دوره آموزشی زیرسازی و روسازی راه و معابر

مدرس: دکتر وامق

دانشگاه صنعتی شیراز

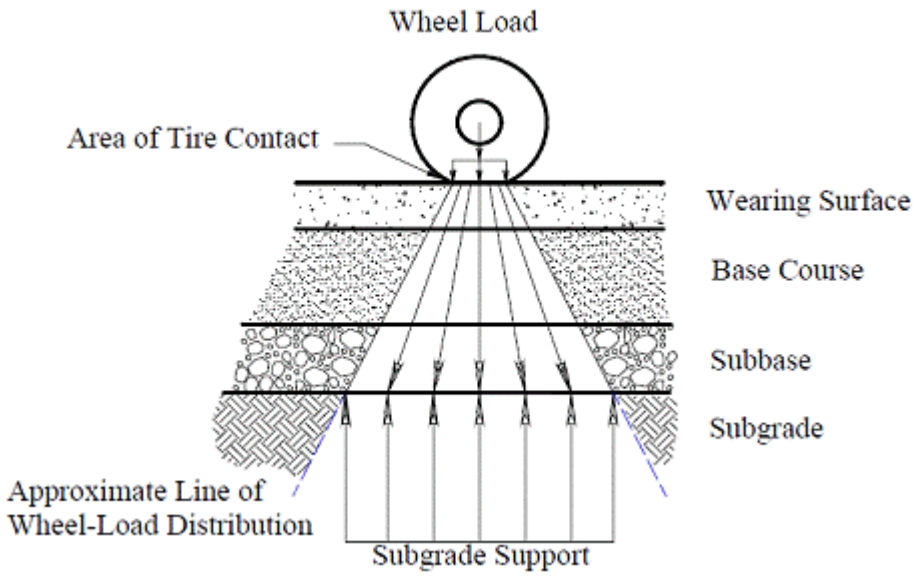
۲۴ مهرماه ۱۴۰۳

فصل اول

- **هدف از روسازی:** ایجاد یک سطح صاف و هموار که قابلیت تحمل وزن چرخ های وسایل نقلیه را داشته باشد و در طول عمر روسازی در تمام شرایط آب و هوایی پایداری خود را حفظ کند.
- روسازی بایستی به نحوی ساخته شود که بتواند وزن وسائل نقلیه را تحمل کند و در هر شرایط جوی قابل استفاده باشد.
- زمین در حالت طبیعی قدرت کافی برای تحمل بارهای وارده را ندارد و بارگذاری در این گونه خاکها سبب شکست برشی و بوجود آمدن تغییر شکل های بیش از اندازه در آن می شود.
- هدف از روسازی این است که شدت تنش های وارده ناشی از چرخ وسایل نقلیه یا هواپیما را کم کند.
- جنس و ضخامت لایه های روسازی باید به نحوی باشد که علاوه بر آنکه این تنش ها را برای لایه های پایینی کم می کند، خود نیز قادر به تحمل تنش های وارده باشد.
  - زیرسازی راه در خاکریزها مجموعه ای از یک سری لایه های طراحی شده با مصالح ها بر روی لایه های تحکیم شده زمین طبیعی می باشد.
  - زیرسازی راه در خاکبرداری ها مجموعه خاکبرداری در برش های سنگی و یا خاکی می باشد.
  - تا این قسمت زیر سازی راه گفته می شود و به مجموعه لایه های بعدی روسازی راه گویند.

توزیع تنش در لایه های خاکی :

- شدت تنش ها در نقاط مختلف واقع در زیر سطح بارگذاری شده حداکثر است و با ازدیاد فاصله از سطح بارگذاری شده از شدت تنش ها نیز کاسته می شود.



- با توجه به مفاهیم ذکر شده در ارتباط با توزیع تنش در ارتفاع های مختلف بهتر است به منظور رعایت مسائل اقتصادی ساختمان روسازی را در چند لایه طراحی و اجرا کرد.
- نحوه قرارگیری لایه های روسازی باید به نحوی باشد که لایه های با مصالح مقاوم تر در لایه های بالایی روسازی قرار گیرند و لایه های با مقاومت کمتر در لایه های پایین قرار گیرند.

کاربرد مطالعات ژئوتکنیک :

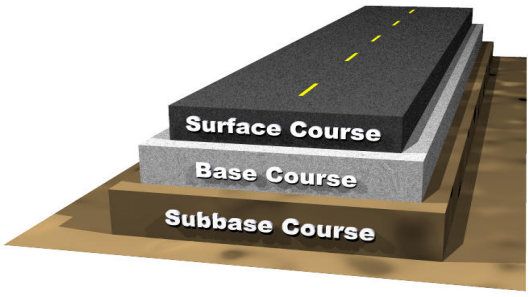
- در روسازی و به طور ویژه روسازی های انعطاف پذیر چون فشار ناشی از چرخ های وسایل نقلیه در سطح کمتری به بستر روسازی فشار وارد می کنند، در نتیجه شناخت رفتار خاک در بستر روسازی برای این نوع روسازی ها بسیار مهم است.
- برای شناخت خاک، نمونه برداری و گمانه زنی انجام می دهند.
- برداشت ها از محور راه و از کناره های راه پیشنهادی صورت می گیرد.
- فاصله نمونه ها بستگی به تنوع خاک دارد، هرچه تنوع خاک بیشتر باشد، فاصله نمونه ها کمتر انتخاب می شوند. این فاصله بین ۱۵ تا ۱۵۰ متر است.

هدف از انجام نمونه برداری :

- تعیین جنس و مشخصات خاک بستر
- تعیین محل و جنس خاک مناسب برای بکارگیری در خاکریزها
- تعیین محل و جنس مصالح مناسب جهت تثبیت خاک ها
- تعیین محل و جنس مصالح مناسب جهت به کارگیری در لایه های روسازی.

لایه های روسازی :

- روسازی ها معمولا از چند لایه تشکیل می شوند. تعداد، ضخامت، و جنس این لایه ها تابعی از:
  - مقاومت خاک بستر روسازی
  - خصوصیات آمد و شد وسائل نقلیه
  - شرایط جوی منطقه
  - مصالح موجود در محل
  - شرایط اقتصادی است.



شرح کلی لایه های روسازی :

- **بستر روسازی: بستر روسازی راه، سطح لایه متراکم شده خاکریزها، برشها و یا زمین طبیعی موجود و یا اصلاح شده است. این بستر طبق مشخصات و شرایط زیر آماده شده و اولین قشر روسازی راه روی آن قرار می گیرد. بستر روسازی، که نهایتاً پی روسازی راه محسوب می شود، کلیه بارهای وارده ناشی از جسم روسازی و وسایل نقلیه روی آن را تحمل می کند.**

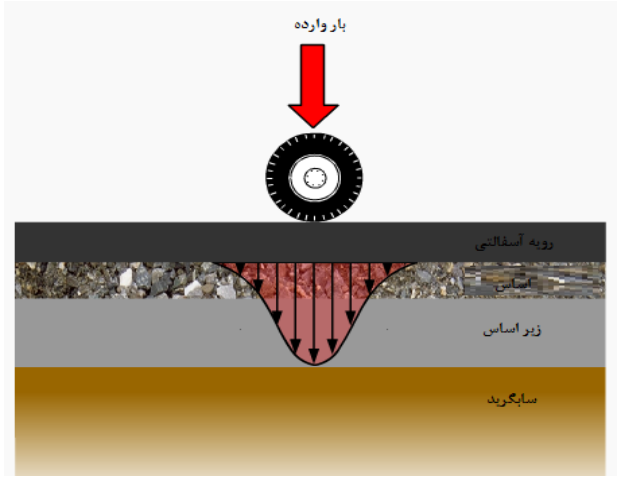
- **لایه زیراساس: زیر اساس معمولاً اولین قشر است که روی بستر آماده شده روسازی راه قرار می گیرد. این قشر با مشخصات و ضخامت معین، در تمام عرض بستر روسازی پخش و کوبیده می شود. این لایه معمولا از جنس مصالح سنگی شکسته و یا شن و ماسه ساخته می شود.**

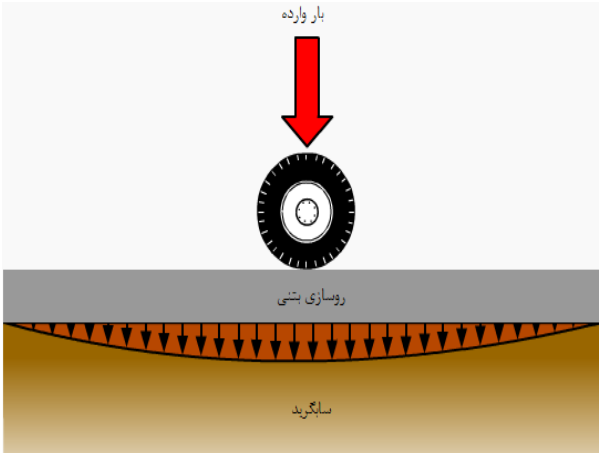
- **لایه اساس: لایه ای است که از مصالح مرغوب که بین لایه های رویه و زیراساس یا بین لایه رویه و خاک بستر روسازی قرار می گیرد. لایه اساس از جنس مصالح مرغوب نظیر سنگ شکسته، شن و ماسه شکسته و یا مصالح تثبیت شده با قیر، آهک و سیمان ساخته می شود.**

- **لایه رویه: لایه ای از جنس مصالح خیلی مرغوب و با مقاومت نسبتا زیاد که بالاترین لایه روسازی است و در تماس مستقیم با چرخ وسایل نقلیه قرار می گیرد.**

- **عواملی که در طراحی روسازی تاثیر دارند :**
  - **خاک بستر روسازی: که بایستی از لحاظ جنس و با نفوذ پذیری مورد بررسی قرار بگیرد.**
  - **مصالح روسازی: که بایستی از لحاظ مقاومت و دوام بررسی شوند.**
  - **میزان تردد که بایستی بر اساس تعداد محورهای پیش بینی شده در طول عمر روسازی، طراحی شود.**
  - **عوامل جوی: روسازی بایستی در سرما و گرما و تکرار بارندگی ها و یخبندان ها پایداری خود را حفظ کند.**

انواع روسازی : روسازی صلب و انعطاف پذیر





زیراساس

۱- تعریف :

زیر اساس معمولاً اولین قشر است که روی بستر آماده شده روسازی راه قرار می گیرد. این قشر با مشخصات و ضخامت معین، در تمام عرض بستر روسازی پخش و کوبیده می شود.

۲- عملکرد زیر اساس در روسازی

عملکرد زیر اساس در روسازی، بطور خلاصه بشرح زیر است:

تعدیل فشارهای وارده :

فشارهای وارده از قشرهای بالای روسازی به وسیله این قشر تعدیل و به بستر راه منتقل می گردد، به طوریکه تنش های ایجاد شده سبب نشست و یا تغییر شکل غیرمجاز بستر نشود. با تغییر ضخامت زیراساس می توان فشار وارده بر سطح بستر روسازی راه را تنظیم کرد.

خاصیت تراوایی :

قشر زیراساس باید بتواند آب های سطحی و یا آب های نفوذی شانه ی راه و یا آب های تراوشی را به نهرهای خارج جسم راه هدایت کند.

تقلیل ضخامت قشر اساس :

استفاده از مصالح زیراساس موجب تقلیل ضخامت روسازی و صرفه جویی در لایه های اساس و لایه های آسفالتی که مرغوبتر و گرانتر هستند می شود.

کاهش اثر یخبندان :

با افزایش ضخامت زیراساس، که مصالح آن در برابر یخ بندان حساسیت نداشته باشد، می توان عمق لایه مقاوم در مقابل یخ بندان را افزایش داد.

۳- انواع زیراساس :

انواع متداول زیراساس بشرح زیر است:

زیراساس با شن و ماسه رودخانه ای :

زیراساس معمولاً از شن و ماسه بستر رودخانه ها، مسیل های قدیمی، تپه های شن و ماسه ای یا واریزه ها و سایر معادن به دست می آید. چنانچه این مصالح دانه های درشت تر از حد مشخصات داشته باشد، بایستی آنها را به وسیله سرندهای مکانیکی سرند نموده و دانه بندی مناسب برای مصرف در قشر زیراساس را تامین کرد.

زیر اساس از سنگ شکسته کوهی یا قلوه سنگ شکسته :

سنگ های استخراج شده از معادن سنگ و یا قلوه سنگ های درشت طبیعی مي تواند در سنگ شکن شکسته و سپس سرند شده و پس از اختلاط با سایر مصالح، در قشر زیر اساس بکار رود.

زیر اساس تثبیت شده :

در محل هایی که مخلوط شن و ماسه رودخانه ای و یا سنگ شکسته کوهی طبق مشخصات در دسترس نباشد، میتوان با اضافه کردن مواد تثبیت کننده مانند سیمان و آهک و یا قیر آن را پایدار کرد. در زمینهایی که آلوده به مواد مضری هستند که روی سیمان اثر مخرب می گذارند و در جاهایی که احتمال رشد و روییدن گیاهان وجود دارد، از زیراساس آهکی، می توان استفاده کرد. زیراساس آهکی در این ادامه تشریح شده است، در پایدار نمودن پی راه ها، بزرگراه ها، خیابان ها، مسیرهای راه آهن، پارکینگها و غیره کاربرد دارد.

۴- مشخصات فنی زیر اساس :

زیر اساس رودخانه ای و سنگی

مصالح زیر اساس از شن و ماسه طبیعی و یا سنگ شکسته باید دارای مشخصات زیر باشد:

دانه بندی مصالح زیراساس با توجه به شرایط محلی باید با یکی از دانه بندیهای I تا V مندرج در جدول زیر مطابقت داشته باشد.

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

سایر مشخصات مصالح زیراساس رودخانه ای و سنگی باید با حدود مقادیر مندرج در جدول زیر مطابقت داشته باشد.

ردیف	شرح	حد مشخصات	روش های آزمایش	
			آشتو	ای اس تی ام
1	نشانه خمیری	حداکثر 6	T 90	D 4318
2	حد روانی	حداکثر 25	T 89	D 4318
3	ارزش ماسه ای (پس از کوبیدگی)	حداقل 30	T 176	D 2419
4	درصد سایش با روش لوس آنجلس	حداکثر 50	T 96	C 131
5	سیبیآر در تراکم 100 درصد آزمایشگاهی	حداقل 25	--	[D [2 1883
6	درصد افت وزنی با سولفات سدیم در 5 سیکل	حداکثر 12	T 104	C 88

۵- زیر اساس 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 بستر روسازی راه به منظور اصلاح خواص فیزیکی و مقاومتی آن انجام می گردد.

این عمل موجب افزایش قابلیت باربری و مقاومت خاک، کاهش حد روانی و نشانه خمیری خاک های رس دار می شود. اختلاط آهک سبب تقلیل تغییر حجم خاک، افزایش تراکم ذرات خاک رس، افزایش دوم آن در برابر تکرار دوره های یخ بندان- ذوب یخ و بالاخره تغییر در طبقه بندی خاک می گردد.

این تغییرات به علت ترکیب دوغاب آهک با رس تشکیل سیلیکات و آلومینات کلسیم است که سبب چسباندن دانه های خاک به یکدیگر (واکنش پوزولانی) می شود.

افزایش مقاومت خاک و آهک تدریجی بوده و با توجه به شرایط جوی، مدت زمانی به طول میانجامد و به همین مناسبت استفاده از زیراساس آهکی در مناطق گرم نتیجه مطلوب تری می دهد. درصد آهک مصرفی بهینه با روش ها و آزمایش های زیر تعیین می شود. انتخاب روش بر حسب شرایط با انتخاب مهندسین مشاور پروژه انجام شده که شرح کامل آن باید در مشخصات فنی خصوصی قید شود.

۶- اجرای انواع زیراساس :

پس از انتخاب معدن شن و ماسه، ابتدا دانه بندی مصالح مطابق روش آشتو T27 تعیین می گردد. چنانچه دانه های درشت تر از حد مشخصات وجود داشته باشد، قبل از حمل با سرند مکانیکی آنها را جدا می کنند، به طوری که مصالح سرند شده به طور هم آهنگ باحدود حداکثر و حداقل، در داخل محدوده یکی از دانه بندیهای تعیین شده در جدول قرار گیرد.

سپس سایر آزمایش های مندرج در جدول نیز انجام می گیرد. چنانچه نتایج در حد مشخصات باشد، مصالح حمل و روی بستر روسازی آماده شده راه ریسه می شود.

قبل از ریسه نمودن مصالح، سطح بستر روسازی بایستی براساس شیب های طولی و عرضی مندرج در نقشه ها تنظیم شده و ارقام نقاط مختلف آن با ارقام نظیر در نقشه ها باید اختلاف حداکثر ۲ ± سانتی متر مطابقت داشته باشد.

میزان مصالح ریسه شده روی سطح بستر روسازی متناسب با عرض بستر و ضخامت و میزان تراکم قشر زیراساس در هر مورد 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 ۱۰-۲۰ درصد بیش از ضخامت تئوریک تعیین شده در مشخصات پخش می گردد.

سپس با تانکرهای آب پاش روی مصالح پخش شده آب پاشی می شود. مقدار آب پاشی باید متناسب با رطوبت بهینه برای کوبیدن مصالح باشد که طبق روش آشتو T180 طریقه D تعیین می شود.

حداکثر ضخامت کوبیده شده زیراساس ۲۰ سانتیمتر میباشد.

در صورتیکه ضخامت کل زیراساس از ۲۰ سانتیمتر تجاوز نماید، مصالح در ۲ و یا چند لایه پخش می شود.

۷- کوبیدن قشر زیراساس :

کوبیدن قشر زیراساس از طرفین محور راه با استفاده از غلتکهای چرخ فولادی و یا غلتکهای چرخ لاستیکی به وزن حدود ۱۲ تن شروع می شود، ضمن آنکه جهت تسهیل کوبیدگی، می توان از غلتکهای لرزشی (ویبره) و یا غلتکهای استاتیکی– لرزشی نیز استفاده کرد. وزن غلتک باید طوری باشد که سنگدانه ها زیر چرخ غلتک شکسته نشود.

عملیات غلتک زنی و کوبیدن قشر زیراساس در قوس هایی که دارای شیب یک طرفه (بربلندی) می باشد، از داخل قوس شروع شده و به طرف خارج قوس ادامه می یابد.

قبل از اتمام کوبیدگی، سطح زیراساس مجدداً ترازیابی شده و ارقام نقاط با ارقام نقاط نظیر در نقشه های نیمرخ طولی و نیمرخ های عرضی مطابقت داده می شود. چنانچه اختلاف نهایی حداکثر ۲ سانتیمتر باشد کوبیدگی ادامه می یابد، در غیر اینصورت مصالح اضافی تراشیده شده و در نقاطی که مصالح کم می باشد پخش می شود. نهایتاً کسری مصالح به آن اضافه و با آن مخلوط شده و کوبیدگی تا حصول نتیجه ادامه می یابد.

تراکم نسبی لایه زیراساس، با آزمایش آشتو T191، باید برابر صددرصد وزن مخصوص خشک مصالحی باشد که در آزمایشگاه با روش آشتو اصلاح شده (آشتو T180) بدست می آید.

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 می شود.

۲-عملکرد اساس:

عملکرد اساس در روسازی عملکرد قشر اساس در روسازی بشرح زیر می باشد:

تحمل بارهای وارده :

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

خاصیت تراوایی :

قشر اساس که مشخصات فنی معین تهیه و پخش می شود دارای خاصیت تراوایی بیشتری نسبت به قشر زیراساس می باشد.

۳- انواع اساس :

انواع اساس در روسازی بشرح زیر می باشد:

اساس شن و ماسه ای رودخانه ای شکسته :

شن و ماسه حاصل از رودخانه ها را مشروط بر آن که دارای مشخصات فنی لازم باشد، می توان از سنگ شکن عبور داد و با دانه بندی لازم در قشر اساس بکار برد.

اساس سنگ کوهی شکسته و یا قلوه سنگ شکسته :

سنگهای استخراج شده از معادن سنگ و یا قلوه سنگ های درشت رودخانه ای در سنگ شکن ها، شکسته و سپس سرند می شود و براساس مشخصات تعیین شده در قشر اساس بکار می رود.

اساس ماکادامی :

اساس ماکادامی از سنگ کوهی و یا سنگ های رودخانه ای شکسته تشکیل می شود. مصالح دانه درشت براساس مشخصات پخش و سپس مصالح ریزدانه برروی آن پخش شده و به روش خشک و یا مرطوب کوبیده می شود.

اساس قیری :

مشخصات کامل اساس قیری در فصول آینده شرح داده خواهند شد.

۴- مشخصات فنی اساس :

کلیات اساس با مصالح شن و ماسه شکسته شده و یا مصالح سنگ کوهی و یا قلوه سنگ شکسته شده باید دارای مشخصات فنی بشرح زیر باشد: دانه بندی مصالح اساس، با توجه به شرایط محلی، باید با یکی از دانه بندی های مندرج در جدول زیر مطابقت داشته باشد. و در صورت امکان، شیب منحنی دانه بندی مصالح، متناسب با شیب منحنی میانی دانه بندی انتخابی بوده و به صورت پیوسته باشد.

نوع دانه‌بندی / شماره الک	درصد وزنی رد شده از هر الک				
	I	II	III	IV	V
۵۰ میلیمتر (۲ اینچ)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	--	--
۳۷/۵ میلیمتر (۱ ۱/۲ اینچ)	۹۵ – ۱۰۰	--	--	۱۰۰	--
۲۵ میلیتر (۱ اینچ)	--	--	۷۵ – ۹۵	۷۰ – ۱۰۰	۱۰۰
۱۹ میلیمتر (۳/۴ اینچ)	۷۰ – ۹۲	--	--	۶۰ – ۹۰	--
۹/۵ میلیمتر (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)*	۰ – ۸	۲ – ۸	۲ – ۸	۲ – ۸	۲ – ۸

سایر مشخصات مصالح اساس :

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

ردیف	شرح	حد مشخصات	روش های آزمایش	
			آشتو / بی اس	ای اس تی ام
1	نشانه خمیری	حداکثر 4	T 90	D 4318
2	حد روانی	حداکثر 25	T 89	D 4318
3	ارزش ماسه‌ای پس از کوبیدگی	حداقل 40	T 176	D 2419
4		حداکثر 45	T 96	C 131 535
5	درصد سایش با روش لوس-آنجلس	حداکثر 12	T 104	C
6		حداقل 80	--	C 88
7	درصد افت وزنی با سولفات سدیم	حداقل 75	-	D 1883
8	سی بی آر – درصد درصد شکستگی در دو جبهه – مانده روی الک 5/9 میلیمتر درصد ضریب تورق مصالح	حداکثر 35	B.S .812	D 2158

۵- اجرای انواع اساس :

پس از آنکه دانه بندی مصالح اساس از سنگ کوهی شکسته و یا شن و ماسه شکسته در محدوده یکی از دانه بندي های مندرج در جدول قرار گرفت و سایر مشخصات آن نیز با جدول مربوط مطابقت داشت، میتوان آنها را به روی سطح آماده شده زیراساس یا بستر روسازی راه حمل و پخش کرد. ضخامت هر قشر اساس کوبیده شده میتواند بین ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر انتخاب شود و در هیچ حالتی از ۲۰ سانتیمتر تجاوز نکند.

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

پس از آنکه مصالح به طور یکنواخت در سطح راه پخش شد، با تانکرهای آبپاش به اندازه ای آبپاشی می شود که رطوبت آن تا ۱.۵± درصد رطوبت بهینه برسد.

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

مخلوط آسفالت

کلیات :

مخلوط های قیری که در ایران به آسفالت موسوم هستند از اختلاط قیر و سنگدانه به دست می آیند.

از آسفالت برای لایه های رویه، اساس و زیراساس راه ها و فرودگاه ها استفاده می شود.

مقاوم ترین لایه روسازی است که بیشترین سهم را در تحمل تنشهاي ناشی از بارهای ترافیکی به خود اختصاص میدهد.
مقاومت بالای لایه آسفالتی ناشی از ترکیبی از مصالح سنگی با دانه بندی مناسب و قیر به عنوان چسبنده مخلوط آسفالتی است.

معمولا اجرای مخلوط های آسفالتی در سطح راه در دو لایه آسترو رویه انجام مي گیرد. قشر آستر قبل از قشر رویه اجرا مي شود و سهم مقاومتی بیشتری نیز در مقایسه با قشر رویه برای آن منظور مي کنند.

میتوان گفت که این قشر در حقیقت توسعه قشر اساس است با این تفاوت که اساس معمولا از مصالح متراکم غیرچسبنده تشکیل می شود ولی قشر آستر همواره آسفالتی است.

قشر رویه در مقایسه با لایه های دیگر اهمیت خاصی در روسازی دارد. از آنجا که چرخهای وسایل نقلیه مستقیما با این قشر تماس دارند، قشر رویه باید به اندازه کافی یکنواخت و هموار باشد تا جاده اطمینان و راحتی مناسبی داشته باشد. همچنین باید مقدار ضریب اصطکاک این قشر با چرخ وسیله نقلیه به اندازه ای باشد که موجب سرخوردگی آن و بروز سانحه نگردد. همچنین لایه رویه باید در برابر عوامل جوی نیز دوام داشته باشد تا دچار فرسودگی زودرس نشود.

انواع روسازی های آسفالتی :

مخلوط های آسفالتی بر اساس کاربری، مشخصات مصالح و شرایط ساخت به صورت آسفالت گرم، آسفالت سرد، آسفالت نیمه گرم، آسفالت حفاظتی و آسفالت ماکادام نفوذی و ... تقسیم بندی میگردند.

- **مخلوط آسفالتی گرم**
- **مخلوط آسفالتی نیمه گرم**
- **مخلوط آسفالتی سرد**
- **آسفالت حفاظتی**
- **آسفالت ماکادام نفوذی**

مخلوط آسفالت گرم :

مخلوط آسفالتی گرم یک نام عمومی برای نامگذاری مخلوط های مختلف قیری است که در آن سنگدانه، قیر و آب در دمای ۱۳۵ تا ۱۶۵ درجه سانتیگراد با یکدیگر ترکیب می شوند. مخلوط آسفالتی گرم (HMA) مخلوطی است از سنگدانه های شکسته و دانه بندی 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 می شود.

دوام زیاد، تولید یکنواخت، کنترل درجه حرارت و رطوبت مصالح و آماده شدن سریع برای عبور ترافیک، از مزایای HMA می باشد که بدون هیچگونه محدودیتی در راه ها، خیابانها، فرودگاه ها، پایانه ها، و پارکینگ ها مورد مصرف قرار می گیرد.

در خیلی از کشورها عملیات اجرای روسازی های مخلوط آسفالتی گرم منحصر به فصل تابستان است، زیرا در زمستان اساس اجرا شده سرد بوده و باعث می شود قبل از اینکه هوای بهینه مخلوط بدست آید، مخلوط سرد شده و در نتیجه عملیات پرداخت و تراکم روسازی ناقص صورت گیرد. HMA بیشتر از سایر دیگر مخلوط های آسفالتی در روسازی راه ها استفاده شده و عمومیت بیشتری دارد. HMA در کلیه قشرهای مختلف روسازی راه و در شرایط جوی و ترافیکی متفاوت، بدون محدودیت ویژه قابل مصرف است در حالی که در شرایط مشابه، کاربرد سایر انواع مخلوط های آسفالتی محدودیتهای زیادی دارد.

اجرای مخلوط آسفالت گرم آسفالتی :

- **آماده سازی سطح راه**

قبل از حمل و پخش مخلوط آسفالتی گرم، سطح راه در طول کافی از هر نظر آماده و مهیا میشود. اگر عملیات آسفالتی روی قشرهای تقویت شده سنگی، زیراساس، اساس شکسته و یا رویه آسفالتی اجرا شود، هرگونه ناهمواری و پستی و بلندی این سطوح بایستی قبل از هر چیز مرمت گردد. پس از آماده کردن سطح راهی که مخلوط آسفالتی باید روی آن پخش شود، عملیات پخش با توجه به شرایط زیر صورت می گیرد.

- **پخش مخلوط آسفالتی**

مخلوط آسفالتی گرم با دستگاه خودکار و مکانیکی (فینیشر) پخش میشود. فینیشر میتواند مخلوط آسفالتی را به طور یکنواخت در عرض و ضخامت و شیب مندرج در نقشه‌های اجرایی پخش نماید. فینیشرهای مجاز مجهز به کوبنده‌های ارتعاشی هستند و می توانند آسفالت را در قشرهایی به ضخامتهای مختلف و در عرضی که کارخانه سازنده دستگاه تعیین کرده است، پخش کنند. در صورتی که مخلوط آسفالتی در بیش از یک قشر پخش شود، اتصالهای طولی و عرضی هر قشر، با حدود ۱۵ سانتیمتر از اتصالهای نظیر قشر زیرین فاصله خواهد داشت. حداقل ضخامت هر لایه آسفالتی دو تا سه برابر حداکثر اندازه سنگدانه و حداکثر ضخامت با توجه به شرایط اجرایی و نوع غلطک ها می‌باشد که توسط دستگاه نظارت تعیین می‌شود.

- **تراکم لایه آسفالتی**

پس از پخش، عملیات تراکم لایه آسفالتی در چند مرحله صورت میگیرد. عملیات تراکم در مرحله اول که بلافاصله بعد از پخش مخلوط آسفالتی شروع می‌شود با غلطک سه‌چرخ، یا غلطک های ردیف و یا لرزشی اجرا می‌گردد. وقتی که غلطک سه‌چرخ و غلطک های ردیف و یا لرزشی با هم کار می‌کنند، غلطک (ردیف دوچرخ یا سه‌چرخ) باید بلافاصله پشت فینیشر و بقیه غلطک ها بعد از آن عمل نمایند. چرخی که نیروی محرکه غلطک را تامین مینماید باید به طرف فینیشر باشد تا از جمع شدن آسفالت در جلوی چرخ جلوگیری نماید.

انواع مخلوط آسفالت گرم :

- **بتن آسفالتی**
- **آسفالت متخلخل**
- **آسفالت متخلخل با مصالح درشت دانه از دهه ۱۹۵۰ به منظور غلبه بر مسائل آبپیمایی در سطح راه و افزایش مقاومت لغزشی در شرایط بارندگی در باند پرواز فرودگاه مورد استفاده قرار گرفت. وقتی این نوع آسفالت در رویه راه ها استفاده شود، جریان آب می تواند از میان خلل و فرج آن عبور کرده و زهکش گردد.**
- **مخلوط های آسفالتی سنگدانه ای**

امروزه سيستم حمل و نقل كشورها بواسطه مسائلي از قبيل: افزايش حجم ترافيك، افزايش بارهاي محوري، افزايش صداي سطح آسفالت، ايمني، اهميت دوام و طول عمر آسفالت، راحتي رانندگان، نياز به تكنولوژي هايي با صرفه اقتصادي بالا، نياز به استفاده از تكنولوژي جديد آسفالت دارد كه در مقابل تغيير شكل مداوم و لغزندگي مقاوم بوده، به كاهش سطح صداي سطح آسفالت و هزينه هاي تعمير و نگهداري كمك نمايد.

آسفالت متخلخل:

- قسمت اعظم ترکیب این نوع مخلوط آسفالتی را سنگدانه هاي نسبتا درشت شکسته هم اندازه تشکیل می دهد که بهمراه آن مقدار کمی ماسه و گردسنگ وجود دارد. دراین نوع آسفالت مقدارکمی قیر (حدود ٤%) براي پوشش مصالح بکار میرود و مخلوط طوري طراحی می شود که حدود ٢٠%فضاي خالی داشته باشد و در نتیجه فضاهاي خالی این نوع آسفالت زیاد است.

مخلوط های آسفالت سنگدانه ای (SMA) :

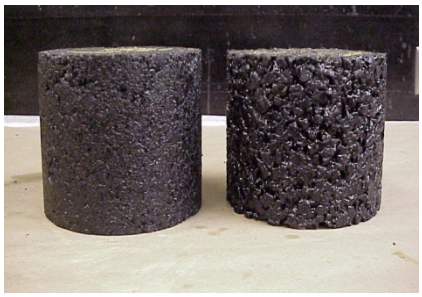
ساختار SMA به شرح زیر است :

تشکیل يك ساختار سنگي محکم و با دوام (self-support) با استفاده از مصالح شکسته با کیفیت بالا

ایجاد لایه ضخیمي از قیر بواسطه افزایش محتواي قیر

تضمین نفوذ ناپذیري مخلوط در برابر رطوبت بواسطه فضاهاي خالي کم

مخلوط های آسفالتی سنگدانه ای در واقع نوعي آسفالت با استخوان بندي سنگ دانه اي و دانه بندي میان تهي است. بدین معنا که در این نوع آسفالت درصد مصالح درشت دانه شکسته و مستحکم به حداکثر و مصالح با دانه بندي ریز به حداقل مي رسد. علاوه بر این، درصد قیر و فیلر در این نوع آسفالت بیش از مخلوط هاي آسفالتي گرم است که خود به افزایش دوام و طول عمر آسفالت مي انجامد. .



مخلوط آسفالت نیمه گرم (WMA) :

افزایش نگرانی های جهانی در مورد آلودگی های زیست محیطی و افزایش انتشار گازهای گلخانه ای باعث شده است تا مهندسین روسازی تلاش های گسترده ای را برای کاهش آلاینده های ناشی از دمای زیاد اختلاط و تراکم آسفالت، بدون اینکه تاثیر قابل توجهی در خواص مخلوط بگذارد، انجام دهند. همچنین افزایش قیمت انرژی و تصویب قوانین سخت زیست محیطی دلایل دیگر ادامه این تلاش ها بود.
توجهات زیادی که امروزه صنعت آسفالت به مخلوط آسفالت نیمه گرم نشان داده است نیاز به تحقیقات گسترده ای برای تعیین قابلیت اجرای این فناوری ها را توجیه میکند. برخی از کشور های اروپایی هم اکنون استفاده از آسفالت نیمه گرم را آغاز کرده اند. امروزه آسفالت نیمه گرم بسیار مورد توجه قرار گرفته است و این بدلیل قابلیت منحصر به فرد آن در کاهش دما در زمان تولید و اجرا می باشد. در این نوع آسفالت با استفاده از مکانیزم‌های خاص، ویسکوزیته قیر در زمان تولید و اجرا کاهش یافته و امکان پوشش سنگدانه ها با قیر در هنگام مخلوط کردن و همچنین متراکم نمودن آسفالت در محل اجرا را در دمای پایینتر نسبت به آسفالت گرم فراهم میکند.

بطور موردی می توان برخی از فواید کاهش دمای مخلوط و اجرا را نام برد که عبارتند از :

- **انتشار کمتر گاز و مواد مضر در طول ساخت و اجرا**
- **مصرف کمتر انرژی**
- **فرسایش کمتر کارخانه**
- **کاهش پیرشدگی قیر**
- **باز شدن سریعتر محل اجرا بر روی ترافیک**
- **قابلیت اجرای آسفالت در هوای سرد**
- **تراکم بهتر با صرف انرژی کمتر**

مخلوط آسفالت سرد (CMA) :

- **آسفالت سرد از اختلاط سنگدانه‌ها با قیرهای محلول، قیرآبه‌ها و یا قطران در دمای محیط تهیه و در همین دما پخش و متراکم می‌گردد. سنگدانه‌ها در زمان اختلاط با قیرآبه می‌تواند مرطوب باشد ولی برای قیرهای محلول، رطوبت مصالح باید در دمای محیط و یا تحت اثر حرارت خشک شود.**
- **آسفالت سرد در قشرهای رویه، آستر و اساس قیری برای ترافیک سبک و متوسط و در قشر اساس آسفالتی برای ترافیک سنگین و خیلی سنگین می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. از طرفی آسفالت سرد را می‌توان در قشر رویه برای ترافیک سبک و یا متوسط مصرف نمود و چنانچه در آینده ترافیک سنگین شد آن را با آسفالت نیمه گرم روکش نمود.**
- **آسفالت سرد را مي توان در مسافت هاي زياد حمل و سپس پخش كرد و يا آن را در كارگاه انبار نمود و بعدا مورد استفاده قرار داد.**
- **آسفالت سرد را بر حسب روش تهيه و اجرا مي توان به دو نوع آسفالت سرد كارخانه اي و آسفالت سرد مخلوط در محل تقسيم كرد. آسفالت سرد كارخانه اي در كارخانه هاي ثابت و مركزي آسفالت تهيه مي شود و سپس براي پخش به محل مصرف حمل مي گردد.**
- **از مهم ترین مزایای آسفالت سرد می توان موارد زیر را نام برد:**
  - **کاهش اثرات منفی زیست محیطی تهیه مخلوط های آسفالتی گرم**
  - **امکان تهیه آسفالت سرد در محل**
  - **کاهش هزینه های مصالح نسبت به HMA**
  - **قابل استفاده در محدوده های دمایی گسترده**
- **اما عیب اصلی آسفالت سرد، حساسیت به شرایط آب و هوایی است. پخش آسفالت سرد نباید در هوای بارانی یا زمانی که رطوبت هوا بالاست انجام گیرد و کار کردن در شرایط خشک یکی از ملزومات کار با آسفالت سرد است.**

آسفالت حفاظتی :

آسفالتهای حفاظتی نوعی از رویه آسفالتی است که در سطح راه های شنی و یا آسفالتی اجرا می‌شود. ضخامت این آسفالت کمتر از ۲۵ میلیمتر است و لذا به عنوان لایه باربر روسازی راه محسوب نمیگردد و عملکرد سازه‌ای ندارد. آسفالتهای حفاظتی برای غیر قابل نفوذ کردن بستر راه، جلوگیری از گرد و غبار، افزایش مقاومت سایشی و لغزشی راه و نیز بهسازی موقت رویه های موجود آسفالتی و بتنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. کاربرد انواع آسفالتهای حفاظتی به ترافیک سبک و متوسط محدود می‌گردد و هریک نیز به منظور خاصی اجرا می‌شوند.

آسفالت ماکادام نفوذی :

- **آسفالت ماکادام نفوذی نوعی از روسازی راه است که از مصالح سنگی شکسته درشت‌دانه با دانه‌بندی یکنواخت و یا باز تشکیل شده و به وسیله غلطک کوبیده و در هم قفل و بست گردیده و سپس فضای خالی بین آنها ابتدا با قیر تحت فشار و بلافاصله با مصالح سنگی متوسط پر شده باشد. مصالح سنگی درشت‌دانه از شکستن سنگ کوهی و یا رودخانه‌ای بدست می‌آید.**

- **آسفالت ماکادام نفوذی معمولا در مناطقی بکار برده می‌شود که مصالح سنگی رودخانه‌ای با دانه‌بندی پیوسته یافت نشود. آسفالت ماکادام نفوذی را می‌توان به عنوان قشر اساس و یا قشر رویه بکار برد.**

- **خاصیت نفوذپذیری قشر آسفالت ماکادام نفوذی در مقابل عوامل جوی و آسیب‌پذیری آن در مقابل رفت و آمد ترافیک ایجاب می نماید که سطح حاصله با یک نوع رویه پوشش گردد.**

- **ضخامت لایه آسفالت ماکادام نفوذی معادل ضخامت متوسط یک سنگدانه است که بر حسب نوع دانه‌بندی انتخابی تعیین می‌شود و میانگین آن حدود ۷۵ میلیمتر است.**

مخلوط آسفالت - خصوصیات سنگدانه ها

مصالح سنگی :

مصالح سنگی معمولا یا به طور طبیعی در طبیعت یافت می شوند و یا بطور مصنوعی و بصورت غیرمستقیم بصورت تفاله بعضی از کارخانجات ذوب فلزات تولید می شود. مصالح سنگی طبیعی گاهی بصورت آماده از بستر رودخانه ها و یا معادن شن و ماسه ای که در طول مسیر راه ها قرار دارند بدست میآید لیکن در اغلب موارد لازم است که مصالح سنگی را از شکستن سنگهای موجود در معادن سنگ تهیه کرد.

شکستن سنگ در کارخانجات سنگ شکن که انواع مختلفی دارد انجام می شود. اگر مقدار سنگ شکسته مورد نیاز برای تهیه آسفالت قابل توجه باشد از کارخانجات سنگ شکن ثابت و در غیر اینصورت از کارخانجات سنگ شکن سیار استفاده می شود.

برای تهیه سنگ شکسته، ابتدا سنگ های بزرگ موجود در معادن سنگ با استفاده از مواد منفجره شکسته می شود و سپس این سنگ ها به کارخانه سنگ شکن حمل می شود. در کارخانه سنگ شکن این سنگها در یک یا چند لایه به کمک سنگ شکن ها شکسته می شود تا دانه بندی لازم بدست آید.

سنگ شکن‌ها انواع مختلفی دارند بر حسب نوع استفاده سنگ شکن‌ها به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند:

- **۱- سنگ شکن‌های فکی: از این دستگاه جهت خرد کردن کانی‌های درشت و بزرگ (بالاتر از ۲۰ سانتیمتر) به سایزهای کوچکتر استفاده می‌شود و انواع مختلفی دارد.**

- **۲- سنگ‌شکن‌های چکشی: استفاده این دستگاه بیشتر جهت خرد کردن کانی‌هایی با ابعاد متوسط (۰ تا ۲۰۰ میلیمتر) و در انواع بزرگتر تا ۴۰۰ میلیمتر به ابعاد کوچکتر جهت مصارف گوناگون مانند شن و ماسه، شن بتن سازی، موزاییک، آسفالت و امثال آن است.**

- **۳- ماسه سازها: از انواع سنگ شکنهایی هستند که جهت دانه‌بندی و فراوری در معادن شن و ماسه مورد استفاده قرار می‌گیرند و معمولا جهت خرد کردن کانی‌هایی با ابعاد متوسط (۳۰ تا ۵۰ میلیمتر) استفاده می‌شوند.**

- **مصالح سنگی شکسته شده دارای قابلیت باربری و استقامت بیشتری نسبت به مصالح گردگوشه است زیرا دانه های اینگونه مصالح دارای لبه های تیز و سطحی زبر بوده و بهتر در یکدیگر قفل و بست می شود.**

- **مصالح شکسته از مصالح رودخانه ای یا گردگوشه گران تر بوده و از این نظر در مواردی که به هر دو نوع مصالح دسترسی وجود دارد باید عوامل اقتصادی را در نظر گرفت. در مواردی که تنها انتخاب استفاده از مصالح روخانه ای است، باید بمنظور افزایش استقامت و ظرفیت باربری بیشتر، مصالح سنگی را شکسته و سپس مورد استفاده قرار داد.**

❖ امروزه علاوه بر مصالح سنگی طبیعی، استفاده از مصالح سنگی مصنوعی نیز در اغلب ممالک صنعتی دنیا متداول گشته است. این مصالح بطور غیرمستقیم و بصورت تفاله کارخانه هایی نظیر کارخانه آهن گدازی بدست می آید. این مصالح که به اسلگ موسوم است سیلیسی بوده و به علت داشتن وزن مخصوص کمتر از وزن مخصوص آهن دربالای کوره آهن گدازی جمع شده که می توان آنرا به سادگی جمع کرد. این مواد را معمولا در اثر سرد کردن ناگهانی که به کمک پاشیدن آب بر روی مواد مذاب صورت می گیرد خرد کرده و از آن در راهسازی استفاده می کنند.

مصالح سنگی که در مخلوط های مورد استفاده قرار می گیرد باید دارای مشخصات ویژه ای باشند. مشخصات مورد نظر عبارتند از:

دانه بندی – سختی – دوام – تمیزی - شکل دانه ها - کیفیت - سطح دانه ها

دانه بندی :

جدول ۳۰-۱ انواع دانه‌بندیهای پیوسته مخلوطهای آسفالت گرم

اندازه الک	درصد وزنی رد شده از هر الک						
	۱	۲	۳	٤	٥	٦*	۷**
	اساس قیری	اساس قیری و استر	اساس قیری و استر	استر و رویه	رویه	رویه	رویه
۵۰ میلیمتر (۲ اینچ)	۱۰۰	–	–	–	–	–	–
۳۷/۵ میلیمتر ($1\frac{1}{2}$ اینچ)	۹۰–۱۰۰	۱۰۰	–	–	–	–	–
۲۵ میلیمتر (۱ اینچ)	–	۹۰–۱۰۰	۱۰۰	–	–	–	–
۱۹ میلیمتر ($\frac{3}{4}$ اینچ)	۵۶–۸۰	–	۹۰–۱۰۰	۱۰۰	–	–	–
۱۲/۵ میلیمتر ($\frac{1}{2}$ اینچ)	–	۵۶–۸۰	–	۹۰–۱۰۰	۱۰۰	–	–
۹/۵ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ اینچ)	–	–	۵۶–۸۰	–	۹۰–۱۰۰	۱۰۰	–
۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴)	۲۳–۵۳	۳۹–۵۹	۳۵–۶۵	۴۴–۷۴	۵۵–۸۵	۸۰–۱۰۰	–
۲/۳۶ میلیمتر (شماره ۸)	۱۵–۴۱	۱۹–۴۵	۲۳–۴۹	۲۸–۵۸	۳۲–۶۷	۶۵–۱۰۰	۹۵–۱۰۰
۱/۱۸ میلیمتر (شماره ۱۶)	–	–	–	–	–	۴۰–۸۰	۸۵–۱۰۰
۰/۶ میلیمتر (شماره ۳۰)	–	–	–	–	–	۲۵–۶۵	۷۰–۹۵
۰/۳ میلیمتر (شماره ۵۰)	۴–۱۶	۵–۱۷	۵–۱۹	۵–۳۱	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

سایر خصوصیات :

جدول ۲۰-٤ مشخصات سنگدانه‌های بتن آسفالتی

شرح	اساس قیری	آستر	رویه	روش آزمایش	
				AASHTO	ASTM
۱- مصالح درشت‌دانه					
حداکثر سایش به روش لوس آنجلس (درصد)	۴۵	۴۰	۳۰	T96	C131
حداکثر افت وزنی با سولفات سدیم (درصد)	۱۲	۸	۸	T104	C88
حداکثر جذب آب (درصد)	-	۲/۵	۲/۵	T85	C127
حداکثر ضریب تورق با روش BS812 (درصد)	۳۵	۳۰	۲۵	-	-
حداقل شکستگی:					
در یک جبهه روی الک شماره ۴ (درصد)	۵۰	-	-	-	D5821
در دو جبهه روی الک شماره ۴ (درصد)	-	۸۰	۹۰	-	D5821
حداقل چسبندگی با قیر (درصد)	۹۵	۹۵	۹۵	T182	-

❖ **سختی یا سایش :**

سنگدانه هاي مورد استفاده در هنگام تهيه مخلوط آسفالتي بايد در برابر وزن وسائل نقليه سنگين و همچنين وزن غلتكها مقاومت كافي داشته و نبايد در اثر تنشهاي ناشي از وزن آنها شكسته و خرد شوند. با استفاده از سایش لس آنجلس، نشانه ای از مقاومت مصالح سنگی در برابر تنش های وارد به آن به دست می آید. سختي مصالح سنگي با انجام آزمايش سايش لوس آنجلس مطابق استاندارد ASTM C131 بدست مي آيد. آئين نامه روسازي آسفالتي راههاي ايران (نشريه ٢٣٤) مقادير مجاز سايش به روش لوس آنجلس را پيشنهاد كرده است.

پس از آماده شدن ۵۰۰۰ گرم نمونه سنگ دانه ، دو سري ۲۵۰۰ گرمي نمونه را با هم مخلوط كرده و درون دستگاه لوس آنجلس مي گذارند. درون دستگاه لوس آنجلس زائده اي وجود دارد كه باعث مي شود سنگدانه ما كه در اين آزمايش شن است ، هنگامي كه استوانه شروع به چرخش مي كند و شن نيز همراه آن مي چرخد، در حين حركت به زائده برخورد كرده و به كف استوانه در حال چرخش خورده و ساييده شود، علاوه بر زائده، ۱۱ گلوله فولادي درون استوانه وجود دارد كه آنها نيز به ساييده شدن دانه هاي شن كمك مي كنند، حدود ۱۷ دقيقه اين دستگاه مي چرخد. تعداد دور درحدود ۵۰۰ دور در نظر گرفته می شود.

در صد سایش لس آنجلس از تقسیم مقدار سنگدانه عبوری از الک ۱۰ به مانده بر روی الک ۱۰ به دست می آید.

❖ **دوام:**

مصالح سنگی که در ساختن آسفالت ها به کار می رود باید در برابر عوامل جوی مقاوم باشند. مصالحی که در ساختن در اثر یخبندان و یا در اثر تغییرات رطوبت شکسته و خرد می شوند نباید در لایه های آسفالتی روسازی مصرف شوند. نشانه ای از مقاومت مصالح در برابر عوامل جوی به کمک آزمایش دوام و با استفاده از سولفات سدیم و منیزیم انجام گیرد.

مقدار معینی از مصالح سنگی پس از آنکه به مدت ۱۸-۱۶ ساعت در محلول اشباع شده سولفات سدیم و یا منیزیم قرار رفت از محلول خارج شده و در یک گرمخانه با گرمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد قرار گرفته تا کاملا خشک شود. این عمل معمولا ۵ بار تکرار می شود. پس از آن نمونه مصالح دوباره دانه بندی می شود و میزان افت دانه بندی به عنوان شاخص دوام در نظر گرفته می شود.

مصالح سنگی در برابر سولفات منیزیم مقاومت کمتری در مقایسه با سولفات سدیم از خود نشان می دهد و لذا میزان افت آنها بیشتر است.

❖ تمیزی:

مصالح سنگی آسفالت ها باید تمیز باشد و از هر گونه مواد خارجی و مضره از قبیل مواد آلی، سنگهای نرم وکم دوام و خاک رس عاری باشد. برای تعیین مقدار نسبی خاک رس و مواد ریزدانه در مصالح سنگی از آزمایش هم ارز ماسه(ارزش ماسه ای) استفاده می شود. در این آزمایش مقدار معینی از مصالح سنگی عبوری از الک شماره ۴ که حاوی مقدار معینی کلرور سدیم، گلیسیرین و فرمالدهید است قرار داده شده و با تکان دادن شدید استوانه حاوی نمونه و آب، مواد رسی و ریزدانه از لوله جدا می شوند و به صورت مواد معلق در بالای لایه ماسه قرار می گیرند. با قرائت ارتفاع ستون مواد رسی و ریزدانه معلق در آب(Hc) و همچنین قرائت ارتفاع ماسه ته نشین شده(Hs) که با استفاده از میله مخصوصی انجام می گیرد مقدار هم ارز ماسه مصالح سنگی مورد آزمایش تعیین می شود.

$$SE = \frac{H_s}{H_c} * 100$$

❖ خصوصیت سطح و شکل سنگدانه ها:

استقامت و قابلیت باربری لایه های آسفالتی متناسب با استقامت و قابلیت باربری مصالح سنگی آن است. از این جهت مصالح سنگی باید دارای زاویه اصطکاک داخلی زیادی باشد تا دانه های آن بخوبی در یکدیگر قفل و بست شده و در اثر نیروهای خارجی استقامت زیادی داشته باشد.

مصالح سنگی شکسته بیش از مصالح سنگی طبیعی(گردگوشه) دارای استقامت و ظرفیت باربری است. در مواردی که دسترسی به مصالح سنگی کاملا شکسته ممکن نباشد می توان از مصالح طبیعی شکسته شده در لایه های بتن آسفالتی استفاده کرد.

میزان شکستگی مصالح سنگی با انجام آزمایش تعیین درصد شکستگی تعیین می شود. نحوه انجام آزمایش بدین صورت است که پس از آنکه قسمت درشت دانه مصالح سنگی از کل نمونه سنگدانه جدا شد تک تک دانه ها مورد بررسی قرار گرفته و تعدا وجوه شکسته آنها تعیین می شود.

درصد شکستگی از تقسیم وزن دانه هایی که دارای بیش از یک و یا دو (بستگی به مورد) جبهه شکسته دارند به کل وزن دانه ها به دست می آید.

اندازه الک برای جداسازی اندازه ذرات درشت دانه از کل نمونه در استانداردهای مختلف و بسته به نوع مخلوط آسفالت متفاوت است. این اندازه معمولا الک شماره ۴ یا ۸ می باشد.

دانه های مصرفی علاوه بر داشتن سطوح شکسته سطحی زبر داشته باشند و باید از بکار بردن مصالح با دانه های پهن و یا دراز برای تهیه آسفالت خودداری شود. دانه های سوزنی یا صفحه ای در اثر وزن غلطک ها و یا حرکت وسایل نقلیه خرد شده و مقاومت مخلوط را کاهش می دهند.

طبق آیین نامه ASTM دانه های پهن یا دراز به دانه هایی اطلاق می شود که نسبت بزرگترین بعد به کوچکترین بعد منشور محاطی آن دانه بزرگتر از عدد ۵ باشد.

❖ جذب قیر:

دانه های مصالح سنگی باید قادر باشند تا قیر مصرفی را به خوبی جذب کرده و نگهدارند تا عمل چسبیدن دانه های دانه های سنگی به یکدیگر به خوبی صورت گیرد. هر اندازه اندود قیری بهتر به دانه ها بچسبد و بیشتر پایدار باشد استقامت آسفالت نیز بیشتر بوده و دوام آن نیز بیشتر خواهد بود.

سنگهای آهکی، دولومیت و بازالت که درصد آهک در آنها بالاست بخوبی قیر را جذب کرده و سطح قیر اندود شده حتی در مجاورت آب بسیار پایدار است. اینگونه سنگها به سنگهای هایدروفوبیک (آبگریز) مرسوم است. سنگهای سیلیسی نظیر کوارتز یا گرانیت اندود قیری را به خوبی نداشته و این اندود بخصوص در مجاورت آب بسهولت از مصالح سنگی جدا می شود. این نوع سنگها به هایدروفیلیک (آبدوست) مرسوم هستند.

مخلوط آسفالت- خصوصیات قیر

قیر:

قیر جسمی هیدروکربنی است به رنگ سیاه تا قهوه‌ای تیره که در سولفید و تتراکلرید کربن کاملا حل می‌شود. قیر در دمای محیط، جامد است. اما با افزایش دما، به حالت خمیری درمی‌آید و پس از آن مایع می‌شود. کاربرد مهم قیر به علت وجود دو خاصیت مهم این ماده است؛ غیرقابل نفوذ بودن در برابر آب و چسبنده بودن.

قیر استخراج شده از نفت یا سنگ‌های معدنی مخصوص، قیر خالص نام دارد که با توجه به منشاء تشکیل، طبقه‌بندی می‌شود. قیرهای خالص همچنین برای اینکه خواص مورد نظر برای کاربردهای مختلف را پیدا کنند، تحت فرآیندهای دیگر قرار می‌گیرند و انواع مختلف قیر را (ازجمله قیر دمیده، قیر محلول، قیر امولسیون، قیر پلیمری و...) را تشکیل می‌دهند.

اما برخی از انواع قیر در طبیعت و در اثر تبدیل تدریجی نفت خام و تبخیر مواد فرار آن در اثر گذشت سال‌های بسیار زیاد به دست می‌آید. چنین قیری، قیر طبیعی نامیده می‌شود و دوام آن بیشتر از قیرهای نفتی است. چنین قیری ممکن است به‌صورت خالص در طبیعت وجود داشته باشد (قیر دریاچه‌ای) مانند دریاچه قیر بهبهان ایران و دریاچه قیر ترینیداد آمریکا، یا از معادن استخراج شود (قیر معدنی).

قیر از تعداد زیادی مولکولهای هیدروکربوری که بصورت کلوئیدی در یکدیگر معلق هستند تشکیل میشود. هیدروکربورهای موجود در قیر را می توان به یکی از سه دسته آسفالتین ها، رزین ها و روغن ها تقسیم کرد.

آسفالتین ها اسکلت ساختمانی قیر را تشکیل می هند، رزین ها در میزان چسبندگی قیر و قابلیت شکل پذیری موثر هستند و روغن ها بر کندروانی آنها تاثیرگذار است.

قیرهای مورد استفاده در راهسازی :

قیر طبیعی (چشمه قیر یا قیر معدنی)

قیر نفتی

- **قیر خالص**
- **قیر دمیده**
- **قیر محلول**
- **قیر امولسیون**

قیرهای خالص:

قیرهايي كه مستقيما در برج تقطير در خلاء پالايشگاه به دست مي آيد و يا مختصري در جريان فرآيند هوادهي قرار مي گيرد قيرهاي خالص ناميده مي شود. اين قيرها بايد همگن و فاقد آب بوده و دماي گرم كردن آن هيچ گاه از ۱۷۶ درجه سانتيگراد تجاوز ننمايد.

قيرهاي خالص در اثر فشار و حرارت به صورت مايع غليظ و آبگون تغيير شكل مي دهد و در حرارت كم حالت الاستيك و فنري دارد.

در حين تقطير نفت خام، روغن های سبک تر در درجه حرارت های پایین تبخیر شده و با بالارفتن درجه حرارت روغن های سنگین تر جدا می شوند. آنچه در ته این برجها باقی می ماند، قیر خالص است. با تنظیم درجه حرارت و فشار داخل برجهای تقطیر می توان قیرهای با درجه سختی متفاوتی بدست آورد.

در راهسازي بايد از قيرهاي نفتي استفاده شود، چنانچه مصرف قير معدني در پروژه اي مورد نظر باشد، نسبت اختلاط قير نفتي يا قير معدني بايد در مشخصات فني خصوصي قيد شود.

مشخصات فنی قیرهای خالص:

جدول ۱۴-۱ مشخصات فنی قیرهای خالص

نوع آزمایش	روش آزمایش		درجه نفوذ									
			۴۰-۵۰		۶۰-۷۰		۸۵-۱۰۰		۱۲۰-۱۵۰		۲۰۰-۳۰۰	
	ای اس تی ام	آشتو	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
درجه نفوذ ($\frac{1}{10}$ میلیمتر)	D5	T49	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۹۵	۱۰۰	۱۲۰	۱۵۰	۲۰۰	۳۰۰
درجه اشتعال (سانتیگراد)	D92	T48	۲۳۲		۲۳۲		۲۳۲		۲۱۸		۱۷۶	
خاصیت انگمی در ۲۵ درجه سانتیگراد (سانتیمتر)	D113	T51	۱۰۰		۱۰۰		۱۰۰		۱۰۰		۱۰۰	
درجه خلوص با تری‌کلرور اتیلن (درصد)	D2042	T44	۹۹		۹۹		۹۹		۹۹		۹۹	
نقطه نرمی قیر (سانتیگراد)	D36	T53	۵۲	۶۰	۴۹	۵۶	۴۵	۵۲	۴۰	۴۶	۳۵	۴۰

قیرهای دمیده:

قیرهای دمیده از دمیدن هوای داغ به قیر خالص در مرحله آخر عمل تصفیه به دست می آید.

نحوه عمل بدین صورت است که قیر خالص را که در حالت مایع و با درجه حرارت زیاد است وارد محفظه مخصوص کرده و از قسمت پایین این محفظه به کمک لوله های سوراخ دار هوای داغ با گرمای ۳۰۰-۲۰۰ درجه سانتیگراد به آن دمیده می شود تا اینکه قیر خصوصیات مورد نظر را پیدا کند.

اتمهای هیدروژن موجود در هیدروکربورهای قیر در اثر دمیدن هوا با اکسیژن موجود در هوا ترکیب شده و تبدیل به آب و هیدروکربورهای سنگین تر می شود. قیر دمیده دارای درجه نفوذ بیشتری نسبت به قیر اولیه است.

این قیرها درمقایسه با قیرهاي خالص اولیه حساسیت کمتري در برابر حرارت دارند ودرجة نفوذ آنها کمتر است.

قیرهای دمیده کمتر در راهسازی مورد استفاده قرار می گیرد و از آنها برای ساختن ورق های پوشش بام، باطری اتومبیل، قیرپاشی زیراتومبیل، رنگهای ضد آب و اندود کاری استفاده می شود.

در ایران دو نوع قیر دمیده **R80/25** و **R 90/15** ساخته می شود. مقادیر ۲۵ و ۱۵ درجه نفوذ و اعداد ۸۰ و ۹۰ درجه نرمی آنها است.

قیرهای محلول :

قیرهای محلول که به آنها قیرهای پس برگشت یا قیرهای مخلوط گفته می شود از حل کردن قیرهای خالص در روغن های نفتی نظیر بنزین، نفت، نفت گاز و نظایر آن بدست می آید.

نوع و خصوصیات قیر محلول بستگی به نوع و نسبت درصد روغن به کار رفته برای حل کردن قیر خالص در آن دارد. هر اندازه مقدار روغن نفتی در قیر محلول بیشتر باشد روانی آن بیشتر و کندروانی آن کمتر خواهد بود. درصد روغنهای نفتی موجود در قیرهای محلول ۱۰ تا ۵۰ درصد است.

قیرهاي محلول در راهسازي براي اندودهاي سطحي، نفوذي، آسفالت سطحي، آسفالت سرد کارخانه اي و یا آسفالت مخلوط در محل، مصرف مي شوند.

قیرهای محلول بر اساس کندروانی شان درجه بندی می شوند. کندروانی بر اساس کندروانی کینماتیکی اندازه گیری می شود.

مشخصات قیرهای محلول :

نوع روغن نفتی به کار رفته برای تهیه قیرهای محلول در سرعت گرفتن آنها تاثیر می گذارد. اگر از بنزین برای حل کردن قیر خالص استفاده شود قیر مایع به دست آمده را قیر تندگیر **(RC)**، اگر از نفت استفاده شود آنرا کند گیر**(MC)** و اگر از روغن های سنگین تری نظیر نفت گاز یا نفت کوره استفاده شود به آن دیرگیر**(SC)** می گویند.

قیرهاي زودگیر بر حسب کندرواني، در چهار نوع و ۳۰۰۰ - **RC**۸۰۰- **RC** ۲۵۰ **RC** – ۷۰ **RC** -

درجه بندي شده که اعداد پسوند معرف کندرواني قیر، بر حسب صدم استکس است.

قیرهاي کندگیر در پنج نوع درجه بندي مي شود که کندرواني آنها در ٦٠ درجه سانتیگراد از حداقل ۳۰

تا حداکثر ٦۰۰۰ سانتي استکس، تغییر مي کند.

در ایران علاوه بر قیرهای فوق از نوع دیگری از قیر محلول به نام **S-125** نیز استفاده می شود که از ترکیب ۹۰ درصد قیر خالص ۱۰۰-۸۰ به دست می آید و برای اندودهای سطحی و نفوذی از آن استفاده می شود.

:

جدول ۱۴-۳ مشخصات فنی قیرهای محلول کندگیر

آزمایش		روش آزمایش		درجه قیر کندگیر									
		ای اس تی ام	آشتو	MC-۳۰		MC-۷۰		MC-۲۵۰		MC-۸۰۰		MC-۳۰۰	
				حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
کندروانی صدم سینماتیک در ۶۰ °C (cst)		D2170	T201	۳۰	۶۰	۷۰	۱۴۰	۲۵۰	۵۰۰	۸۰۰	۱۶۰۰	۳۰۰۰	۶۰۰۰
نقطه اشتعال (ظرف روباز)	°C	D3143	T79	۳۸	--	۳۸	--	۶۶	--	۶۶	--	۶۶	--
مقدارآب	٪	D95	T55	--	۰/۲	--	۰/۲	--	۰/۲	--	۰/۲		
درصد حجمی مواد تقطیر شده	۲۲۵ °C	D402	T78	--	۲۵	۰	۲۰	۰	۱۰	--	--	--	--
در درجه حرارتهای روبرو به مواد	۲۶۰			۴۰	۷۰	۲۰	۶۰	۱۵	۵۵	۰	۳۵	۰	۱۵
تقطیر شده در ۳۶۰ °C	۳۱۵			۷۵	۹۳	۶۵	۹۰	۶۰	۸۷	۴۵	۸۰	۱۵	۷۵
درصد حجمی قیر باقیمانده از تقطیر ۳۶۰ °C				۵۰	--	۵۵	--	۶۷	--	۷۵	--	۸۰	--
آزمایش روی قیر باقیمانده از تقطیر	درجه نفوذ(۱/۱۰ میلیمتر)*	D5	T49	۱۲۰	۲۵۰	۱۲۰	۲۵۰	۱۲۰	۲۵۰	۱۲۰	۲۵۰	۱۲۰	۲۵۰
	خاصیت انگمی (سانتیمتر)	D113	T51	۱۰۰	--	۱۰۰	--	۱۰۰	--	۱۰۰	--	۱۰۰	--
	حلالیت در تری‌کلرور اتیلن (٪)	D2042	T44	۹۹	--	۹۹	--	۹۹	--	۹۹	--	۹۹	--

توضیح: نمونه‌گیری قیر با روش D140 ای اس تی ام یا آشتو T40 انجام می‌شود.

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

امولسیون های قیر :

این نوع از قیر از مخلوط کردن قیر و آب به کمک یک ماده امولسیون ساز به دست می آید. قیر در این نوع مخلوط در آب حل نشده بلکه به صورت گلبول یا کره هایی به قطر یک صدم تا یک هزارم میلی متر در آب شناور است. آب فاز پیوسته و قیر فاز ناپیوسته این مخلوط را تشکیل می دهد.

بکار بردن ماده امولسیون ساز سبب می شود بار الکتریکی مثبت یا منفی در سطح دانه های قیر ایجاد شود. نیروی دافعه ناشی از این بار مانع به هم پیوستن ذرات قیر شده و از لخته شدن دانه های قیر به هم جلوگیری می کند.

امولسیون های قیر معمولا دارای ۰.۵ درصد ماده امولسیون ساز و ۳۰-۵۰ درصد آب هستند.

امولسیون های قیر پس از مصرف و تماس با مصالح سنگدانه شکسته شده و قیر آن به صورت لایه نازکی از سطح دانه ها را اندود کرده و آب آن بخار شده یا جریان پیدا کرده و از سیستم خارج می شود.

نشانه شکستن امولسیون قیر تغییر رنگ آن از قهوه ای به سیاه است. عواملی که در سرعت شکستن امولسیون موثر هستند عبارتند از نوع ماده امولسیون ساز، جنس و خصوصیات مصالح سنگی، درجه حرارت هوا، رطوبت نسبی محیط، سرعت باد و عوامل مکانیکی مانند رفت و آمد وسایل نقلیه.

قیرهای محلول بر اساس کندروانی شان درجه بندی می شوند. کندروانی بر اساس کندروانی کینماتیکی اندازه گیری می شود.

امولسیون های قیر (قیرآبه):

از قیرآبه ها برای تهیه انواع مخلوط های آسفالت سرد کارخانه ای و یا مخلوط در محل، آسفالت سطحی، اندودهای قیری، درزگیری، اندود سطحی، اندود نفوذی و لکه گیری رویه های آسفالتی، تثبیت خاک و ماسه و غبارنشانی می توان استفاده کرد.

برای مصرف قیرآبه ها معمولا به حرارت نیازی نیست لذا از نظر اقتصادی و ایمنی بر انواع دیگر قیرها برتری دارند. اختلاط قیرآبه ها با سنگدانه های مرطوب و یا پخش قیرآبه روی بستر شنی مرطوب و یا آسفالتی راه در عملکرد قیرآبه ها تاثیر منفی ندارد.

از نظر زیست محیطی و اقتصادی، قیرآبه ها مناسب ترین و با صرفه ترین جایگزین برای قیرهای محلول محسوب می شوند زیرا:

- **انرژی مصرفی برای گرم کردن آنها به مراتب کمتر از قیرهای محلول است**
- **به جای تبخیر و تصعید حلالهای نفتی موجود در قیرهای محلول و انتشار آنها در محیط زیست که موجب آلودگی شدید می ود در قیرآبه ها فقط آب تبخیر می شود.**

انواع قیرآبه ها بر حسب نوع بار ذره ای ایجاد شده در سطح دانه های شناور قیر به دو گروه اصلی تقسیم می شوند:

- **با استفاده از قیرآبه سازهای املاح قلیایی اسیدهای آلی، سطح دانه های قیر دارای بار منفی می شود. این قیرآبه ها را آنیونیک می گویند که خود در سه نوع زودشکن، کندشکن و دیرشکن تقسیم میشوند.**
- **با استفاده از قیرآبه سازهای از نوع ترکیبات آلی نمکهای آمونیوم و یا آمینهای سطح دانه های قیر دارای بار مثبت می شوند. این قیرآبه ها را قیرآبه های کاتیونیک می نامند. این قیرآبه ها نیز در سه نوع زودشکن، کندشکن و دیرشکن تقسیم می شوند.**

افزودنی های قیر :

امروزه علاوه بر قیر و مصالح سنگی تشکیل دهنده مخلوطهای آسفالتی از مواد دیگری به نام افزودنی ها و یا اصلاح کننده های قیر استفاده می شود. این ترکیبات که طیف وسیعی از مواد معدنی، آلی، طبیعی و صنعتی را در بر می گیرد به منظور اصلاح و بهبود برخی از خواص قیر و در نتیجه مخلوطهای آسفالتی به شرح موارد زیر کاربرد دارند:

- **جلوگیری از عریان شدگی سنگدانه های مخلوط های آسفالتی**
- **جلوگیری از ایجاد ترکهای حرارتی و انقباضی**
- **کاهش پدیده های تغییر شکل و قیرزدگی رویه های آسفالتی**
- **جلوگیری از روآمدن ترکهای آسفالتی**
- **کاهش پدیده سخت شدن و کهنه شدن قیر**
- **افزایش تاب خستگی آسفالت**

انتخاب نوع قیر مورد استفاده در راهسازی با توجه به عوامل زیر تعیین می شود :

شرایط جوی محل

نوع و شدت آمد و شد وسائل نقلیه

نوع روسازی

جنس و دانه بندی مصالح سنگی

نحوه اجرای روسازی

انتخاب نوع قیر برای لایه های از جنس مخلوط آسفالتی :

مورد استفاده		نوع آب و هوای منطقه		
		گرم	معتدل	سرد
راه	آمد و شد سنگین	۴۰-۵۰	۶۰-۷۰	۸۵-۱۰۰
	آمد و شد سبک	۶۰-۷۰	۸۵-۱۰۰	۱۲۰-۱۵۰
خیابان	آمد و شد سنگین	۴۰-۵۰	۶۰-۷۰	۸۵-۱۰۰
	آمد و شد سبک	۶۰-۷۰	۸۵-۱۰۰	۸۵-۱۰۰
فرودگاه		۴۰-۵۰	۶۰-۷۰	۸۵-۱۰۰
محوطه توقفگاه وسایل نقلیه		۴۰-۵۰	۶۰-۷۰	۸۵-۱۰۰

مخلوط آسفالت- طرح اختلاط

انواع چگالی مصالح سنگی :

چگالی مصالح سنگی درشت یا ریز به علت وجود حفرات ریزی که در سطح دانه ها وجود دارد و قابلیت جذب آب دارند، متفاوت است.

چگالی واقعی: وزن حجم معینی از مصالح (شامل حجم جامد دانه ها به همراه حجم حفرات دانه ها) به وزن آب مقطر هم حجم آن و در همان درجه حرارت.

چگالی موثر: وزن حجم معینی از مصالح (شامل حجم دانه ها به همراه حجم حفراتی از سنگدانه که با قیر پر نمی شود) به وزن آب مقطر هم حجم آن و در همان درجه حرارت.

چگالی ظاهری: وزن حجم معینی از مصالح (شامل حجم جامد دانه ها) به وزن آب مقطر هم حجم آن و در همان درجه حرارت.

انتخاب مقدار قیر :

قیری که برای ساخت بتن آسفالتی مورد استفاده قرار می گیرد از نوع قیر خالص با درجه نفوذ ۵۰-۴۰، ۷۰-۶۰، ۱۰۰-۸۵ و ۱۵۰-۱۲۰است که با توجه به پارامترهای گفته شده در قسمت قبل انتخاب می گردد.

قبل از استفاده ازقیر بایستی آزمایشات مورد نیاز انجام گیرد تا مشخص شود قیر مورد استفاده قابلیت کاربرد به عنوان قیر در روسازی مورد نظر را دارد یا خیر.

مقدار قیر بتن آسفالتی گرم تابعی از خصوصیات دانه بندی مصالح سنگی انتخابی می باشد.

آزمایشات متفاوتی برای طرح اختلاط وجود دارد که متداول ترین آنها روش طرح اختلاط مارشال است. البته در سالیان اخیر در کشورهای پیشرفته از طرح اختلاط Suprpave که توسط موسسه SHRP تدوین شده است، استفاده می شود.

قیری که برای ساخت بتن آسفالتی به کار می رود به علت اندود کردن دانه های مصالح سنگی به یکدیگر و چسباندن آنها سبب افزایش مقاومت مارشالی می شود. افزایش استقامت مارشال با افزایش درصد قیر تا رسین به یک مقدار حداکثر ادامه دارد و پس از آن با افزایش مقدار قیر از استقامت بتن آسفالتی کاسته می شود. علت این امر افزایش ضخامت اندود قیری در دور دانه های مصالح سنگی است که سبب می شود که از زاویه اصطکاک داخلی مصالح سنگی کاسته شده و همچنین دانه های مصالح سنگی از اتکا بر یکدیگر خارج شوند.

مصرف بیش از حد علاوه بر کاستن از استقامت بتن آسفالتی سبب می شود تا مقاومت برشی آن نیز کم شود. رویه های بتن آسفالتی که دارای مقاومت برشی کافی نباشد ممکن است در اثر نیروی رانش چرخهای وسایل نقلیه سنگین تغییر شکل داده و در سطح رویه موج بوجود آید.

باید توجه شود که تمام فضاهای خالی مصالح سنگی بتن آسفالتی نباید با قیر پر شود زیرا در غیر اینصورت این احتمال وجود دارد که پس از آنکه لایه بتن آسفالتی تحت آمد و شد وسایل نقلیه سنگین قرار گرفت، متراکم شده و فضای خالی آن کم شده یا کاملا از بین می رود. کاهش بیش از حد فضای خالی بتن آسفالتی احتمال روزدن قیر در هوای گرم را افزایش می دهد.

از طرفی افزایش فضای خالی در بتن آسفالتی باعث کاهش استقامت و کاهش قابلیت شکل پذیری شده و در نتیجه سبب کم شدن دوام آن می شود.

حجم فضای خالی معمولا بین ۲ تا ۶ درصد در نظر گرفته می شود. برای صرفه جویی در میزان قیر مصرفی معمولا حجم فضای خالی مصالح سنگی بتن آسفالتی به ۲۰-۱۵ درصد محدود می شود تا با کمترین مقدار قیر بیشترین استقامت حاصل شود.

تعیین درصد قیر بهینه (آزمایش مارشال) :

روش آزمايش مخلوطهاي آسفالتي به روش مارشال در دهه ۳۰ قرن بيستم توسط بروس مارشال، مهندس بخش بزرگراه مي‌سي‌پي امريكا ارائه شد. اين روش از دهه ۴۰ در عمليات آسفالتي گرم مورد استفاده قرار گرفت. در فاصله دهه ۴۰ تا ۵۰ با توجه به نتايج حاصل از عملكرد روش مارشال كوشش‌هايي در جهت اصلاح و تكميل و در نهايت تجديد نظر در اين روش به عمل آمد. در اين زمينه گروه مهندسين ارتش امريكا پس از مطالعات و بررسي‌هاي مختلف، روش مارشال را بهبود بخشيده و با تكميل آن، طرح اختلاط آسفالت به روش مارشال را ارائه نمود. روش آزمايش مارشال درسال ۱۹۵۸ توسط انجمن آمريكايي آزمايش مصالح براي طراحي مخلوط آسفالتي گرم با قيرهاي خالص و مصالح سنگي با ابعاد حداكثر ۲۵ ميلي‌متر، استاندارد گرديد (ASTM–D1559). درسال ۱۹۷۶ اين انجمن مجدداً اصلاحاتي را تصويب كرد كه به موجب آن كاربرد اين روش آزمايش براي مخلوطهاي آسفالتي سرد و گرم با قيرهاي خالص و محلول نيز گسترش يافت. اين روش آزمايش در استاندارد شماره ASTM-D1559 تحت عنوان "روش استاندارد آزمايش تعيين مقاومت مخلوطهاي آسفالتي در مقابل تغيير شكل خميري با روش مارشال" درج گرديده است.

مراحل طرح اختلاط بتن آسفالتی :

الف- تهيه نمونه مصالح سنگي و فيلر

ب- آزمايش‌هاي بررسي مرغوبيت مصالح سنگي و فيلر

پ- آزمايش‌هاي كنترل كيفيت قير

ت- تعيين دانه‌بندي مصالح سنگي

ث- تعيين نسبت‌هاي اختلاط مصالح سنگي

ج- تعيين وزن مخصوص مصالح سنگي درشت، ريز و فيلر و وزن مخصوص مخلوط مصالح سنگی

چ- تهيه نمونه‌هاي ۱۲۰۰ گرمي از مخلوط مصالح سنگي

ح- تهيه و ساخت نمونه‌هاي مخلوط آسفالتي با درصدهاي مختلف قير و متراكم كردن آنها

خ- تعيين وزن مخصوص حداكثر مخلوط آسفالتي متراكم نشده

د- تعيين وزن مخصوص حقيقي نمونه هاي مخلوط آسفالتي متراكم شده

ذ- تعيين مقدار رواني و استحكام نمونه‌هاي مخلوط آسفالتي متراكم شده

ر- محاسبه و تعيين درصد جذب قير مصالح سنگي، فضاي خالي مخلوط آسفالتي(AV)، درصد فضاي خالي مصالح سنگي (VMA) و درصد فضاي خالي مصالح سنگي پر شده با قير (VFA)

ز- تعيين درصد قير بهينه

چگالی واقعی بتن آسفالتی

وزن حجم معيني از مخلوط آسفالتي كوبيده شده (شامل حجم قسمت جامد و حجم فضاي خالي) به وزن آب مقطر هم حجم آن در همان درجه حرارت، چگالي واقعی مخلوط آسفالت متراكم شده ناميده مي‌شود.

چگالی واقعی بتن آسفالتی با توزین نمونه های پارافین اندود شده در آب و در هوا به دست می آید.

A: وزن نمونه بتن آسفالتی در هوا

V: حجم نمونه که پس از اینکه نمونه پارافین اندود شده در داخل آب بدست می آید.

$$G_{mb} = \frac{A}{V}$$

تعيين چگالی واقعی مصالح سنگي درشت، ريز و فيلر و وزن مخصوص مخلوط مصالح سنگی :

$$G_{sb} = \frac{p_1 + p_2 + \ldots\ldots\ldots + p_n}{\frac{p_1}{G_{sb1}} + \frac{p_2}{G_{sb2}} + \ldots\ldots + \frac{p_n}{G_{sbn}}}$$

که در این رابطه:

G_{sb} = چگالي واقعی مخلوط مصالح سنگي

$p_1,p_2,....p_n$ = درصدهاي وزني هريك از مصالح سنگي درمخلوط مصالح سنگي

$G_{sb1},G_{sb2},.... G_{sbn}$= چگالي واقعی هر يك از مصالح سنگي (ريزدانه، درشت دانه و فيلر)

W_0: وزن نمونه فيلر خشک شده در گرمخانه

$$G_3 = \frac{W_0}{W_0 + W_a - W_b}$$

W_a: وزن پيکنومتر پر شده از آب مقطر

W_b: وزن پيکنومتر حاوی نمونه فيلر و آب در درج حرارت t.

E: وزن نمونه مصالح خشک شده در گرمخانه

$$G_{1,2} = \frac{E}{F + H - L}$$

F: وزن پيکنومتر پر شده از آب مقطر

H: وزن نمونه مصالح که حفرات سطحی دانه های آن با قرار گرفتن به مدت ۲۴ ساعت در آب اشباع شده اند

L: وزن پيکنومتر حاوی نمونه مصالح و آب.

آزمايش رايس برای تعيين حداکثر وزن مخصوص مخلوط آسفالت :

برای تعيين حداکثر وزن مخصوص نظری مخلوط های آسفالتی از آزمايش رايس استفاده می‌شود. در اين آزمايش نمونه‌ها پس از آنکه در اون گرم شدند، بر روی سينی پهن می‌شوند تا خوب سرد شده و قير در تمام خلل و فرج دانه‌ها نفوذ کند. سپس با کوارتر کردن، وزن آن را به ۱۲۰ گرم رسانده و با ريختن آن درون ارلن، پر کردن ارلن از آب و تخليه هوای آن و از طريق قانون ارشميدس، حجم و در نتيجه وزن مخصوص نمونه بدست می‌آيد. حداکثر وزن مخصوص نمونه‌هاي مخلوط آسفالت، حداقل بر روي دو نمونه مخلوط آسفالتي متراکم نشده که با درصد قير تهيه شده، به روش استاندارد (ASTM-D2041) تعيين مي‌شود. حداکثر وزن مخصوص مخلوط آسفالتی را با Gmm نشان می دهند.

پارامترهای مورد نياز :

Pub: درصد قير مخلوط آسفالتي نسبت به درصد وزني کل مخلوط آسفالتي

G_b: وزن مخصوص قير

P_s: درصد مصالح سنگي نسبت به وزن کل مخلوط آسفالتي

G_{sb}: وزن مخصوص حقيقي مخلوط مصالح سنگي

P_{ba} : درصد جذب قير مصالح سنگي نسبت به وزن مصالح سنگی

ساير روابط مورد نياز :

وزن مخصوص موثر مصالح سنگي

$$G_{se} = \frac{100 - p_b}{\frac{100}{G_{mm}} - \frac{p_b}{G_b}}$$

درصد جذب قير مصالح سنگي

$$p_{ba} = 100 \times \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{se} \times G_{sb}} \times G_b$$

درصد قير موثر مخلوط آسفالتي

$$P_{be} = p_b - \frac{p_{ba}}{100} p_s$$

درصد فضاي خالي مصالح سنگي

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times p_s}{G_{sb}}$$

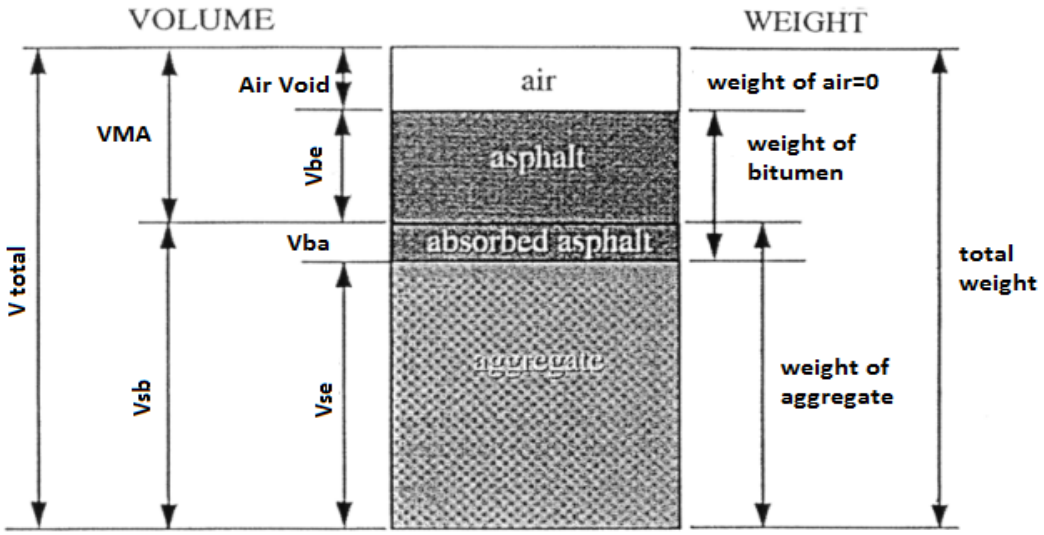
درصد فضاي خالي بتن آسفالتی

$$AV = 100 \times \frac{(G_{mm} - G_{mb})}{G_{mm}}$$

درصد فضاي خالي مصالح سنگي پرشده با قير

$$VFA = \frac{100(VMA - AV)}{VMA}$$

مفاهيم روابط وزنی و حجمی



تهيه نمونه های بتن آسفالت گرم :

روش ساخت و تهيه نمونه‌هاي مخلوط آسفالتي جهت طرح اختلاط آسفالت بر اساس روش استاندارد (ASTM-D1559) انجام مي‌گردد. در اين روش، نمونه‌هاي مخلوط آسفالتي متراكم شده استوانه‌اي با ارتفاع حدود ۶۳.۵ و قطر ۱۰۱.۶ ميلي‌متر تهيه مي‌گردد. براي تهيه نمونه‌هاي مخلوط آسفالتي، نمونه هاي قير و مصالح سنگي از قبل به‌گونه‌اي گرم مي‌شوند كه درحين اختلاط، دماي آنها برابر دمايي باشد كه در آن دما، كندرواني سينماتيكي قير معادل ۱۷۰ سانتي استوكس گردد. عمل تراكم با چكش فلزي كه داراي سطح مقطعي به شكل دايره (به قطر ۹۸.۴ميلي متر) و به وزن ۴.۵ كيلوگرم كه از ارتفاع مشخص ۴۵ سانتيمترى به طور آزاد سقوط مي‌كند، انجام مي‌شود. براي تهيه نمونه‌هاي مخلوط آسفالتي، نمونه هاي قير و مصالح سنگي از قبل به‌گونه‌اي گرم مي‌شوند كه درحين تراكم، دماي آنها برابر دمايي باشد كه در آن دما، كندرواني سينماتيكي قير معادل ۲۸۰سانتي استوكس گردد.

تعداد ضربات تراكم با توجه به نوع پروژه (ميزان ترافيک عبوری طرح) به تعداد ۳۵، ۵۰، ۷۵ ضربه براي هر طرف نمونه انتخاب مي‌شود. ضمن اينكه قبل از اختلاط لازم است تا قير تا دماى ۱۲۱ تا ۱۳۸ درجه سانتيگراد و مصالح سنگى تا دماى ۱۷۷ تا ۱۹۱ درجه سانتيگراد حرارت داده شوند و توجه شود تا دماى مخلوط حاصل همواره از ۱۰۷ درجه سانتيگراد كمتر نباشد. همچنين نمونه در هنگام اختلاط و گرم شدن بايد دائماً به‌طور يكنواخت هم زده شود .

تصحیح استقامت مارشال :

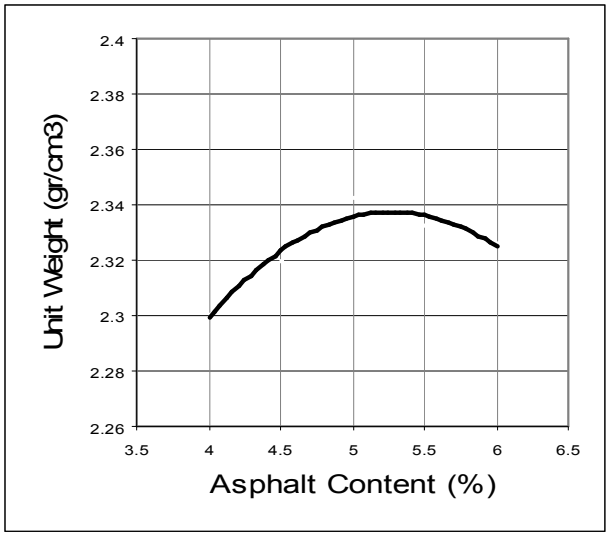
اما هر نمونه استاندارد بتن آسفالتی مارشال می‌بایستی وزنی در حدود ۱.۲کیلوگرم و قطر ۱۰ و ارتفاع ۶.۲۵ سانتیمتر داشته باشد. براي نمونه‌هایی که ارتفاع آنها برابر ۶.۲۵ سانتیمتر نباشند، مقادیر بدست آمده برای استحکام مارشال باید توسط ضرایب داده شده در جدول زیر اصلاح شوند. بدین ترتیب استحکام مارشال واقعی برای یک نمونه بتن آسفالتی برابر است با استحکام مارشال بدست آمده از آزمایش که در ضریب مربوطه از جدول ضرب شده باشد.

ضریب تصحیح	ارتفاع نمونه (میلی‌متر)	حجم نمونه (سانتی‌متر مکعب)	ضریب تصحیح	ارتفاع نمونه (میلی‌متر)	حجم نمونه (سانتی‌متر مکعب)
۱.۳۹	۵۲.۴	۴۲۱ تا ۴۳۱	۵/۵۶	۲۵.۴	۲۰۰ تا ۲۱۳
۱.۳۲	۰.۵۴	۴۳۲ تا ۴۴۳	۵/۰۰	۲۷	۲۱۴ تا ۲۲۵
۱.۲۵	۵۵.۶۶	۴۴۴ تا ۴۵۶	۴/۵۵	۲۸.۶	۲۲۶ تا ۲۳۷
۱.۱۹	۵۷.۲	۴۵۷ تا ۴۷۰	۴/۱۷	۳۰.۲	۲۳۸ تا ۲۵۰
۱.۱۴	۵۸.۷	۴۷۱ تا ۴۸۲	۳/۸۵	۳۱.۸	۲۵۱ تا ۲۶۴
۱.۰۹	۶۰/۳	۴۸۳ تا ۴۹۵	۳/۵۷	۳۳.۳	۲۶۵ تا ۲۷۶
۱.۰۴	۶۱/۹	۴۹۶ تا ۵۰۸	۳/۳۳	۳۴.۹	۲۷۷ تا ۲۸۹
۱.۰۰	۶۳/۵	۵۰۹ تا ۵۲۲	۳/۰۳	۳۶/۵	۲۹۰ تا ۳۰۱
۰/۹۶	۶۴/۰	۵۲۳ تا ۵۳۵	۲/۷۸	۳۸/۱	۳۰۲ تا ۳۱۶
۰/۹۳	۶۵/۱	۵۳۶ تا ۵۴۶	۲/۵۰	۳۹/۷	۳۱۷ تا ۳۲۸
۰/۸۹	۶۶/۷	۵۴۷ تا ۵۵۹	۲/۲۷	۴۱/۳	۳۲۹ تا ۳۴۰
۰/۸۶	۶۸/۳	۵۶۰ تا ۵۷۳	۲/۰۸	۴۲/۹	۳۴۱ تا ۳۵۳
۰/۸۳	۷۱/۴	۵۷۴ تا ۵۸۵	۱/۹۲	۴۴/۴	۳۵۴ تا ۳۶۷
۰/۸۱	۷۳/۰	۵۸۶ تا ۵۹۸	۱/۷۹	۴۶/۰	۳۶۸ تا ۳۷۹
۰/۷۸	۷۴/۶	۵۹۹ تا ۶۱۰	۱/۶۷	۴۷/۶	۳۸۰ تا ۳۹۲
۰/۷۶	۷۶/۲	۶۱۱ تا ۶۲۵	۱/۵۶	۴۹/۲	۳۹۳ تا ۴۰۵
			۱/۴۷	۵۰/۸	۴۰۶ تا ۴۲۰

ترسیم منحنی ها :

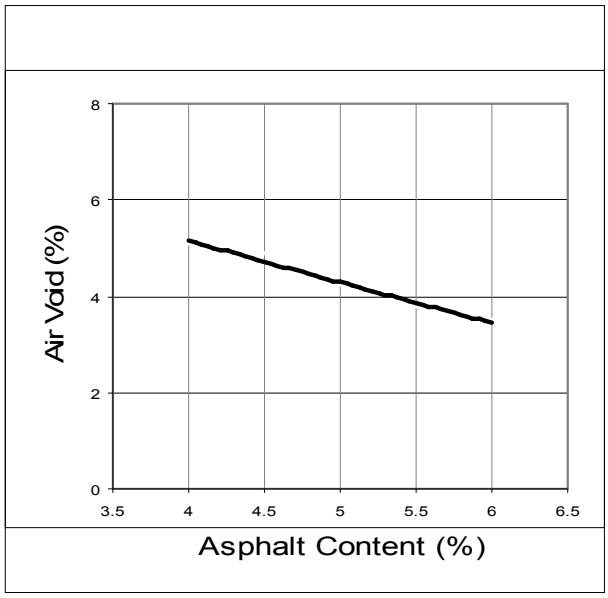
وزن مخصوص حقیقی مخلوط بتن متراکم شده :

وزن حجم معيني از مخلوط آسفالتي كوبيده شده (شامل حجم قسمت جامد و حجم فضاي خالي) به وزن آب مقطر هم حجم آن در همان درجه حرارت، چگالي حقيقي مخلوط آسفالت متراكم شده ناميده مي‌شود.



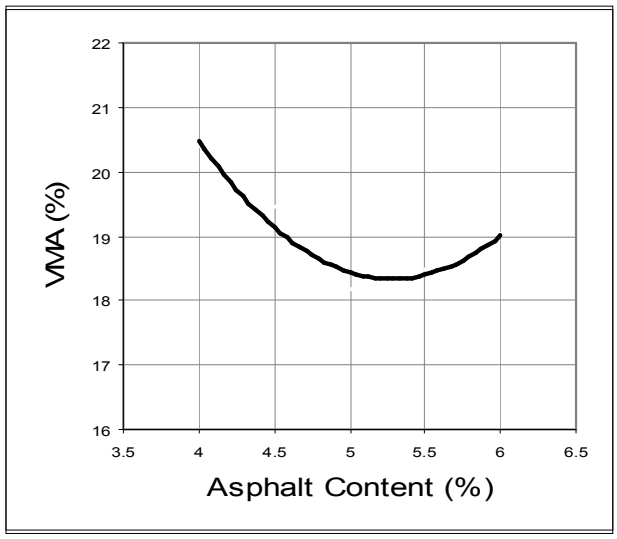
درصد حفرات هوا در مخلوط آسفالت متراکم شده:

فضاي خالي موجود بين مصالح سنگي پوشيده شده با قير مخلوط آسفالتي متراكم را بر حسب درصد حجمي نسبت به حجم كل مخلوط آسفاتي، درصد فضاي خالي مخلوط آسفالتي متراكم شده مي‌گويند.



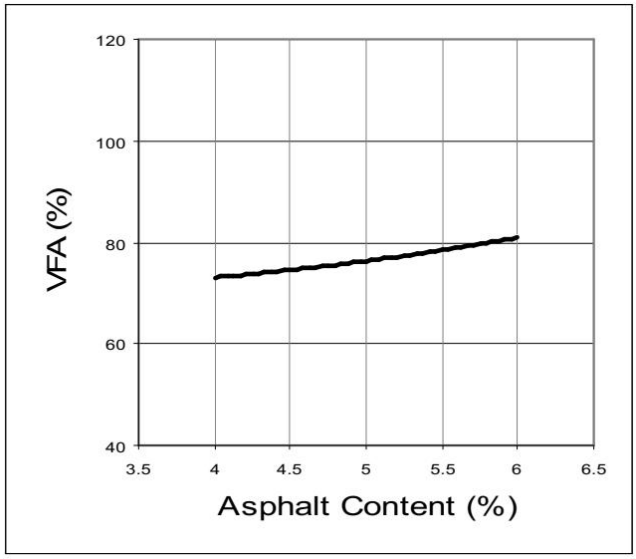
درصد فضای خالی مصالح سنگدانه ای :

فضاي خالي بين ذرات مصالح سنگي در مخلوط آسفالتي متراكم شده (شامل فضاي خالي مخلوط آسفالتي و فضاي اشغال شده توسط قير موثر) بر حسب درصد حجمي نسبت به حجم كل مخلوط آسفالتي، درصد فضای خالی مخلوط مصالح سنگی مي‌باشد.



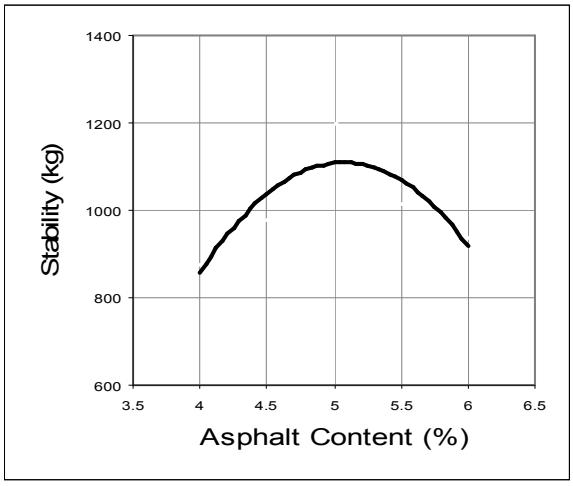
درصد فضای خالی مصالح سنگی پر شده با قیر :

قسمتي از فضاي خالي بين مصالح سنگي است كه با قير پر مي شود (اين كميت شامل قير جذب شده توسط مصالح سنگي نمي‌باشد) و بر حسب درصد حجمي نسبت به حجم خالي فضاي خالي مصالح سنگي بيان مي‌گردد.



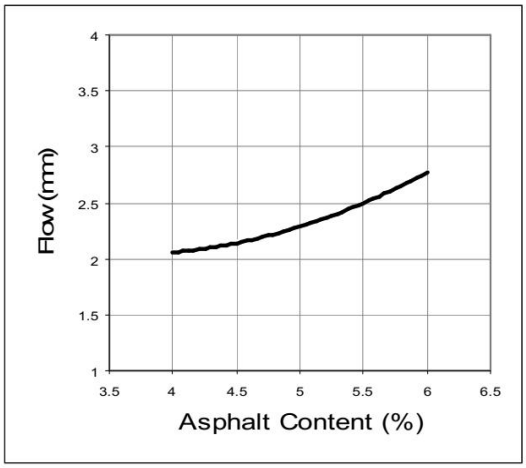
استقامت مارشال :

نيروي لازم (برحسب كيلوگرم يا كيلو نيوتن) جهت گسيخته شدن نمونه‌هاي متراكم شده مخلوط آسفالتي با دماي ٦٠ درجه سانتي‌گراد در جهت جانبي، با دستگاه مارشال را، استحكام نمونه مارشال مي‌گويند. به عبارت ديگر حداكثر نيرويي كه نمونه مخلوط آسفالتي متراكم شدهٔ مورد آزمايش مي‌تواند قبل از گسيختگي تحمل كند، استقامت يا استحكام مارشال ناميده مي‌شود.



روانی :

مقدار تغيير شكل قطري نمونه آسفالتي متراكم شده در هنگام گسيختگي برحسب ٢٥ صدم ميلي‌متر را رواني مخلوط آسفالتي مي‌گويند. اين مقدار معمولا در دمای ٦٠ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری می‌شود.



تعیین مقدار قیر بهینه در روش مارشال :

مقدار قير بهينه جهت طرح اختلاط مخلوط آسفالتي با توجه به شش پارامتر بدست آمده تعيين مي‌شود. به همين منظور ابتدا قير در حد متوسط، بين ٤ درصد فضاي خالي مخلوط آسفالتي انتخاب مي‌گردد. سپس در اين درصد قير كميت‌هاي ديگر با معيارهاي طرح اختلاط مورد ارزيابي قرار مي‌گيرد. چنانچه در اين درصد قير همه معيارهاي مورد نظر با مشخصات مطابقت داشته باشد، اين مقدار قير به عنوان قير بهينه انتخاب مي‌گردد و چنانچه اين معيارها تامين نگردد، اصلاحاتي درطرح اختلاط انجام مي‌شود.

جدول ٩-١٣- مشخصات فیزیکی و مقاومتی مخلوط‌های اسفالتی گرم با روش مارشال(آشتو *T245*)

شرح	ترافیک سنگین $EAL \geq ۱۰^{۷}$ (۱)		ترافیک متوسط $۱۰^{٤} < EAL < ۱۰^{۷}$ (۱)		ترافیک کم $EAL \leq ۱۰^{٤}$ (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.					