همچنین چنانچه آسفالت متخلخل بعنوان لایه رویه در روسازی بتن مسلح بکار گرفته شود، سبب آسیب‌رسانی به روسازی بتن مسلح می‌گردد.

#### ۵-۲-۱- راهکاری ویژه برای عملیات نگهداری زمستانی آسفالت متخلخل

انجام عملیات نگهداری زمستانی ویژه‌ای در ارتباط با روسازی‌هایی با آسفالت متخلخل ضروری می‌باشد. علاوه بر نگهداری معمول برای نگهداری زمستانی، می‌توان از سنسورهای تعیین شرایط روسازی، تجهیزات هواشناسی، سخت-افزارها و نرم‌افزارهای پیمایش استفاده نمود. بایستی برای فرآیندهای تصمیم‌گیری در عملیات نگهداری زمستانی ( زمان و چگونگی عمل) نظارت ویژه‌ای نمود.

میزان نمک (یا سایر عامل‌های ضدیخ) بیشتری با تعداد دفعات بیشتری برای عملیات نگهداری زمستانی آسفالت متخلخل لازم است. توصیه می‌گردد که برای کنترل یخ‌زدگی از مایع‌های ضدیخ و ماشین‌های برف‌روب استفاده شود. پخش ماسه برای بالابردن اصطکاک منجر به پرشدگی فضای خالی آسفالت متخلخل می‌گردد و در نتیجه سبب کاهش زهکشی و خاصیت کاهش صدا (دو خاصیت کاربردی آسفالت متخلخل) می‌گردد. به خاطر اینکه عامل‌های ضدیخ مایع به جای ماندن بر روی سطح در داخل آسفالت متخلخل جاری می‌شوند توصیه می‌شود از مایع‌های ضدیخ آلی با گرانیوی بالاتر و تکنولوژی باردارکردن الکترواستاتیک (شبیه به قیر امولسیون) برای بهبود چسبندگی ضدیخ‌های مایع روی سطح استفاده گردد.

توصیه می‌شود برای نگهداری زمستانی آسفالت متخلخل، از محلول آب نمک با غلظت کمتر در تعداد دفعات بیشتر استفاده گردد. همچنین می‌توان از محلول‌های کلرید مایع به جای نمک‌های جامد استفاده نمود.

همچنین می‌توان از سیستم‌های الکترونیکی هشداردهنده<sup>۱</sup> برای آسفالت متخلخل استفاده نمود. یکی از روش‌هایی که اخیراً در سطح آزمایشگاهی مورد توجه قرار گرفته است نصب یک سیستم حرارتی در سازه راه در حین عملیات ساخت مسیر می‌باشد. بدین ترتیب که با نصب یک المان حرارتی بر اساس قانون ژول الکتریسیته به گرما تبدیل گردد. بکارگیری این روش موجب خواهد شد تا حرارت سطح روسازی آسفالت متخلخل بالاتر نگه داشته شود. نکات مهمی که در بهره‌گیری از این تکنولوژی باید مورد توجه قرار گیرد بهره‌گیری از مصالح مقاوم و نصب ایمن سیستم مدار در سازه راه می‌باشد.

### ۵-۳- نگهداری پیشگیرانه

با توجه به ساختار روسازی آسفالت متخلخل، راه‌کارهای نگهداری و تعمیر آن، به‌طور کامل شبیه روسازی آسفالتی با دانه‌بندی متراکم نمی‌باشد. مهم‌ترین روش‌های نگهداری پیشگیرانه در مخلوط‌های آسفالتی با دانه‌بندی باز، فاگ سیل<sup>۲</sup> می‌باشد.

در حال حاضر برنامه فراگیری برای نگهداری مخلوط‌های آسفالتی با دانه‌بندی باز وجود ندارد و تنها فاگ سیل برای نگهداری پیشگیرانه پیشنهاد می‌شود و انتظار می‌رود استفاده از این روش با توجه به تشکیل فیلم نازکی از قیر پیر نشده، عمر این روسازی‌ها را افزایش دهد. در مورد استفاده از فاگ سیل، استفاده از ۲۵۰ گرم بر مترمربع برای هر بار عبور و به‌صورت دوبار عبور و استفاده از ۵۰ درصد رقیق‌کننده قیر امولسیون بدون استفاده از جوانساز توصیه می‌گردد. پس از اجرای فاگ سیل، کاهش اولیه در اصطکاک روسازی اتفاق می‌افتد که پس از تردد یک ماهه وسایل نقلیه از روی آن، اصطکاک روسازی به حالت اولیه بر می‌گردد.

### ۵-۴- نگهداری اصلاحی

خرابی محتمل در سازه مخلوط‌های آسفالتی با دانه‌بندی باز، جداشدگی دانه‌ها می‌باشد. در اثر جدا شدن دانه‌ها در بخش‌های از روسازی چاله‌هایی ایجاد می‌گردد. به منظور تعمیر روسازی، این چاله‌ها با عملیات لکه‌گیری مرمت می‌شوند. بایستی توجه نمود که از مخلوط‌های آسفالتی با دانه‌بندی باز در تعمیر و لکه‌گیری روسازی‌های با مخلوط‌های

1- Electronic warning systems.

2- Fog Sea

آسفالتی دانه‌بندی باز استفاده گردد. در صورتی که سطح کمی آسیب دیده باشد می‌توان از مخلوط‌های آسفالتی با دانه‌بندی متراکم نیز در لکه‌گیری این روسازی‌ها استفاده نمود.

استفاده از درزگیری به منظور جلوگیری از افزایش ترک‌ها در نفوذپذیری این مخلوط‌ها اختلال ایجاد می‌نماید و بایستی تا حد امکان از درزگیری در این روسازی‌ها استفاده نگردد.

### ۵-۵- ترمیم

توصیه کلی در ترمیم مخلوط‌های آسفالتی با دانه‌بندی باز، جایگزینی مخلوط‌های آسفالتی با دانه‌بندی باز جدید به جای مخلوط قدیمی می‌باشد. همچنین توصیه می‌شود از مخلوط‌های آسفالتی با دانه‌بندی متراکم برای استفاده در قسمت‌های آسیب دیده استفاده نگردد زیرا این عمل منجر به کاهش عمر مخلوط آسفالتی متخلخل به دلیل عدم حذف آبهای سطحی و جمع شدن آنها می‌گردد.

بازیافت مخلوط آسفالتی متخلخل نیز منجر به ایجاد نفوذپذیری، دوام و نتایج مطلوب مانند مخلوط اولیه می‌گردد.

### مراجع:

- ۱- کورش جاپروند، بررسی و مقایسه مشخصات فنی آسفالت متخلخل با بتن آسفالتی، پایان نامه کارشناسی ارشد، -۱۳۸۰
- 2- Huber, G. Performance Survey on Open-Graded Friction Course Mixes. Synthesis of Highway Practice 284. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 2000.
- 3- Austroads, Australian Asphalt Pavement Association (AAPA), ARRB Transport Research Ltd. *Selection & Design of Asphalt Mixes: Australian Provisional Guide*. Australian Provisional Guide (APRG) Report No 18. Austroads Technical Report AP-T20/02, Austroads, Vermont South, Australia, 2002.
- 4- Kandhal, P. *Design, Construction, and Maintenance of Open-Graded Asphalt Friction Courses*. Information series 115. National Asphalt Pavement Association, Lanham, MD, 2002.
- 5- Alex E. Alvarez et al. "Synthesis of Current Practice on the Design, Construction, and Maintenance of Porous Friction Courses", Texas Department of Transportation, Federal Highway Administration. May 2006.

- 6- Manual, guidelines for the productin and construction, of a new generation *Open-Graded Friction Courses*.Georgia Department of Transportation, 2000.
- 7- Lily. D. Poulikakos, Empa,Michel Pittet, Laurent Arnaud, at all A, “Mechanical Properties of Porous Asphalt,Recommendations for Standardization”, Swiss Federal Laboratory for Materials Testing and Resarch, Empa, December 2006.
- 8- Ruiz A.: Mixture design porous asphalt in spain,1997.
- 9- Surface Asphalt Edited Nicholls , 1998
- 10- F. Bonemazzi, V. Braga, R. Corrieri, C. Giavarini, F. Sartori, Characteristics of Polymers and Polymer-Modified Binders,Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board,Volume 1535 / 1996.
- 11- B.MJ.A.Verhaeghe, at all, Properties of polymer and fiber modified porous asphalt mix, 6th conference of asphalt pavement for southern Africa,1994 .
- 12- Carsten Bredahl Nielsen, Porous pavement with PMB, DRI, 2006.
- 13- Voskuilen J.L.M., Tolman F., Rutten E.: Do modified porous asphalt mixtures have a longer service life?3rd Eurasphalt & Eurobitume Congress,Vienna,2004.
- 14- Nielsen C.B., Nielsen E.,Andersen J.B., Raaberg J.: Development of durable porous asphalt mixes from laboratory experiments 3rd Eurasphalt &Eurobitume Congress, Vienna, 2004.
- 15- Wegan V., Brûlé B.: Effect of design parameters on the microstructure of eva modified bitumen in special hot mixtures 2nd Eurasphalt & Eurobitume Congress, Barcelona , 2000.
- 16- Mouillet V., Kister J., Saury C., Martin D., Planche J.-P.: Towards a better understanding of polymer modified bitumens microstructure: Use of FTIR microscopy 2nd Eurasphalt & Eurobitume Congress, Barcelona, 2000.
- 17- Potgieter C.J., Sadler D.E., de Villiers E.M.: Bitumen Rubber Asphalt:Report on the long term performance in South Africa ISAP 9th International conference on Asphalt Pavements,2002.

- 18- Carsten Bredahl Nielsen, Durability of porous asphalt- Danish Road Institute, November 2006.
- 19- Rayner C., Rowe G.M.: Properties of mastics using different fillers with both unmodified and EVA-modified binders 3rd Eurasphalt & Eurobitume Congress, Vienna, 2004.
- 20- Hagos, E.T. : The effects of Ageing of Bituminous Mortar on the Ravelling of Porous Asphalt Surface Layers, a Literature Review, 2004.
- 21- Lari Kathryn Schaus, Porous asphalt pavement design: Proactive design for cold climate use, Waterloo University, Ontario, 2007.
- 22- Brown, E. Ray, L. Allen Cooley, Jr., and Donald E. Watson. *Evaluation of OGFC Mixtures Containing Cellulose Fibers*. NCAT Report No. 2000-05, December 2000.
- 23- Bjorn Birgisson, and Reynaldo Roque, Ph.D., P.E., of the University of Florida, EVALUATION OF THICK OPEN-GRADED AND BONDED FRICTION COURSES FOR FLORIDA, Department of transportation Florida, October 2006.
- 24- Rebecca S. McDaniel, FIELD EVALUATION OF POROUS ASPHALT PAVEMENT, North Central Superpave Center, Purdue University, 2004.
- 25- Porous Asphalt mixtures in Spain, By: A. Ruiz, R. Alberola, F. Perez and B. Sanchez, TRR, no. 1265, 1990.
- 26- British Standards Institute (BSI). Coated Macadam (Asphalt Concrete) for Roads and Other Paved Areas—Part 1: Specification for Constituent Materials and for Mixtures. BS 4987-1:2005. 2005.
- 27- PERFORMANCE-RELATED EVALUATION OF POROUS ASPHALT MIX DESIGN, Dr. Low Boon Hwee, 2004.
- 28- Porous Asphalt Porous Asphalt Pavements / Stone Recharge Beds, Brandon Milar Executive Director Northern California Asphalt Pavement, 2004
- 29- Federal Highway Administration. Open-Graded Friction Courses FHWA Mix Design Method. Technical Advisory T 5040.31. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington D.C., 1990.
- 30- Guidance Specification for Porous or Dense-Graded Hot-Mix Asphalt Pavement Structures for Storm Water Management, November 29, 2006.
- 31- UNHSC Design Specifications for Porous Asphalt Pavement and Infiltration Beds, University of New Hampshire Stormwater Center, July 2007.
- 32- Van der Zwan, J., T. Goeman, H. Gruis, J. Swart, and R. Oldenburger, "Porous Asphalt Wearing Courses in the Netherlands: State of the Art Review," Transportation Research Record 1265,

- 
- 33- Asphalt Institute, Executive Offices and Research Center, Asphalt Institute , Executive Offices and Research Center, 1995.
  - 34- ACTIVITIES OF POROUS ASPHALT ON EXPRESSWAYS, Masato Asahi, Kazumasa Kawamura, Japan highway public Corporation, 2005.
  - 35- A Comparison of Swiss and Japanese Porous Asphalt Through Various Mechanical Tests, Lily D. Poulidakos, EMPA Shigeki Takahashi, Japan Highway Public Corporation, JHRI Manfred N. Partl, EMPA, 2004.
  - 36- Optimizing the Design of Permeable Friction Courses (PFC) Texas Department of Transportation and the Federal Highway Administration, February 2008.

# پیوست ۱

---

---

دستور العمل انجام آزمایشها





### - آزمایش لوتمن اصلاح شده<sup>۱</sup> (ASHTO T-283)

آزمایش اصلاح شده لوتمن یا آشتو T-283 به منظور ارزیابی مقاومت در مقابل رطوبت مخلوط‌های متراکم شده

آسفالتی در شرایط اشباع و یا سیکل‌های ذوب و یخ آب انجام می‌شود. روش انجام این آزمایش به شرح زیر می‌باشد:

هر نوع از نمونه‌ها به دو گروه تقسیم‌بندی می‌شوند: گروه اول نمونه‌هایی هستند که مقاومت کششی غیر مستقیم

آنها در شرایط خشک بدست می‌آید. اما نمونه‌های گروه دوم ابتدا در شرایط اشباع قرار می‌گیرند و پس از طی کردن

سیکل یخ‌زدگی و ذوب‌شدگی (با غوطه‌وری در آب گرم) مقاومت کششی غیر مستقیم آنها بدست می‌آید. پس از انجام

آزمایش بر روی هر دو گروه از نمونه‌ها و بدست آمدن مقاومت کششی غیر مستقیم، نسبت مقاومت کششی غیر

مستقیم (TSR<sup>۱</sup>) معین می‌گردد.

نسبت مقاومت کششی غیر مستقیم با معادله زیر محاسبه می‌گردد:

$$TSR = S_2 / S_1$$

که در آن:

نسبت مقاومت کششی = TSR

متوسط مقاومت کششی نمونه‌های گروه اول (در شرایط خشک) بر حسب کیلوپاسکال =  $S_1$

متوسط مقاومت کششی نمونه‌های گروه دوم (در شرایط اشباع) بر حسب کیلوپاسکال =  $S_2$

مقاومت کششی هر یک از گروه‌ها با معادله زیر بدست می‌آید (AASHTO 2004d):

$$S_t = 2000 P / \pi t D$$

که در آن:

$S_t$  = مقاومت کششی غیر مستقیم بر حسب کیلوپاسکال

$P$  = بار ماکزیمم بر حسب نیوتن

$T$  = ضخامت نمونه بر حسب میلیمتر

$D$  = قطر نمونه بر حسب میلیمتر

یکی از مهم‌ترین کاربردهای آسفالت متخلخل زهکشی آب سطح روسازی می‌باشد بنابراین اجازه عبور آب از ساختار خود را می‌دهد و بسیار مهم می‌باشد که اثر آب یا رطوبت بر نمونه‌های آسفالتی متخلخل بررسی گردد. NCAT<sup>۲</sup> توصیه می‌کند که با توجه به بالا بودن درصد فضای خالی آسفالت متخلخل نمونه‌های گروه دوم در پنج سیکل یخ زدگی و ذوب شدگی قرار بگیرند.

### - آزمایش کانتابرو<sup>۳</sup>

یکی از مشکلات آسفالت متخلخل جدا شدگی سریع ذرات تشکیل‌دهنده<sup>۴</sup> آن می‌باشد، برای سنجش میزان اضمحلال نمونه آسفالتی متخلخل از آزمایش کانتابرو استفاده می‌شود. همچنین نتیجه حاصل از انجام این آزمایش می‌تواند برای بررسی چسبندگی مخلوط مورد استفاده قرار گیرد.

در این آزمایش نمونه‌های مارشال را در درون درام دستگاه آزمایش لس‌آنجلس (بدون گوی فلزی) قرار داده و درصد وزن مضمحل شده (جدا شده) از نمونه اولیه را پس از ۳۰۰ بار چرخش درام دستگاه با سرعت ۳۰ دور در دقیقه بدست می‌آورند. این آزمایش طبق استانداردهای کشور اسپانیا انجام می‌شود. آزمایش کانتابرو معمولاً در درجه حرارت‌های ۱۸، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتیگراد انجام می‌گیرد و بستگی به درجه حرارت انجام آزمایش نتایج افت وزنی، مورد انتظار متفاوت است.

جزئیات انجام آزمایش به این صورت است که ابتدا نمونه‌های مارشال با دقت ۰/۱ گرم وزن شده ( $P_1$ ) و سپس نمونه در دستگاه سایش لس‌آنجلس و بدون گلوله، قرار داده می‌شود. دمای محیط باید ۲۵ سانتیگراد بوده و نمونه به مدت ۴ ساعت در این دما باقی بماند. دستگاه بر روی ۳۰۰ دور و با سرعت ۳۳-۳۰ دور در هر دقیقه تنظیم می‌شود. پس از انجام آزمایش نمونه، دوباره با دقت ۰/۱ گرم ( $P_2$ ) وزن می‌شود. درصد فرسایش ( $P$ ) از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$P = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100$$

1 - the tensile strength ratio.

2 - the National Center for Asphalt Technology

3 - Cantabro Test

4 - Rapid Loss of Particles

پس از انجام آزمایش نمونه‌ها دوباره با دقت ۰/۱ گرم وزن و درصد سایش را برای تک‌تک نمونه‌ها محاسبه و از آنجا مقدار متوسط آنها، محاسبه می‌شود. مقدار متوسط سایش برای پنج نمونه نباید از مقدار مشخص شده در استاندارد که در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد غالباً ۲۰ درصد است، تجاوز نماید و برای هیچ نمونه‌ای از ۵۰ درصد بیشتر نباشد.

### آزمایش کانتابرو برای نمونه پیر شده

به منظور ارزیابی حساسیت مخلوط آسفالت متخلخل نسبت به اکسیداسیون زودرس از آزمایش کانتابرو بر روی نمونه‌های پیر شده استفاده گردد. در این آزمایش ۵ نمونه مارشال در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد در اون به مدت ۷ روز قرار داده و سپس نمونه‌ها در دمای محیط سرد گردد. در نهایت آزمایش کانتابرو روی این نمونه (نمونه پیر شده) مطابق نمونه جوان انجام می‌گیرد. میانگین مقدار افت وزنی در این آزمایش نباید بیشتر از ۳۰ درصد باشد.

### تعیین خصوصیات جاری شدن قیر (Draindown)، ASTM D6390

هدف از انجام این آزمایش، سنجش میزان جداسازی مصالح از نمونه مخلوط می‌باشد. مصالح خارج شده از سبد سیمی اندازه گیری می‌شوند. مصالح خارج شده از سبد سیمی می‌تواند قیر و یا ترکیبی از قیر، افزودنی‌ها و مصالح ریزدانه باشد. این آزمایش برای مخلوط‌های آسفالتی با دانه‌بندی باز مانند SMA و آسفالت متخلخل کاربرد دارد.

### تجهیزات مورد نیاز:

- آون که قادر به نگهداری دما در محدوده ۱۲۰ تا ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد باشد (آون بایستی دما را در محدوده  $\pm 2$  درجه سانتی‌گراد نگه دارد).
- سینی یا نگهدارنده مناسب بطوری که قادر به تحمل دمای آون باشد.
- سبد استاندارد سیمی
- ترازو با دقت ۰/۱ gr.

### تهیه نمونه

تعداد نمونه: برای هر مخلوط، آزمایش باید در دو دما انجام شود و برای هر دما دو نمونه آزمایش شود، بنابراین برای یک مخلوط آسفالتی، حداقل چهار نمونه بایستی امتحان شود.

دمای تولید مخلوط آسفالتی در کارخانه بایستی با توجه به نوع قیر و نوع مخلوط آسفالتی، پیش‌بینی شود. دمای آزمایش ۱۰ درجه سانتیگراد بیشتر از درجه حرارت تولید است.

## روش انجام

جرم خالی سبد سیمی محاسبه شود (A).

تعیین جرم سبد سیمی بعلاوه نمونه با خطای ۰/۱ گرم (B).

جرم ورق یا نگهدارنده تعیین و ثبت می‌گردد سپس نمونه به همراه سبد و سینی در یک آون از پیش گرم شده به مدت یک ساعت که دمای آن ۱۰ درجه سانتیگراد از درجه حرارت تولید بیشتر است، قرار داده می‌شود، با توجه به دمای مورد نیاز، مخلوط در زمان یک ساعت  $\pm 5$  دقیقه تهیه می‌شود.

بعد از مدت یک ساعت، مجموعه از آون خارج می‌شود و اجازه داده می‌شود تا سرد شود. سپس جرم ورق بعلاوه

میزان مصالح خارج شده با خطای ۰/۱ gr اندازه‌گیری می‌شود (D).

در نهایت با فرمول زیر میزان جاری شدن قیر محاسبه می‌شود:

$$\text{درصد جاری شدن} = (D-C)/(B-A) \times 100$$

که در آن:

A : جرم سبد خالی

B : جرم سبد و نمونه

C : جرم ورق یا نگهدارنده

D : جرم ورق بعلاوه مصالح خارج شده

## آزمایش نفوذپذیری

## الف - دستگاه نفوذسنج میدانی NCAT

دستگاه نفوذسنج میدانی NCAT<sup>1</sup> با آب کار می‌کند و ابزار مناسبی برای تعیین میزان زه‌کشی میدانی روسازی‌های متخلخل می‌باشد. این دستگاه افت هد آب را در یک دوره زمانی معین اندازه‌گیری می‌کند. در معادله محاسبه نفوذپذیری

(قانون دارسی)، می‌بایست ضخامت لایه مورد بررسی تعیین شده باشد. همچنین فرض بر این است که لایه مورد بررسی در حالت اشباع است و جریان در طول آن بصورت آرام<sup>۱</sup> می‌باشد.

ضریب نفوذپذیری لایه متخلخل توسط رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$k = \left( \frac{a \times L}{A \times t} \right) \times Ln \left( \frac{h_1}{h_2} \right)$$

که در آن:

$k$  = ضریب نفوذپذیری،  $a$  = سطح مقطع لوله،  $L$  = ضخامت مؤثر نمونه،  $A$  = سطح مقطع نمونه،  $t$  = زمان سپری شده در مدت افت هد،  $h_1$  = تراز آب در بالاترین حد و  $h_2$  = تراز آب در پایین‌ترین حد می‌باشد.



شکل پ ۱-۱- نمای دستگاه نفوذسنج میدانی NCAT

ب- دستگاه تعیین میزان زه‌کشی میدانی که در شرایط خلاء کار می‌کنند (دستگاه نوع AIP):

این دستگاه در شرایط خلاء کار می‌کند، استفاده از خلاء بجای آب، قابلیت کاربری ساده و حمل و نقل آسان را در پی دارد. همچنین با این دستگاه می‌توان به دفعات متوالی برداشت نمود.



شکل پ ۱-۲- نفوذسنج میدانی AIP

### آزمایش تعیین میزان صوت

دو روش کلی برای اندازه‌گیری صوت بوجود آمده از ترافیک وجود دارد که عبارتند از :

۱- اندازه‌گیری بروش کنار مسیر<sup>۱</sup>

صدای تولید شده توسط حرکت وسایل نقلیه را به صورت مجموع صداهای تولید شده اندازه‌گیری می‌کند.

۲- اندازه‌گیری بروش منشأ<sup>۲</sup>

در این روش، صوت ناشی از تماس چرخ و سطح در همان محل تماس اندازه‌گیری می‌شود. بنابراین تأثیر انواع روسازی‌ها را بر صوت قابل سنجش می‌باشد.

### الف - اندازه‌گیری کنار مسیر

این روش شامل جایگذاری میکروفن‌ها در یک فاصله مشخص از مسیر عبور وسایل نقلیه می‌باشد. دو روش بشرح زیر

برای اندازه‌گیری صوت کنار مسیر وجود دارد که با توجه به میزان جریان ترافیک، روش مناسب انتخاب می‌گردد.

1- Wayside Measurement

2- Source Measurement

- روش عبوری آماری<sup>۱</sup> که نیازمند شمارش وسایل نقلیه سبک به طور مجزا در یک جریان ترافیکی (یک خط عبور) است و مورد استفاده آن در مسیرهای با نرخ جریان ترافیکی کم می باشد. در این روش، میکروفن در فاصله ۷/۶ متر از خط وسط نزدیکترین مسیر عبور وسیله نقلیه و در ارتفاع ۱/۲ متر بالای سطح روسازی قرار گیرد.

- روش میانگین زمانی<sup>۲</sup> که برای جریان های ترافیک بیشتر و مسیرهایی که در آنها همزمان دو خط مورد بررسی قرار می گیرند مناسب تر است. در این روش، موقعیت قرارگیری میکروفن برابر با فاصله حدود ۳۰ متری از خط وسط نزدیکترین مسیر عبوری وسیله نقلیه می باشد.

در صورت استفاده از روش آماری، تراز صوتی همه وسایل نقلیه جمع آوری می شوند و نمودار صوت در مقابل سرعت رسم می شود. یک خط رگرسیون براساس داده های موجود رسم می گردد که از آن جهت مقایسه نتایج صوتی سایت ها یا روسازی های مختلف در سرعت یکسان استفاده می شود.

باید توجه نمود که محل مورد اندازه گیری از محل های تولید صدای غیر از ترافیک دور بوده و همچنین در منطقه ای با سرعت ثابت وسایل نقلیه باشد و سطح مسیر مورد آزمایش نیز باید صاف و مسطح باشد.

### ب- اندازه گیری منشأ (سنجش صدای حاصل از تماس چرخ و روسازی)

به منظور اندازه گیری صوت حاصله از تماس چرخ با روسازی به روش منشأ دو روش بشرح زیر وجود دارد که هر دو در فاصله بسیار نزدیک به چرخ وسیله نقلیه عمل می کنند. در این روش ها میکروفن های اندازه گیری با چرخ حرکت می کنند. در نتیجه اندازه گیری بصورت پیوسته انجام می گیرد.

۱- روش CPX<sup>۳</sup>

۲- روش CPI<sup>۴</sup>

---

1- Statistical by-pass method  
2- Time – averaged method  
3 - Close Proximity Method  
4 - Close Proximity Sound Intensity

**- روش CPX:**

روش CPX شامل اندازه‌گیری ترازهای صوت نزدیک سطح تماس چرخ و روسازی می‌باشد. این روش شامل جاگذاری میکروفن‌ها نزدیک محل تماس چرخ و روسازی، روی چرخ یک تریلر یدک یا وسیله‌نقلیه اصلاح شده، به منظور اندازه‌گیری مستقیم صوت حاصله از تماس چرخ و روسازی می‌باشد.

**- روش CPI:**

در روش CPI، دو میکروفن نزدیک بهم که در کنار چرخ معلق می‌باشند برای اندازه‌گیری شدت صوت استفاده می‌شوند. در این روش یک میله شدت‌سنج صوت بر روی یک خودروی استاندارد نصب می‌شود و بمنظور اندازه‌گیری ترازهای صوت حاصل از تماس چرخ و روسازی بکار می‌رود.



# پیوست ۲

---

---

چک لیست های لازم برای طرح اختلاط آسفالت



## مشخصات قیر

جدول پ ۲-۱- راهنمای انتخاب قیر پیشنهادی

میزان ترافیک	نوع قیر	حدود درصد قیر مورد توصیه	درصد پلیمر مورد توصیه *** (نسبت به وزن قیر)	درصد الیاف سلولزی و یا معدنی مورد توصیه
سنگین	* ۶۰-۷۰ اصلاح شده با پلیمر و الیاف	۴/۵-۷	۴-۵	۰/۳ درصد الیاف سلولزی یا ۰/۴ درصد الیاف معدنی
متوسط و کم	۶۰-۷۰ و الیاف * ۱۰۰-۸۵ اصلاح شده با پلیمر و الیاف	۴/۵-۷	۴-۵	۰/۳ درصد الیاف سلولزی یا ۰/۴ درصد الیاف معدنی

\* محصول پالایشگاه های تهران یا اصفهان

\*\* محصول پالایشگاه های اصفهان یا تبریز

\*\*\*

قیرهای حاصل از افزودنی SB۱ و یا SBS۲ باید با مشخصات D5976 ای اس تی ام مطابقت داشته باشند.

قیرهای حاصل از افزودنی SBR۳ باید با مشخصات D5840 ای اس تی ام مطابقت داشته باشند.

قیرهای حاصل از افزودنی EVA۴ باید با مشخصات D5841 ای اس تی ام مطابقت داشته باشند.

- 1 . Styrene Butadiene Block Copolymer.
- 2 . Styrene Butadiene Styrene Block Copolymer.
- 3 . Styrene Butadiene Rubber Latex.
- 4 . Ethyl Vinyl Acetate.

جدول پ ۲-۲- مشخصات فنی قیر مورد استفاده

درجه نفوذ				روش آزمایش		نوع آزمایش
۸۵-۱۰۰		۶۰-۷۰		اشتو	ای اس تی ام	
حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل			
۱۰۰	۸۵	۷۰	۶۰	T49	D5	درجه نفوذ ( دهم میلیمتر)
	۲۳۲		۲۳۲	T48	D92	درجه اشتعال ( سانتیگراد)
	۱۰۰		۱۰۰	T51	D113	خاصیت انگمی در ۲۵ درجه سانتیگراد(سانتیمتر)
	۹۹		۹۹	T44	D2042	درجه خلوص با تری کلرو اتیلن( درصد)
	۴۵		۴۹	T53	D36	نقطه نرمی قیر ( سانتیگراد)
۱		۸		T179	D1754	خصوصیات پس از آزمایش لعاب نازک قیر در ۱۶۳درجه سانتیگراد و به مدت ۵ ساعت : افت وزنی(درصد)
	۵۰		۵۴	T49	D5	نسبت درصد درجه نفوذ بعد از آزمایش به درجه نفوذ اولیه
	۷۵		۵۰	T51	D113	خاصیت انگمی(سانتیمتر)

## چک لیست مشخصات الیاف

نوع الیاف:  سلولزی  معدنی

جدول پ ۲-۳- چک لیست مشخصات الیاف سلولزی

مقادیر آزمایش	مشخصات	آزمایش
		۱- کارخانه سازنده
.....	حداکثر ۶ میلیمتر (۰/۲۵ اینچ)	۲- طول الیاف
.....	۶۰-۸۰	۳- دانه‌بندی: روش A: دانه‌بندی به روش Alpine - درصد عبوری از الک نمره ۱۰۰ (۰/۱۵ میلیمتر) روش B: دانه‌بندی به روش الک (Ro-Tap Sieve) - درصد عبوری از الک نمره ۲۰ (۰/۸۵ میلیمتر) - درصد عبوری از الک نمره ۴۰ (۰/۴۲۵ میلیمتر) - درصد عبوری از الک نمره ۱۰۰ (۰/۱۵ میلیمتر)
.....	۸۰-۹۵	
.....	۴۵-۸۵	
.....	۵-۴۰	
.....	۱۸ ±۵	۴- درصد خاکستر بدون مواد فرار (non volatiles)
.....	۷/۵ ±۱	۵- PH
.....	۵ ±۱ برابر وزن الیاف	۶- جذب روغن
.....	حداکثر ۵ درصد وزنی	۷- درصد رطوبت

جدول پ ۲-۴- چک لیست مشخصات الیاف معدنی

مقادیر آزمایش	مشخصات	آزمایش
		۱- نوع الیاف معدنی و کارخانه سازنده
.....	حداکثر متوسط نتایج آزمایش ۶ میلیمتر	۲- طول الیاف
.....	حداکثر متوسط نتایج آزمایش ۰/۰۰۵ میلیمتر	۳- ضخامت
.....	۹۰-۱۰۰	۴- مواد غیر الیافی - درصد عبوری از الک نمره ۶۰ (۰/۲۵ میلیمتر) - درصد عبوری از الک نمره ۴۰ (۰/۰۶۳ میلیمتر)
.....	۶۵-۱۰۰	

## مصالح سنگی

جدول پ ۲-۵- خصوصیات مورد نیاز مصالح سنگی

مقادیر بدست آمده از آزمایش	مشخصات	مشخصه یا آزمایش	
.....	حد اکثر ۲۰٪	آزمایش سایش لوس آنجلس	الف) مصالح سنگی درشتدانه
.....	حداکثر ۱۵٪	درصد افت وزنی با سولفات سدیم در پنج سیکل	
.....	حداکثر ۲۵٪	درصد افت وزنی با سولفات منیزیم در پنج سیکل	
.....	(نسبت ۵:۱) $\leq 5$ (نسبت ۳:۱) $\leq 20$	حداکثر تطویل و تورق (سنگدانه‌های پهن و دراز)	
.....	حداقل ۵۰	PSV ( BS812 : part 114 )	
.....	حداکثر ۲	درصد جذب آب	
.....	۱۰۰٪ حداقل ۹۰٪	درصد شکستگی در یک جبهه در دو جبهه و بیشتر	
.....	۱۰۰٪ ۱۵٪ ۵۰٪	درصد شکستگی حداکثر افت وزنی با سولفات منیزیم حداقل ارزش ماسه‌ای	ب) مصالح سنگی ریزدانه
.....	حداقل ۱٪	فیلمر معدنی آهک هیدراته	ج) فیلمر

## دانه‌بندی

نوع دانه‌بندی :

شماره ۱  شماره ۲  شماره ۳

جدول پ ۲-۶- حدود دانه‌بندی آسفالت متخلخل

درصد رواداری	درصد عبوری مورد استفاده	درصد عبوری مجاز از هر الک			شماره دانه‌بندی اندازه الک (mm)
		۳	۲	۱	
	.....	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۹
±۶	.....	۷۵-۱۰۰	۷۰-۱۰۰	۸۵-۱۰۰	۱۲/۵
±۶	.....	۶۰-۹۰	۳۸-۶۲	۵۵-۷۵	۹/۵
±۵	.....	۳۲-۵۰	۱۳-۲۷	۱۰-۲۵	۴/۷۵ (# ۴)
±۴	.....	۱۰-۱۸	۹-۲۰	۵-۱۰	۲/۳۶ (# ۸)
±۲	.....	۳-۶	۳-۶	۲-۴	۰/۰۷۵ (# ۲۰۰)
±۰/۳	رواداری قیر نسبت به قیر بهینه				

\* حداقل ضخامت اجرایی مورد توصیه برای این دانه‌بندی ها ۲/۵ سانتیمتر می‌باشد.

جدول پ ۲-۷- چک لیست مشخصات مخلوط آسفالتی متخلخل

مقدار در مخلوط مورد نظر	مقادیر مجاز	شرح
.....	حداقل ۲۰ درصد	درصد فضای خالی
.....	حداکثر ۰/۳ درصد	مقدار جاری شدن قیر
.....	حداکثر ۲۵ درصد	مقدار افت وزنی در آزمایش کانتابرو
.....	حداقل ۸۰ درصد	مقاومت کششی باقیمانده پس از انجام آزمایش لوتمن اصلاح شده نسبت به مقاومت اولیه
<input type="checkbox"/> مطلوب <input type="checkbox"/> نامطلوب	بر حسب کاربری متغیر است	نفوذپذیری
<input type="checkbox"/> مطلوب <input type="checkbox"/> نامطلوب	بر حسب کاربری متغیر است	کاهش صوت
<input type="checkbox"/> مطلوب <input type="checkbox"/> نامطلوب	بر حسب کاربری متغیر است	مقاومت لغزشی

## چک لیست آزمایش اصلاح شده لوتمن

مقاومت کششی در هر نمونه:

$$S_t = 2000 P / \pi t D$$

مقاومت کششی غیر مستقیم بر حسب کیلوپاسکال (  $S_t$  ) : .....بار ماکزیمم بر حسب نیوتن (  $P$  ) : .....ضخامت نمونه بر حسب میلیمتر (  $T$  ) : .....قطر نمونه بر حسب میلیمتر (  $D$  ) : .....متوسط مقاومت کششی نمونه‌های گروه اول (شرایط خشک) بر حسب کیلوپاسکال ( $S_1$ ): .....متوسط مقاومت کششی نمونه‌های گروه دوم (شرایط اشباع) بر حسب کیلوپاسکال ( $S_2$ ): .....نسبت مقاومت کششی  $TSR = S_2 / S_1$  ( ) : .....

.....	مقدر مجاز ( حداقل ۸۰ درصد)	مقاومت کششی باقیمانده پس از انجام آزمایش لوتمن اصلاح شده نسبت به مقاومت اولیه
-------	----------------------------	---



## چک لیست آزمایش کانتابرو

وزن نمونه‌های مارشال با دقت ۰/۱ گرم شده (P1) .....

وزن نمونه پس از انجام آزمایش لس آنجلس، دوباره با دقت ۰/۱ گرم (P2) .....

درصد فرسایش (p):  $(P = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100)$  .....

.....	مقدار مجاز (حداکثر ۲۵ درصد)	مقدار افت وزنی در آزمایش کانتابرو نسبت به وزن اولیه نمونه (در نمونه جدید)
.....	مقدار مجاز (حداکثر ۳۰ درصد)	مقدار افت وزنی در آزمایش کانتابرو نسبت به وزن اولیه نمونه (در نمونه با عمر ۷ روزه)

## چک لیست آزمایش زهکش شدن قیر (Draindown)

جرم سبد خالی سیمی (A) .....

تعیین جرم سبد سیمی بعلاوه نمونه با خطای ۰/۱ گرم (B) .....

جرم ورق یا نگهدارنده (C) .....

جرم ورق بعلاوه میزان مصالح خارج شده (بعد از مدت یک ساعت، قرارگیری در اون) (D) .....

.....	مقدار مجاز (حداکثر ۰/۳ درصد)	مقدار زهکش شدن قیر در آزمایش drain down
-------	------------------------------	---

**Islamic Republic of Iran  
Management and Planning Organization**

# **Guideline of Design, Construction and Maintenance of Porous Asphalt**

**No. 3 8 4 - 1**

Office of Deputy for Technical and Infrastructure  
Development Affairs  
Department of Technical and Executive Affairs

**Nezamfanni.ir**

The Ministry of Road & Urban Development

Road, Housing & Urban Development  
Research Center

**bhrc.ac.ir**

**2 0 1 5**