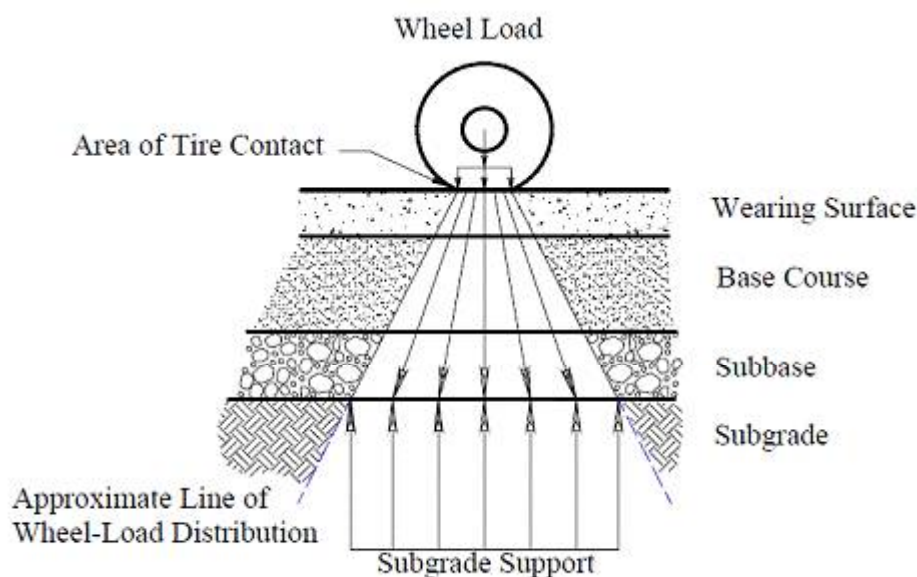


فصل اول

- ▶ **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 وسایل 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.

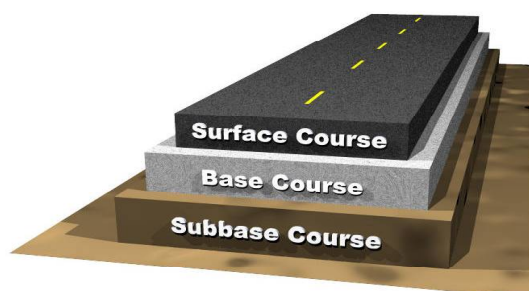
▶ هدف از انجام نمونه برداری :

- 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 معمولاً از چند لایه تشکیل می شوند. تعداد، ضخامت، و جنس این لایه ها تابعی از:

- مقاومت خاک بستر روسازی
- خصوصیات آمد و شد وسایل نقلیه
- شرایط جوی منطقه
- مصالح موجود در محل
- شرایط اقتصادی است.



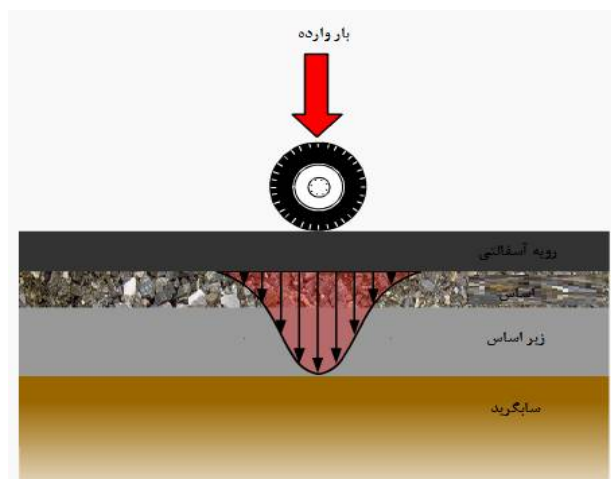
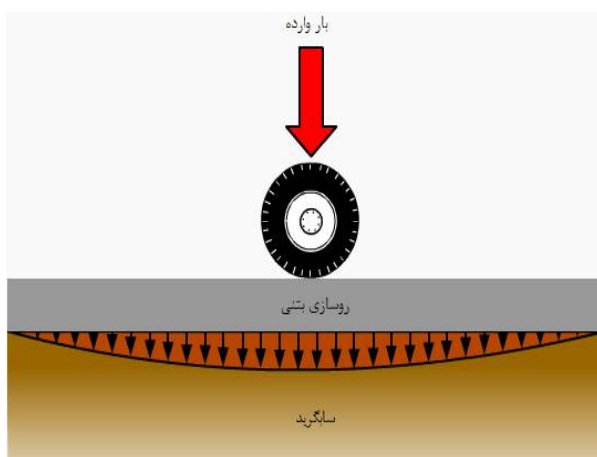
شرح کلی لایه های روسازی :

- ▶ **بستر روسازی:** بستر روسازی راه، سطح لایه متراکم شده خاکریزها، پرشها 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 معمولاً 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 نسبتاً 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.

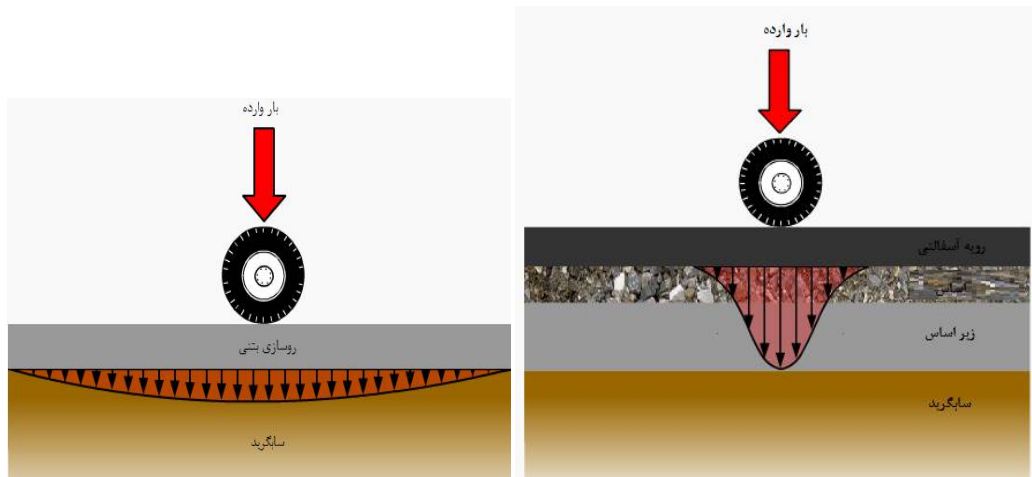
انواع روسازی : روسازی صلب و انعطاف پذیر



زیراساس، اساس و رویه های شنی

مروری بر گذشته:

➤ توزیع بار در روسازی صلب و انعطاف پذیر



۱- تعریف

۲- عملکرد زیر اساس در روسازی

۳- انواع زیراساس

۴- مشخصات فنی زیر اساس

۵- زیر اساس آهکی

۶- اجرای انواع زیراساس

۷- کوبیدن قشر 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 سرنده 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 می تواند در سنگ شکن شکسته و سپس سرنده 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 مضر هستند که روی سیمان اثر مخرب می گذارند و در جاهایی که احتمال رشد و رویدن 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.

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

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	سیبباز 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 سرندها مکانیکی آنها را جدا می کنند، به طوری که مصالح سرندها 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 ریشه می شود.

قبل از ریشه 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 ± 2 سانتی متر مطابقت داشته باشد.

میزان مصالح ریشه شده روی سطح بستر روسازی متناسب با عرض بستر و ضخامت و میزان تراکم قشر زیراساس در هر مورد محاسبه خواهد شد. مصالح ریشه 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 تنوریک 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 (بریلندی) می باشد، از داخل قوس شروع شده و به طرف خارج قوس ادامه می یابد.

قبل از اتمام کوبیدگی، سطح زیراساس مجدداً ترازبایی 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.

۱- تعریف

۲- عملکرد اساس

۳- انواع اساس

۴- مشخصات فنی اساس

۵- اجرای انواع 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:

تحمّل 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 بر روی 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.

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

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	حداقل 40	T 176	D 2419
4	کوبیدگی	حداکثر 45	T 96	C 131 535
5	درصد ساییش با روش لوس-	حداکثر 12	T 104	C
6	آنچلس	حداقل 80	--	C 88
7	درصد افت وزنی با سولفات سدیم	حداقل 75	-	D 1883
8	سی بی آر - 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 بندی 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 گیردر 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 آبیاش به اندازه ای آبیاشی 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 آبیاشی و متراکم شود، به طوری که، نتایج منطبق با مشخصات به دست آید. در مورد هایی 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.

۱- تعریف

۲- تهیه مصالح

۳- مشخصات رویه شنی

۴- ابعاد قشر رویه شنی

۵- آماده سازی و تراکم قشر رویه شنی

۱- تعریف :

مخلوطی از مصالح که از بستر رودخانه، یا معادن شن و ماسه و یا سنگ کوهی شکسته تهیه گردیده و با مشخصات فنی مشروحه در این بخش روی بستر آماده شده راه پخش و متراکم گردد رویه شنی نامیده میشود.

در محورهای با حجم ترافیک نسبتاً کم می توان به جای روسازی با رویه های سیاه، اقدام به اجرای رویه های شنی نمود.

چون مشخصات فنی برای شانه های راههای آسفالتی و بتنی تقریباً معادل کیفیت مصالح مورد نیاز برای رویه های شنی می باشد، بنابراین، برای تهیه مصالح و اجرای شانه های رویه های آسفالتی و بتنی از همین مشخصات استفاده می شود. مگر آنکه در مشخصات فنی خصوصی پروژه به نحو دیگری تصریح شده باشد.

۲- تهیه مصالح :

مصالح مورد نیاز از شن و ماسه رودخانه ای (شکسته و یا نشکسته)، سنگ کوهی شکسته و یا ترکیبی از آنها تهیه می گردد.

مصالح مصرفی باید عاری از هرگونه مواد آلی باشد.

حتی المقدور باید سعی نمود که مصالح مورد نیاز، ضمن دارا بودن مشخصات فنی مورد نظر، نسبتاً ارزان تهیه گردد. زیرا یکی از دلایل اجرای قشر رویه های شنی محدود بودن اعتبارات مالی می باشد. بدین ترتیب همواره باید سعی نمود که در درجه اول از مصالح محلی و یا مخلوطی از مصالح محلی و مصالح منتخب استفاده نمود، تا اجرای آن در مقایسه با سایر روسازی ها از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد.

۳- مشخصات رویه شنی:

دانه بندی مصالح مصرفی برای رویه های شنی و شانه ها باید مطابقت داشته باشد. دانه بندیهای شماره ۱ تا ۴ برای شانه ها و ۵ و ۶ برای رویه های شنی کاربرد دارد .

سایر مشخصات رویه شنی :

ردیف	شرح	مشخصات	روشهای آزمایش	
			آشتو	ای-اس-تی-ام
۱	حد روانی - درصد	حداکثر ۲۵	T89	D4318
۲	دامنه خمیری - درصد	حداکثر ۴-۶ †	T90	D4318
۳	ارزش ماسه ای - درصد	حداقل ۳۰	T176	D4318
۴	سایش با لوس آنجلس - درصد	حداکثر ۵۰	T96	D2419
۵	افت وزنی با آزمایش یخبندان ذوب - درصد	حداکثر ۱۵ ‡	T103	C131
۶	افت وزنی با سولفات سدیم - درصد	حداکثر ۱۲	T104	C88
۷	سی بی آر - درصد	حداقل ۲۵	T193	D1883

۴- ابعاد قشر رویه شنی :

ضخامت رویه های شنی در هر مورد و برای هر پروژه، با معلوم بودن حجم ترافیک و مشخصات فنی مصالح مصرفی باید با یکی از روشهای استاندارد شناخته شده محاسبه و در دفترچه مشخصات فنی خصوصی قید گردد. ولی به هر حال این ضخامت نباید کمتر از ۱۵ سانتیمتر باشد.

چون تمام عرض راه شنی زیر عبور و مرور ترافیک قرار می گیرد لذا مصالح رویه شنی باید در تمام عرض راه پخش شود، به دیگر عبارت شانه ها نیز جزئی از عرض راه می باشند

۵- آماده سازی و تراکم قشر رویه شنی:

قبل از اجرای عملیات، بستر آماده شده راه باید عاری از هرگونه مواد زائد و اضافی بوده و طبق پروفیل‌های طولی و عرضی آماده شده باشد.

مصالحی که طبق مشخصات فنی داده شده تهیه گردیده است، به وسیله کامیون‌های در حال حرکت و یا پخش کن‌های خودرو و یا هر وسیله ای که مورد تأیید دستگاه نظارت باشد، پخش می گردد.

حداکثر ضخامت کوبیده هر لایه ۱۵ سانتیمتر می باشد. دانه بندی مصالح می باید قبل از حمل تنظیم شده باشد.

مصالح پخش شده به وسیله تیغه گیردر و یا هر وسیله مناسب دیگر، باید آنچنان پروفیل‌ه شود که پس از آبیایی و کوبیدن، ابعاد آن برابر با رقوم، اندازه و شیب داده شده در نقشه باشد.

در صورتی که شمشه ۴ متری در جهات مختلف بر روی سطح بستر راه قرار گیرد، ناهمواریهای آن نباید از ۲.۵ سانتیمتر تجاوز کند.

پس از پخش و پروفیل نمودن مصالح، آبیایی بوسیله تانکر و با فشار یکنواخت آغاز می گردد. آبیایی بایستی طوری انجام شود که تمام دانه های مصالح به طور یکنواخت مرطوب گردد. توقف تانکر به هنگام آبیایی مجاز نخواهد بود.

پس از آبیایی، بلافاصله کوبیدن مصالح با غلتک‌های ۸ تا ۱۲ تنی فلزی و یا چرخ لاستیکی آغاز میگردد. نوع و وزن دقیق غلتک‌ها باید متناسب با نوع مصالح مصرفی باشد. به هر حال وزن آنها نباید طوری باشد که سبب خرد شدن دانه های مصالح زیر غلتک گردد. عملیات غلتک زنی از کناره های راه شروع و به محور آن ختم می گردد (به استثنای پیچ‌ها که غلتک زنی از داخل قوس، و یا پست ترین نقطه، شروع شده و به بلندترین نقطه خارج از قوس ختم می گردد).

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 تنش‌های 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 می گیرد. قشر آستر قبل از قشر رویه اجرا می شود و سهم مقاومتی بیشتری نیز در مقایسه با قشر رویه برای آن منظور می کنند.

میتوان گفت که این قشر در حقیقت توسعه قشر اساس است با این تفاوت که اساس معمولاً 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 مستقیماً 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 سایش 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 فیری است که در آن سنگدانه، فیر 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 فیر 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 نقشه های اجرایی پخش نماید. فینیشرهای مجاز مجهز به کوبنده های 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 می باشد 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 سه چرخ، یا غلطک های ردیف و یا لرزشی اجرا می گردد. وقتی که غلطک سه چرخ و غلطک های ردیف و یا لرزشی با هم کار می کنند، غلطک (ردیف دو چرخ یا سه چرخ) باید بلافاصله پشت فینیشر و بقیه غلطک ها بعد از آن عمل نمایند. چرخي 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 آبیمایی 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 سیستم حمل و نقل کشورها بواسطه مسائلي از قبيل: افزایش حجم ترافیک، افزایش بارهاي محوري، افزایش صدای سطح آسفالت، ایمنی، اهمیت دوام و طول عمر آسفالت، راحتی رانندگان، نیاز به تکنولوژی هایی با صرفه اقتصادی بالا، نیاز به استفاده از تکنولوژی جدید آسفالت دارد که در مقابل تغییر شکل مداوم و لغزندگی مقاوم بوده، به کاهش صدای سطح آسفالت و هزینه های تعمیر و نگهداری کمک نماید.

آسفالت متخلخل:

❖ قسمت اعظم ترکیب این نوع مخلوط آسفالتی را سنگدانه های نسبتاً درشت شکسته هم اندازه تشکیل می دهد که به همراه آن مقدار کمی ماسه و گرسنگ وجود دارد. در این نوع آسفالت مقدار کمی قیر (حدود ۴%) برای پوشش مصالح بکار میرود و مخلوط طوری طراحی می شود که حدود ۲۰٪ فضای خالی داشته باشد و در نتیجه فضاهای خالی این نوع آسفالت زیاد است.

❖ مزایای آسفالت متخلخل :

- ❖ کاهش صدای چرخ های وسیله نقلیه: بافت سطحی این آسفالت چنان طراحی شده است که ناهمواری که سبب تغییر شکل و صدای چرخ باشد، در رویه ایجاد نمی گردد.
- ❖ جلوگیری از پدیده آب پیمایی: با توجه به خلل و فرج های موجود در آسفالت متخلخل آب باران از میان مخلوط عبور کرده و فیلم پیوسته آب در سطح رویه تشکیل نمی شود.



- ❖ کاهش انعکاس نور توسط جاده: یکی دیگر از فواید آسفالت متخلخل کاهش درخشندگی و یا بازتاب نور چراغ جلوی ماشین در شرایط خیس بودن جاده می باشد. دید بهتر سبب خستگی کمتر راننده و در نتیجه افزایش ایمنی را به دنبال دارد.
- ❖ کاهش مصرف سوخت: لرزش چرخ نه تنها سبب بوجود آمدن صدا بلکه باعث افزایش مقاومت چرخشی در خودرو می گردد که نتیجه آن مصرف سوخت بیشتر است. استفاده از آسفالت متخلخل این لرزشها را از بین برده و در نهایت باعث کاهش مصرف سوخت میگردد.
- ❖ کاهش فرسودگی لاستیک: تنشهای وارده به چرخ در روی آسفالت متخلخل کمتر از رویه های متداول میباشد. بنابراین فرسودگی لاستیک کمتر می شود.
- ❖ جلوگیری از پاشش آب: پخش و پاشیدن آب توسط چرخ تابعی از سرعت حرکت خودرو است. استفاده از آسفالت متخلخل سبب کاهش آبیاشی و یا غالباً سبب حذف آب می شود. مخصوصاً اگر رویه به تازگی پخش شده باشد.



❖ معایب آسفالت متخلخل :

- ❖ دوام کم: دوام آسفالت متخلخل را می توان با سایر آسفالت های متداول مقایسه کرد. در عمل بتن آسفالتی حدود ۱۵ سال دوام دارد، در حالی که آسفالت متخلخل طول عمر کوتاهی دارد.
- ❖ مصرف مصالح با کیفیت خوب: از جمله بحث هایی که بر علیه آسفالت متخلخل مطرح می شود این است که تمامی ضخامت لایه این آسفالت از مصالح مرغوب که قیمت آن هم گران است تشکیل یافته است. به هر حال ایمنی خوب آسفالت متخلخل این امکان را می دهد که از مصالحی با مقاومت سایشی کمتر نسبت به آسفالت های متداول استفاده نمود، بدون آنکه مقاومت در مقابل لغزندگی کاهش یابد.
- ❖ نگهداری زمستانی (برف و یخ): یکی دیگر از مسائلی که در مورد آسفالت متخلخل بحث می شود، نگهداری زمستانی است که تصور می شود خیلی مشکل باشد.
- ❖ دیگر مشکلاتی که آسفالت متخلخل دارد به شرح زیر است:
- ❖ افزایش پتانسیل جریان شدگی در روسازی
- ❖ داشتن روشهای خاص برای نگهداری و تعمیر
- ❖ افزایش شن زدگی در تقاطع ها و محلهایی که وسیله نقلیه دور میزند.

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 ضخیمی از قیر بواسطه افزایش محتوای قیر

تضمین نفوذ ناپذیری مخلوط در برابر رطوبت بواسطه فضاهای خالی کم

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



❖ مزایای SMA :

- ❖ مقاومت در برابر تغییر شکل دائم: بواسطه وجود نقاط اصطکاک در داخل اسکلت سنگی، SMA حداکثر مقاومت ممکن را در برابر تغییر شکل مداوم فراهم می‌سازد. سطح یکنواخت آن شرایط رانندگی را تسهیل و از بروز خستگی در رانندگان جلوگیری می‌کند.
- ❖ مقاومت در برابر لغزندگی و کاهش صدا: محتوای بالایی مصالح زیر و خشن، بر هم کنش سطح جاده و چرخ را به خوبی افزایش داده و چرخ را درگیر می‌کند. همزمان، ساختار سطحی SMA صدا را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد.
- ❖ کاهش پاشش آب/آب پیمایی: در خلال فصول بارانی، SMA پاشش آب و خطر آب پیمایی را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، انعکاس نورهای مزاحم از سطح جاده کاهش یافته و جاده افزایش می‌یابد.
- ❖ افزایش دوام و طول عمر آسفالت: افزایش مقاومت در مقابل تغییر شکل مداوم، عدم ایجاد پدیده عریان شدگی، کاهش ترک خوردگی

مخلوط آسفالت نیمه گرم (WMA) :

افزایش نگرانی‌های جهانی در مورد آلودگی‌های زیست محیطی و افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای باعث شده است تا مهندسين روسازی تلاش‌های گسترده‌ای را برای کاهش آلاینده‌های 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 تلاش‌ها بود. توجهات زیادی که امروزه صنعت آسفالت به مخلوط آسفالت نیمه گرم نشان داده است نیاز به تحقیقات گسترده‌ای برای تعیین قابلیت اجرای این فناوری‌ها 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 می‌باشد. در این نوع آسفالت با استفاده از مکانیزم‌های خاص، ویسکوزیته قیر در زمان تولید و اجرا کاهش یافته و امکان پوشش سنگدانه‌ها 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 می‌توان در مسافت های زیاد حمل و سپس پخش کرد و یا آن را در کارگاه انبار نمود و بعدا مورد استفاده قرار داد.

❖ آسفالت سرد را بر حسب روش تهیه و اجرا می‌توان به دو نوع آسفالت سرد کارخانه ای و آسفالت سرد مخلوط در محل تقسیم کرد. آسفالت سرد کارخانه ای در کارخانه های ثابت و مرکزي آسفالت تهیه می‌شود و سپس برای پخش به محل مصرف حمل می‌گردد.

❖ از مهم ترین مزایای آسفالت سرد می‌توان 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 می شود. ضخامت این آسفالت کمتر از ۲۵ میلیمتر است و لذا به عنوان لایه باربر روسازی راه محسوب نمی گردد و عملکرد سازدای 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 می گیرد. کاربرد انواع آسفالتهای حفاظتی به ترافیک سبک و متوسط محدود می گردد و هر یک نیز به منظور خاصی اجرا می شوند.

آسفالت های حفاظتی به شرح زیر تقسیم بندی می شود و هر یک به منظور خاصی مورد استفاده قرار میگیرد:

❖ آسفالت های سطحی یک یا چند لایه ای

❖ اندودهای آب بند

❖ غبارنشانی و روغن پاشی راه جهت جلوگیری از گرد و غبار و تثبیت راه های خاکی

آسفالت سطحی :

پخش قیر روی سطح آماده شده شنی راه که بلافاصله روی آن سنگدانه های شکسته و تمیز و با دانه بندی معین پخش گردد آسفالت سطحی یک لایه ای و چنانچه دو یا سه بار اجرا شود، دو یا سه لایه ای نامیده می شود. ضخامت آسفالت یک لایه ای، معادل حداکثر اندازه اسمی سنگدانه های مصرفی است. معمولاً حداکثر اندازه اسمی سنگدانه های مصرفی در هر لایه از آسفالت سطحی چندلایه ای، نصف حداکثر اندازه اسمی سنگدانه های لایه قبلی است. در آسفالت های سطحی از قیرآبه ها، قیرهای محلول و قیرهای خالص با درجه نفوذ زیاد می توان استفاده کرد.

اندودهای آب بند :

اندودهای آببند اجرای آسفالت های حفاظتی بر روی انواع رویه های آسفالتی و یا بتنی موجود، به منظور آب بندی، افزایش خاصیت نفوذناپذیری، اصلاح آسیب دیدگی های سطحی، بهسازی موقت و افزایش عمر بهره برداری آنها را شامل می شود. اندودهای آببند به شرح زیر تقسیم بندی می شوند:

❖ اندودهای سنگدانه ای

❖ اندودهای ماسه ای

❖ اندودهای قیری بدون سنگدانه

❖ اسلاری سیل یا دوغاب قیری

❖ میکرو سرفیسینگ

آسفالت ماکادام نفوذی :

❖ آسفالت ماکادام نفوذی نوعی از روسازی راه است که از مصالح سنگی شکسته درشتدانه با دانه بندی 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 رودخانه ای بدست می آید.

- ❖ آسفالت ماکادام نفوذی معمولاً در مناطقی بکار برده می‌شود که مصالح سنگی رودخانه‌ای با دان‌بندی 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 می‌نماید که سطح حاصله با یک نوع رویه پوشش گردد.
- ❖ ضخامت لایه آسفالت ماکادام نفوذی معادل ضخامت متوسط یک سنگدانه است که بر حسب نوع دان‌بندی انتخابی تعیین می‌شود و میانگین آن حدود ۷۵ میلیمتر است.

مخلوط آسفالت - خصوصیات سنگدانه ها

مصالح سنگی :

مصالح سنگی معمولاً یا به طور طبیعی در طبیعت یافت می‌شوند و یا بطور مصنوعی و بصورت غیرمستقیم بصورت تفاله بعضی از کارخانجات ذوب فلزات تولید می‌شود. 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 می‌شود. 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 می‌شود.

برای تهیه سنگ شکسته، ابتدا سنگ های بزرگ موجود در معادن سنگ با استفاده از مواد منفجره شکسته می‌شود و سپس این سنگ ها به کارخانه سنگ شکن حمل می‌شود. در کارخانه سنگ شکن این سنگها در یک یا چند لایه به کمک سنگ شکن ها شکسته می‌شود 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 (بالتر از ۲۰ سانتیمتر) به سائزهای 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 دان‌بندی و فراوری در معادن شن و ماسه مورد استفاده قرار می‌گیرند و معمولاً 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 زیر بوده و بهتر در یکدیگر قفل و بست می‌شود.
- ❖ 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 دانه بندیهای پیوسته مخلوطهای اسفالت گرم

درصد وزنی رد شده از هر الک							اندازه الک
۷۵	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	۲۰	۱۰	
رویه	رویه	رویه	استر و رویه	اساس قیری و استر	اساس قیری و استر	اساس قیری	
-	-	-	-	-	-	۱۰۰	۵۰ میلیمتر (۲ اینچ)
-	-	-	-	-	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۳۷/۵ میلیمتر ($1\frac{1}{2}$ اینچ)
-	-	-	-	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	-	۲۵ میلیمتر (۱ اینچ)
-	-	-	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	-	۵۶-۸۰	۱۹ میلیمتر ($\frac{3}{4}$ اینچ)
-	-	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	-	۵۶-۸۰	-	۱۳/۵ میلیمتر ($1\frac{1}{4}$ اینچ)
-	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	-	۵۶-۸۰	-	-	۹/۵ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ اینچ)
-	۸۰-۱۰۰	۵۵-۸۵	۴۴-۷۴	۳۵-۶۵	۲۹-۵۹	۲۳-۵۳	۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴)
۹۵-۱۰۰	۶۵-۱۰۰	۳۵-۶۷	۲۸-۵۸	۲۳-۴۹	۱۹-۴۵	۱۵-۴۱	۲/۳۶ میلیمتر (شماره ۸)
۸۵-۱۰۰	۴۰-۸۰	-	-	-	-	-	۱/۱۸ میلیمتر (شماره ۱۶)
۷۰-۹۵	۲۵-۶۵	-	-	-	-	-	۰/۶ میلیمتر (شماره ۳۰)
۴۵-۷۵	۷-۴۰	۷-۲۳	۵-۳۱	۵-۱۹	۵-۱۷	۴-۱۶	۰/۳ میلیمتر (شماره ۵۰)
۳۰-۴۰	۳-۲۰	-	-	-	-	-	۰/۱۵ میلیمتر (شماره ۱۰۰)
۹-۳۰	۲-۱۰	۲-۱۰	۲-۱۰	۲-۸	۱-۷	۰-۶	۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰)

سایر خصوصیات :

جدول ۲۰-۴ مشخصات سنگدانه‌های بتن آسفالتی

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

❖ سختی یا سایش :

سنگدانه های مورد استفاده در هنگام تهیه مخلوط آسفالتی باید در برابر وزن وسایل نقلیه سنگین و همچنین وزن غلتکها مقاومت کافی داشته و نباید در اثر تنشهای ناشی از وزن آنها شکسته 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. سختی مصالح سنگی با انجام آزمایش سایش لوس آنجلس مطابق استاندارد **ASTM C131** بدست می آید. آیین نامه روسازی آسفالتی راههای ایران (نشریه ۲۳۴) مقادیر مجاز سایش به روش لوس آنجلس را پیشنهاد کرده است.

پس از آماده شدن ۵۰۰ گرم نمونه سنگ دانه ، دو سری ۲۵۰ گرمی نمونه را با هم مخلوط کرده و درون دستگاه لوس آنجلس می گذارند. درون دستگاه لوس آنجلس زائده ای وجود دارد که باعث می شود سنگدانه ها که در این آزمایش شن است ، هنگامی که استوانه شروع به چرخش می کند و شن نیز همراه آن می چرخد، در حین حرکت به زائده برخورد کرده و به کف استوانه در حال چرخش خورده و ساییده شود، علاوه بر زائده، ۱۱ گلوله فولادی درون استوانه وجود دارد که آنها نیز به ساییده شدن دانه های شن کمک می کنند، حدود ۱۷ دقیقه این دستگاه می چرخد. تعداد دور در حدود 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 کاملاً خشک شود. این عمل معمولاً 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.

مصالص 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:

مصالص سنگی آسفالت ها باید تمیز باشد و از هر گونه مواد خارجی و مضره از قبیل مواد آلی، سنگهای نرم و کم 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.

مصالص 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 زیر 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 سهولت 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 کاملاً 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 چسبندگی 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 (از جمله 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 به صورت 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 کلئیدی 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 دهند، 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:

قیرهایی که مستقیماً در برج تقطیر در خلاء پالایشگاه به دست می آید و یا مختصری در جریان فرآیند هوادهی قرار می گیرد قیرهای خالص نامیده می شود. این قیرها باید همگن و فاقد آب بوده و دمای گرم کردن آن هیچ گاه از ۱۷۶ درجه سانتیگراد تجاوز ننماید.

قیرهای خالص در اثر فشار و حرارت به صورت مایع غلیظ و آبگون تغییر شکل می دهد و در حرارت کم حالت الاستیک و فنری دارد.

در حین تقطیر نفت خام، روغن های سبک تر در درجه حرارت های پایین تبخیر شده و با بالا رفتن 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 راهسازی باید از قیرهای نفتی استفاده شود، چنانچه مصرف قیر معدنی در پروژه ای مورد نظر باشد، نسبت اختلاط قیر نفتی یا قیر معدنی باید در مشخصات فنی خصوصی قید شود.

مشخصات فنی قیرهای خالص:

جدول ۱۴-۱ مشخصات فنی قیرهای خالص

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

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 ۲۰۰-۳۰۰ 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 در مقایسه با قیرهای خالص اولیه حساسیت کمتری در برابر حرارت دارند و درجه 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.

قیرهای محلول در راهسازی برای اندودهای سطحی، نفوذی، آسفالت سطحی، آسفالت سرد کارخانه ای و یا آسفالت مخلوط در محل، مصرف می 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 تر نظیر نفت گاز یا نفت کوره استفاده شود به آن دیرگیر (SC) می گویند.

قیرهای زودگیر بر حسب کندروانی، در چهار نوع و ۳۰۰۰ - RC - ۸۰۰ RC - ۲۵۰ RC - ۷۰ RC

درجه بندی شده که اعداد پسوند معرف کندروانی قیر، بر حسب صدم استکس است.

قیرهای کندگیر در پنج نوع درجه بندی می شود که کندروانی آنها در ۶۰ درجه سانتیگراد از حداقل ۳۰

تا حداکثر ۶۰۰۰ سانتی استکس، تغییر می 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 ۸۰-۱۰۰ به دست می آید و برای اندودهای سطحی و نفوذی از آن استفاده می شود.

قیرهای محلول زودگیر :

جدول ۱۴-۲ مشخصات فنی قیرهای محلول زودگیر

درجه قیر زودگیر								روش آزمایش		آزمایش	
RC-۳۰۰۰		RC-۸۰۰		RC-۲۵۰		RC-۷۰		آستو	ای اس تی ام		
حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل				
۶۰۰۰	۳۰۰۰	۱۶۰۰	۸۰۰	۵۰۰	۲۵۰	۱۴۰	۷۰	T201	D2170	(cst)	کندروانی صدم سینماتیک در °C ۶۰
--	۲۷	-	۲۷	--	۲۷	--	--	T79	D3143	°C	نقطه اشتعال (ظرف روباز)
۰/۲	--	۰/۲	--	۰/۲	--	۰/۲	--	T55	D95	%	مقدار آب
--	--	--	--	--	--	--	۱۰	T78	D402	۱۹۰ °C	درصد حجمی مواد تقطیر شده در درجه حرارت‌های روبرو به مواد تقطیر شده در °C ۳۶۰
--	--	--	۱۵	--	۳۵	--	۵۰			۲۲۵	
--	۲۵	--	۴۵	--	۶۰	--	۷۰			۲۶۰	
--	۷۰	--	۷۵	--	۸۰	--	۸۵			۳۱۵	
--	۸۰	--	۷۵	--	۶۵	--	۵۵				
۱۲۰	۸۰	۱۲۰	۸۰	۱۲۰	۸۰	۱۲۰	۸۰	T99	D5	درجه نفوذ (۱/۱۰ میلیمتر)*	آزمایش روی قیر باقیمانده از تقطیر
--	۱۰۰	--	۱۰۰	--	۱۰۰	--	۱۰۰	T51	D113	خاصیت انگمی (سانتیمتر)	
--	۹۹	--	۹۹	--	۹۹	--	۹۹	T74	D2042	حلالیت در تری کلرور اتیلن (%)	

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

قیرهای محلول کندگیر:

جدول ۱۴-۳ مشخصات فنی قیرهای محلول کندگیر

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

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

* به تشخیص دستگاه نظارت آزمایش کندروانی بر حسب پواز 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 پواز تعیین می‌شود. در هیچ شرایطی انجام هر دو آزمایش، مورد نیاز نیست.

قیرهای محلول دیرگیر:

جدول ۱۴-۴ مشخصات فنی قیرهای محلول دیرگیر

درجه قیر دیرگیر								روش آزمایش		آزمایش
SC-۳۰۰۰		SC-۸۰۰		SC-۲۵۰		SC-۷۰		آشتو	ای اس تی ام	
حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل			
۶۰۰۰	۳۰۰۰	۱۶۰۰	۸۰۰	۵۰۰	۲۵۰	۱۴۰	۷۰	T201	D2170	کندروائی سینماتیک در °C ۶۰ (cst)
--	۱۰۷	--	۹۳	--	۷۹	--	۶۶	T79	D3143	نقطه اشتعال (ظرف روباز) °C
۰/۵	--	۰/۵	--	۰/۵	--	۰/۵	--	T55	D95	مقدار آب %
۵	--	۱۲	۲	۲۰	۴	۳۰	۱۰	T78	D402	درصد حجمی مواد تقطیر شده در °C ۳۶۰
۳۵۰	۴۰	۱۶۰	۲۰	۱۰۰	۸	۷۰	۴	T201	D2170	کندروائی سینماتیک قیر باقیمانده از تقطیر در °C ۶۰ (cst)
--	۸۰	--	۷۰	--	۶۰	--	۵۰	T56	D243	درصد قیر باقیمانده در تقطیر با درجه نفوذ ۱۰۰
--	۱۰۰	--	۱۰۰	--	۱۰۰	--	۱۰۰	T51	D113	خاصیت انگمی قیر باقیمانده با درجه نفوذ ۱۰۰
--	۹۹	--	۹۹	--	۹۹	--	۹۹	T44	D2042	حلالیت درتری کلرور اتیلن (%)

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

امولسیون‌های قیر:

این نوع از قیر از مخلوط کردن قیر و آب به کمک یک ماده امولسیون ساز به دست می‌آید. قیر در این نوع مخلوط در آب حل نشده بلکه به صورت گلبول یا کره‌هایی به قطر یک صدم تا یک هزارم میلی‌متر در آب شناور است. آب فاز پیوسته و قیر فاز ناپیوسته این مخلوط را تشکیل می‌دهد.

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

امولسیون‌های قیر معمولاً دارای ۰.۵ درصد ماده امولسیون ساز و ۵۰-۳۰ درصد آب هستند.

امولسیون‌های قیر پس از مصرف و تماس با مصالح سنگدانه شکسته شده و قیر آن به صورت لایه نازکی از سطح دانه‌ها را اندود کرده و آب آن بخار شده یا جریان پیدا کرده و از سیستم خارج می‌شود.

نشانه شکستن امولسیون قیر تغییر رنگ آن از قهوه‌ای 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 می‌شوند. کندروانی بر اساس کندروانی کینماتیکی اندازه‌گیری می‌شود.

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 معمولاً 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 شنور 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 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 جریان 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

انواع افزودنی های قیر:

قیرهای اصلاح شده براساس استاندارد ASTM و بر حسب نوع افزودنی های مصرفی، به شش رده تقسیم می شوند که برای هر یک مشخصات فنی معینی طراحی شده است. این مشخصه ها قیرهای اصلاح شده ای را شامل می شود که حاصل اختلاط فقط قیرهای خالص با پلیمرها، مواد شیمیایی تثبیت کننده و پودر لاستیکهای بازیافتی باشند.

○ قیرهای اصلاح شده با پلیمر نوع ۱

این قیرها از افزودن کوپولیمیرهای استایرن بوتادین یا استایرن بوتادین استایرن به قیرهای خالص تهیه می شوند.

○ قیرهای اصلاح شده با پلیمر نوع ۲

این نوع از قیرها از افزودن پلیمر مایع استایرن بوتادین به قیرهای خالص تهیه می شود. این نوع از قیرهای اصلاح شده خود به چهار دسته تقسیم بندی می شوند.

○ قیرهای اصلاح شده با پلیمر نوع ۳

این قیرها از افزودن پلیمر اتیل وینیل استات به قیر خالص تهیه می شوند.

○ قیرهای اصلاح شده با پلیمر نوع ۴

این قیرها از افزودن کوپلیمر غیر شبکه ای استایرن بوتادین استایرن با قیرهای خالص تهیه می شود.

قیرهای اصلاح شده با پودر لاستیک

این قیرها از اختلاط پودر لاستیکهای بازیافتی و در صورت لزوم افزودنی های معدنی و مواد الیافی دیگر با قیر خالص تهیه می شوند. قیرهایی که بدین طریق اصلاح می شوند از نظر کندروانی به سه گروه ۱ تا ۳ به ترتیب با غلظت زیاد تا کم تقسیم می شوند.

پودر مصرفی باید با قیر داغ آنچنان مخلوط شده و واکنش دهد که ذرات لاستیک قبل از مصرف قیر به اندازه کافی متورم و منبسط شده باشند.

پودر لاستیک مصرفی برای تهیه این قیر باید دارای خواص زیر باشد:

الف- رطوبت آن کمتر از ۰.۷۵ درصد باشد

ب- ۱۰۰ درصد از الک ۲.۳۶ میلیمتر (الک نمره ۸) عبوری داشته باشد

ج- وزن مخصوص آن در محدوده ۱.۱۰-۱.۲۰ باشد

د- فاقد ضایعات فلزی غیر آهنی بوده و همچنین میزان ذرات آهن آن کمتر از ۰.۰۱٪ وزنی باشد.

قیرهای اصلاح شده با مواد شیمیایی تثبیت کننده

این نوع از مواد بیشتر به صورت مایع به قیر اضافه شده و عموماً برای افزایش خاصیت چسبندگی قیر مورد استفاده قرار می گیرد.

انتخاب نوع قیر

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

شرایط جوی محل

نوع و شدت آمد و شد وسایل نقلیه

نوع روسازی

جنس و دانه بندی مصالح سنگی

نحوه اجرای روسازی

انتخاب نوع قیر برای لایه های از جنس مخلوط آسفالتی :

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

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 ۱۵۰-۱۲۰ است که با توجه به پارامترهای گفته شده در قسمت قبل انتخاب می گردد.

قبل از استفاده از قیر 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 رسیدن 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 کاملاً 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 معمولاً بین ۲ تا ۶ درصد در نظر گرفته می شود. برای صرفه جویی در میزان قیر مصرفی معمولاً 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 آزمایش مخلوطهای آسفالتی به روش مارشال در دهه ۳۰ قرن بیستم توسط بروس مارشال، مهندس بخش بزرگراه می-سی-پی آمریکا ارائه شد. این روش از دهه ۴۰ در عملیات آسفالتی گرم مورد استفاده قرار گرفت. در فاصله دهه ۴۰ تا ۵۰ با توجه به نتایج حاصل از عملکرد روش مارشال کوششهایی در جهت اصلاح و تکمیل و در نهایت تجدید نظر در این روش به عمل آمد. در این زمینه گروه مهندسين ارتش امريکا پس از مطالعات و بررسيهاي مختلف، روش مارشال را بهبود بخشیده و با تکمیل آن، طرح اختلاط آسفالت به روش مارشال را ارائه نمود. روش آزمایش مارشال در سال ۱۹۵۸ توسط انجمن آمریکایی آزمایش مصالح برای طراحی مخلوط آسفالتی گرم با قیرهای خالص و مصالح سنگی با ابعاد حداکثر ۲۵ میلی متر، استاندارد گردید (ASTM-D1559). در سال ۱۹۷۶ این انجمن مجدداً اصلاحاتی را تصویب کرد که به موجب آن کاربرد این روش آزمایش برای مخلوطهای آسفالتی سرد و گرم با قیرهای خالص و محلول نیز گسترش یافت. این روش آزمایش در استاندارد شماره ASTM-D1559 تحت عنوان "روش استاندارد آزمایش تعیین مقاومت مخلوطهای آسفالتی در مقابل تغییر شکل خمیری با روش مارشال" درج گردیده است.

مراحل طرح اختلاط بتن آسفالتی :

الف- تهیه نمونه مصالح سنگی و فیلر

ب- آزمایش‌های بررسی مرغوبیت مصالح سنگی و فیلر

پ- آزمایش‌های کنترل کیفیت قیر

ت- تعیین دانسیته مصالح سنگی

ث- تعیین نسبت‌های اختلاط مصالح سنگی

ج- تعیین وزن مخصوص مصالح سنگی درشت، ریز و فیلر و وزن مخصوص مخلوط مصالح سنگی

چ- تهیه نمونه‌های ۱۲۰۰ گرمی از مخلوط مصالح سنگی

ح- تهیه و ساخت نمونه‌های مخلوط آسفالتی با درصد‌های مختلف قیر و متراکم کردن آنها

خ- تعیین وزن مخصوص حداکثر مخلوط آسفالتی متراکم نشده

د- تعیین وزن مخصوص حقیقی نمونه های مخلوط آسفالتی متراکم شده

ذ- تعیین مقدار روانی و استحکام نمونه‌های مخلوط آسفالتی متراکم شده

ر- محاسبه و تعیین درصد جذب قیر مصالح سنگی، فضای خالی مخلوط آسفالتی (AV)، درصد فضای خالی مصالح سنگی

(VMA) و درصد فضای خالی مصالح سنگی پر شده با قیر (VFA)

ز- تعیین درصد قیر بهینه

چگالی واقعی بتن آسفالتی

وزن حجم معینی از مخلوط آسفالتی کوبیده شده (شامل حجم قسمت جامد و حجم فضای خالی) به وزن آب مقطر هم حجم آن در همان درجه حرارت، چگالی واقعی مخلوط آسفالت متراکم شده نامیده می‌شود.

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

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

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

تعیین چگالی واقعی مصالح سنگی درشت، ریز و فیلر و وزن مخصوص مخلوط مصالح سنگی :

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{sb1}} + \frac{P_2}{G_{sb2}} + \dots + \frac{P_n}{G_{sbn}}}$$

که در این رابطه:

$$G_{sb} = \text{چگالی واقعی مخلوط مصالح سنگی}$$

$$p_1, p_2, \dots, p_n = \text{درصد های وزنی هریک از مصالح سنگی در مخلوط مصالح سنگی}$$

$$G_{sb1}, G_{sb2}, \dots, G_{sbn} = \text{چگالی واقعی هر يك از مصالح سنگی (ریزدانه، درشت دانه و فیلر)}$$

W_0 : وزن نمونه فیلر خشک شده در گرمخانه

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

W_a : وزن پیکنومتر پر شده از آب مقطر

W_b : وزن پیکنومتر حاوی نمونه فیلر و آب در درج حرارت t .

E : وزن نمونه مصالح خشک شده در گرمخانه

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

F : وزن پیکنومتر 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 پیکنومتر حاوی نمونه مصالح و آب.

آزمایش رایس برای تعیین حداکثر وزن مخصوص مخلوط آسفالت :

برای تعیین حداکثر وزن مخصوص نظری مخلوط های آسفالتی از آزمایش رایس استفاده می شود. در این آزمایش نمونه ها پس از آنکه در اون گرم شدند، بر روی سینی پهن می شوند تا خوب سرد شده و قیر در تمام خلل و فرج دانه ها نفوذ کند. سپس با کوارتر کردن، وزن آن را به ۱۲۰ گرم رسانده و با ریختن آن درون ارلن، پر کردن ارلن از آب و تخلیه هوای آن و از طریق قانون ارشمیدس، حجم و در نتیجه وزن مخصوص نمونه بدست می آید. حداکثر وزن مخصوص نمونه های مخلوط آسفالت، حداقل بر روی دو نمونه مخلوط آسفالتی متراکم نشده که با درصد قیر تهیه شده، به روش استاندارد (ASTM-D2041) تعیین می شود. حداکثر وزن مخصوص مخلوط آسفالتی را با G_{mm} نشان می دهند.



پارامترهای مورد نیاز :

P_b: درصد قیر مخلوط آسفالتی نسبت به درصد وزنی کل مخلوط آسفالتی

G_b: وزن مخصوص قیر

P_s: درصد مصالح سنگی نسبت به وزن کل مخلوط آسفالتی

G_{sb}: وزن مخصوص حقیقی مخلوط مصالح سنگی

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

سایر روابط مورد نیاز :

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

وزن مخصوص موثر مصالح سنگی

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

درصد جذب قیر مصالح سنگی

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

درصد قیر موثر مخلوط آسفالتی

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

درصد فضای خالی مصالح سنگی

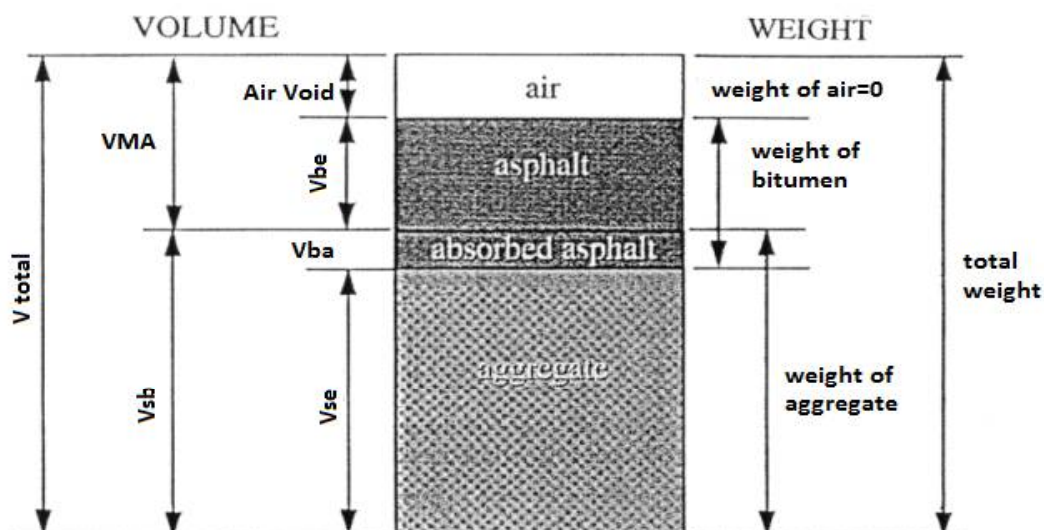
$$AV = 100 \times \frac{(G_{mm} - G_{mb})}{G_{mm}}$$

درصد فضای خالی بتن آسفالتی

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

درصد فضای خالی مصالح سنگی پر شده با قیر

مفاهیم روابط وزنی و حجمی :



تهیه نمونه های بتن آسفالت گرم :

روش ساخت و تهیه نمونه‌های مخلوط آسفالتی جهت اختلاط آسفالت بر اساس روش استاندارد (ASTM-D1559) انجام می‌گردد. در این روش، نمونه‌های مخلوط آسفالتی متراکم شده استوانه‌ای با ارتفاع حدود ۶۳.۵ و قطر ۱۰۱.۶ میلی‌متر تهیه می‌گردد. برای تهیه نمونه‌های مخلوط آسفالتی، نمونه‌های قیر و مصالح سنگی از قبل به‌گونه‌ای گرم می‌شوند که در حین اختلاط، دمای آنها برابر دمایی باشد که در آن دما، کندروانی سینماتیکی قیر معادل ۱۷۰ سانتی‌استوکس گردد. عمل تراکم با چکش فلزی که دارای سطح مقطعی به شکل دایره (به قطر ۹۸.۴ میلی‌متر) و به وزن ۴.۵ کیلوگرم که از ارتفاع مشخص ۴۵ سانتیمتری به طور آزاد سقوط می‌کند، انجام می‌شود. برای تهیه نمونه‌های مخلوط آسفالتی، نمونه‌های قیر و مصالح سنگی از قبل به‌گونه‌ای گرم می‌شوند که در حین تراکم، دمای آنها برابر دمایی باشد که در آن دما، کندروانی سینماتیکی قیر معادل ۲۸۰ سانتی‌استوکس گردد.

تعداد ضربات تراکم با توجه به نوع پروژه (میزان ترافیک عبوری طرح) به تعداد ۳۵، ۵۰، ۷۵ ضربه برای هر طرف نمونه انتخاب می‌شود. ضمن اینکه قبل از اختلاط لازم است تا قیر تا دمای ۱۲۱ تا ۱۳۸ درجه سانتیگراد و مصالح سنگی تا دمای ۱۷۷ تا ۱۹۱ درجه سانتیگراد حرارت داده شوند و توجه شود تا دمای مخلوط حاصل همواره از ۱۰۷ درجه سانتیگراد کمتر نباشد. همچنین نمونه در هنگام اختلاط و گرم شدن باید دائماً به‌طور یکنواخت هم زده شود.



تصحیح استقامت مارشال :

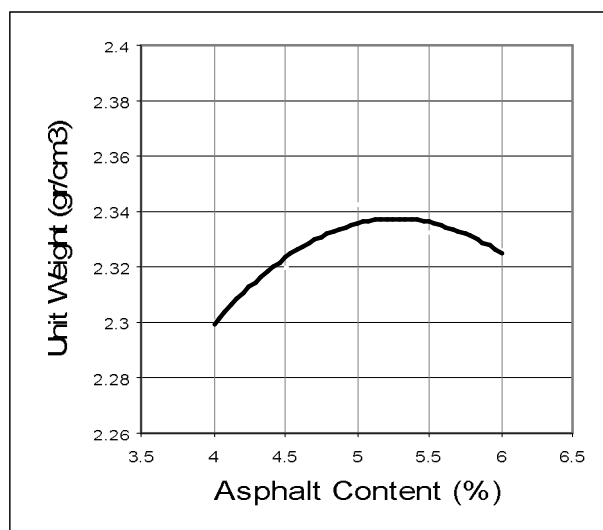
اما هر نمونه استاندارد بتن آسفالتی مارشال میبایستی وزنی در حدود ۱.۲ کیلوگرم و قطر ۱۰ و ارتفاع ۶.۲۵ سانتیمتر داشته باشد. برای نمونه‌هایی که ارتفاع آنها برابر ۶.۲۵ سانتیمتر نباشند، مقادیر بدست آمده برای استحکام مارشال باید توسط ضرایب داده شده در جدول زیر اصلاح شوند. بدین ترتیب استحکام مارشال واقعی برای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

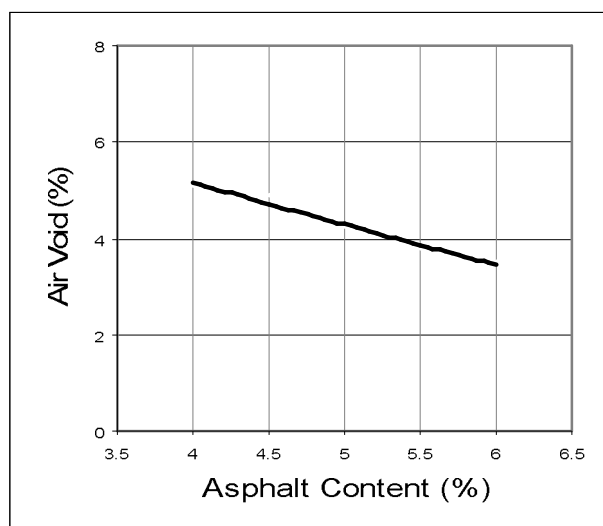
وزن مخصوص حقیقی مخلوط بتن متراکم شده :

وزن حجم معینی از مخلوط آسفالتی کوبیده شده (شامل حجم قسمت جامد و حجم فضای خالی) به وزن آب مقطر هم حجم آن در همان درجه حرارت، چگالی حقیقی مخلوط آسفالت متراکم شده نامیده می‌شود.



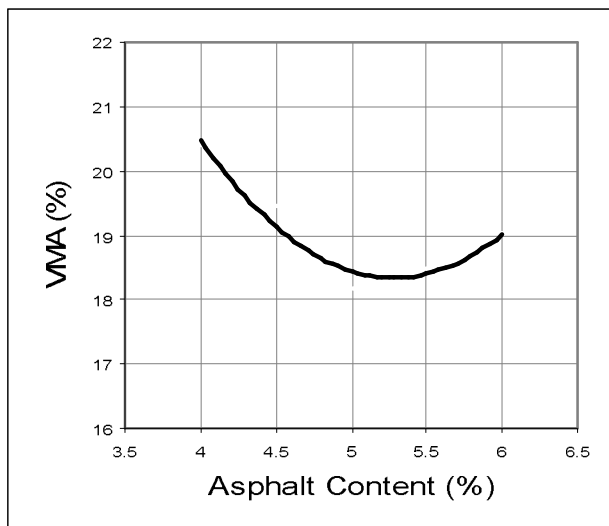
درصد حفرات هوا در مخلوط آسفالت متراکم شده:

فضای خالی موجود بین مصالح سنگی پوشیده شده با قیر مخلوط آسفالتی متراکم را بر حسب درصد حجمی نسبت به حجم کل مخلوط آسفالتی، درصد فضای خالی مخلوط آسفالتی متراکم شده می‌گویند.



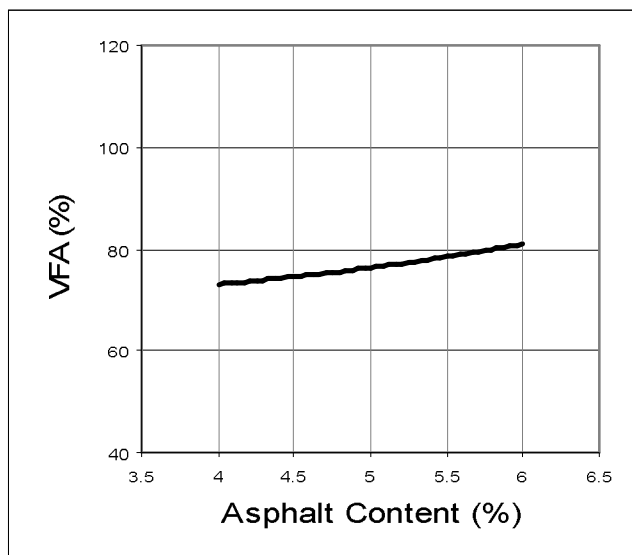
درصد فضای خالی مصالح سنگدانه ای :

فضای خالی بین ذرات مصالح سنگی در مخلوط آسفالتی متراکم شده (شامل فضای خالی مخلوط آسفالتی و فضای اشغال شده توسط فیر موثر) بر حسب درصد حجمی نسبت به حجم کل مخلوط آسفالتی، درصد فضای خالی مخلوط مصالح سنگی می‌باشد.



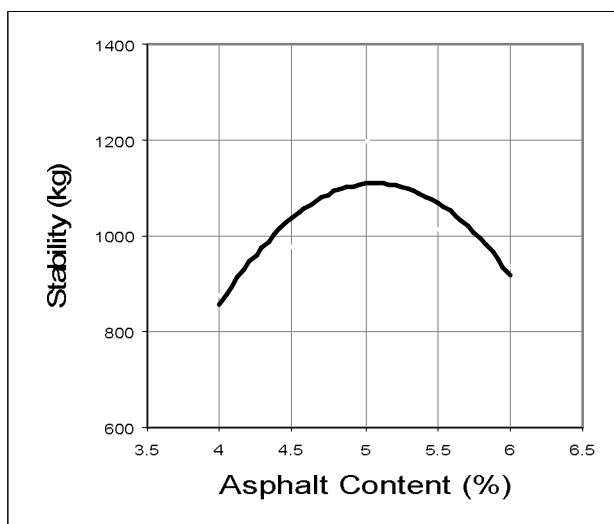
درصد فضای خالی مصالح سنگی پر شده با فیر :

قسمتی از فضای خالی بین مصالح سنگی است که با فیر پر می‌شود (این کمیت شامل فیر جذب شده توسط مصالح سنگی نمی‌باشد) و بر حسب درصد حجمی نسبت به حجم خالی فضای خالی مصالح سنگی بیان می‌گردد.



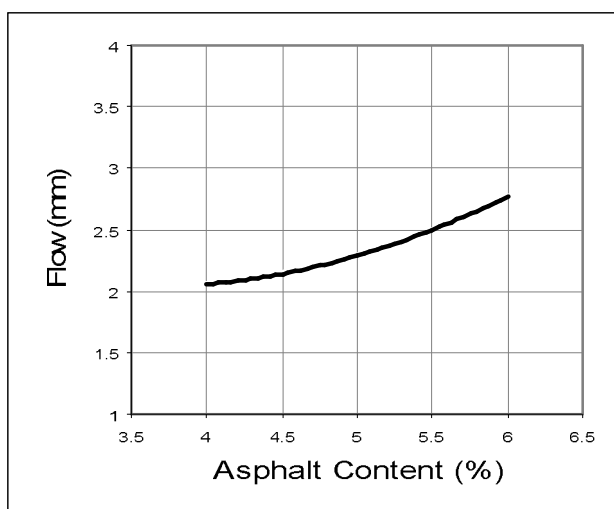
استقامت مارشال :

نیروی لازم (برحسب کیلوگرم یا کیلو نیوتن) جهت گسیخته شدن نمونه‌های متراکم شده مخلوط آسفالتی با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد در جهت جانبی، با دستگاه مارشال را، استحکام نمونه مارشال می‌گویند. به عبارت دیگر حداکثر نیرویی که نمونه مخلوط آسفالتی متراکم شده مورد آزمایش می‌تواند قبل از گسیختگی تحمل کند، استقامت یا استحکام مارشال نامیده می‌شود.



روانی :

مقدار تغییر شکل قطری نمونه آسفالتی متراکم شده در هنگام گسیختگی برحسب ۲۵ صدم میلی‌متر را روانی مخلوط آسفالتی می‌گویند. این مقدار معمولاً در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری می‌شود.



تعیین مقدار قیر بهینه در روش مارشال :

مقدار قیر بهینه جهت طرح اختلاط مخلوط آسفالتی با توجه به شش پارامتر بدست آمده تعیین می‌شود. به همین منظور ابتدا قیر در حد متوسط، بین ۴ درصد فضای خالی مخلوط آسفالتی انتخاب می‌گردد. سپس در این درصد قیر کمیت‌های دیگر با معیارهای طرح اختلاط مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. چنانچه در این درصد قیر همه معیارهای مورد نظر با مشخصات مطابقت داشته باشد، این مقدار قیر به عنوان قیر بهینه انتخاب می‌گردد و چنانچه این معیارها تامین نگردد، اصلاحاتی در طرح اختلاط انجام می‌شود.

آمد و شد		آموشد سبک		آموشد متوسط		آموشد سنگین	
کمیت		حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
تعداد ضربات به هر طرف نمونه		۳۵	۳۵	۵۰	۵۰	۷۵	۷۵
استحکام مارشال (نیوتن)		۳۳۳۶	۵	۵۳۳۸	۵	۸۰۰۶	۸۵
روانی (۰.۲۵ میلیمتر)		۱۸	۸۰	۱۶	۷۸	۱۴	
درصد فضای خالی مخلوط آسفالتی		۳		۳		۳	
درصد فضای خالی مصالح سنگی پر شده با قیر		۷۰		۶۵		۶۵	
درصد فضای خالی مصالح سنگی		بر حسب جدول ۷-۳					

ترافیک :

ترافیک، یکی از مهمترین پارامترها در طراحی روسازی است.

➤ ترافیک عبوری در دوره طراحی در راه های موجود بر مبنای:

- آمارگیری
- آگاهی از روند رشد ترافیک در سال های قبل و
- جذب ترافیک (پروژه های بهسازی)

➤ ترافیک عبوری در دوره طراحی در راه های جدید با انجام:

- مطالعات حمل و نقل،
- تخمین رشد ناشی از توسعه آتی و
- برآورد قابلیت جذب.

➤ برای تعیین حجم ترافیک، نوع وسایل نقلیه، وزن و نوع محور، می توان آنها را به وزن محور استاندارد یا محور مبنای طرح تبدیل کرد.




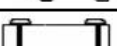




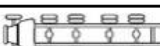
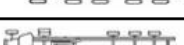
➤ تعیین پارامترهای زیر در مطالعات ترافیک ضروری است:

- حجم ترافیک عبوری در سال اول بهره برداری
- نوع وسایل نقلیه، نوع محور و وزن آنها
- نرخ رشد سالانه انواع وسایل نقلیه
- ضرایب هم ارز برای تبدیل انواع محورها با وزن های مختلف به محور استاندارد
- ضریب توزیع جهتی ترافیک
- ضریب توزیع ترافیک در خط طرح

حجم ترافیک :

- حجم ترافیک، عبارت از تعداد کل وسایل نقلیه ای است که از یک مقطع مشخص راه در زمان معینی عبور می نماید و به دو روش بصری و مکانیکی آمارگیری می شود.
- دوره های زمانی معمول برای شمارش تعداد ترافیک، سالیانه، روزانه یا ساعتی است. معمولاً در محاسبه طرح روسازی، متوسط ترافیک روزانه سالیانه **AADT** یا متوسط ترافیک روزانه **ADT** مورد محاسبه قرار می گیرد.
- چنانچه حجم ترافیک بر اساس سایر بازه های زمانی بدست آمده باشد، لازم است با اعمال ضرایب مناسب از مراجع معتبر و یا مطالعات مشاور به متوسط ترافیک روزانه سالیانه یا متوسط ترافیک روزانه تبدیل گردد.
- مهمترین عوامل در آمارگیری، مکان، زمان و بازه آن است.
- مکان شمارش وسایل نقلیه یا ایستگاه ها باید به گونه ای باشد که نتایج شمارش، گویای ترافیک عبوری از قطعه مورد نظر بوده و غیر واقعی نباشد.
- زمان و بازه شمارش نیز باید به گونه ای باشد که بر اساس نتایج شمارش بتوان به برآورد واقعی تعداد ترافیک در طول سال دست یافت.
- برای تعیین حجم ترافیک در محورهای موجود از نتایج آمارگیری های ارائه شده توسط سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای استفاده می شود.
- در صورت فقدان آمار برای راه مورد نظر، مهندس مشاور در حداقل ۷ روزی که شرایط اجتماعی و محیطی خاص بر ترافیک محور تاثیر نداشته باشد، نسبت به آمارگیری اقدام نموده و آن را در طراحی لحاظ خواهد نمود.
- برای پیش بینی حجم ترافیک در راههای جدید، باید از نتایج مطالعات طرح توجیهی استفاده شود.
- نوع وسایل نقلیه، نوع محور و وزن آنها
- شمارش تعداد انواع وسایل نقلیه به تفکیک نوع وسیله، تعداد محور و وزن آنها بسیار مهم است. در جدول صفحه بعد وسایل نقلیه و مشخصات محورها و وزن آنها ارائه شده است.

- در پروژه های بهسازی، نسبت پر و خالی بودن کامیون ها براساس آمارهای سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای و یا از طریق آمارگیری و بررسی های محلی تعیین می شود.
 - در طرح های نوسازی نیز این نسبت بر اساس تجزیه و تحلیل آمار ترافیک عبوری و شرایط محلی محاسبه می شود. در هر حال، نسبت کامیون های خالی در محاسبات روسازی، نباید بیش از ۲۵ درصد کل کامیون ها منظور گردد.
 - در راه های با مسیرهای رفت و برگشت مجزا، مشاور باید با بررسی های محلی، دقت لازم در جهت کامیون های پر و خالی را در مطالعات، مد نظر قرار دهد.
- رشد سالانه انواع وسایل نقلیه :**
- نرخ رشد وسایل نقلیه در دوره طرح بر اساس رشد ترافیک در دوره های گذشته و با در نظر گرفتن اثرات ناشی از توسعه های آتی و میزان ترافیک جذب شده از مناطق مجاور، بطور مجزا برای گروه های مختلف ترافیک از قبیل سبک و سنگین و یا باری و مسافری تعیین می گردد.
 - برای تعیین نرخ رشد ترافیک در راه های موجود از نتایج آمارگیری ها استفاده می شود. چنین آماری باید حداقل شامل یک دوره ۱۰ ساله از داده های ترافیکی باشد. استفاده از آمار در دوره های زمانی کوتاه تر، ممکن است نتایج گمراه کننده ای را ارائه دهد.
 - برای پروژه های نوسازی باید از نتایج آمارگیری محورهای موجود در محدوده پروژه و با استفاده از مدل های مناسب پیش بینی سفر، نرخ رشد ترافیک و میزان ترافیک سال شروع طرح محاسبه شود.
 - به هر حال چنانچه آمارگیری نتایجی با دامنه تغییرات زیاد داشته باشد و یا آمار لازم در دوره ۱۰ ساله وجود نداشته باشد، باید با بررسی طرح های توسعه منطقه ای و کشور همراه با ارائه دلایل و شواهد مورد نیاز نسبت به تعیین نرخ رشد ترافیک بر اساس شرایط واقعی اقدام شود.
- نوع وسایل نقلیه، نوع محور و وزن آنها :**

نوع وسیله نقلیه	تعداد محور	ارایش چرخ ها	محور جلو		محور وسط		محور عقب		وزن کل (تن)
			نوع	وزن (تن)	نوع	وزن (تن)	نوع	وزن (تن)	
سواری	۲		ساده	۱			ساده	۱	۲
وانت	۲		ساده	۱			ساده	۲	۳
مینی بوس	۲		ساده	۳			ساده	۳	۶
اتوبوس	۲		ساده	۳			ساده	۶	۹
کامیون دو محور سبک	۲		ساده	۶			ساده	۹	۱۵
کامیون دو محور سنگین	۲		ساده	۶			ساده	۱۳	۱۹
کامیون سه محور	۳		ساده	۶			مرکب	۲۰	۲۶
تریلی ۴ محور	۴		ساده	۶	ساده	۱۰	ساده	۱۰+۱۰	۳۶
					ساده	۱۰	مرکب	۱۲	۳۲
تریلی پنج محور	۵		ساده	۶	مرکب	۱۶	مرکب	۱۸	۴۰
تریلی پنج محور	۵		ساده	۶	ساده	۱۰	مرکب	۲۴	۴۰

محور هم ارز :

- در آیین نامه ۲۳۴ اثرات ترافیکی با استفاده از روش محور هم ارز در طرح روسازی لحاظ می شود. بطوریکه کل ترافیک عبوری از راه در دوره طرح با تعداد معینی از یک محور استاندارد با مشخصات و وزن معین (محور مبنای طرح) جایگزین شده و اثر تعداد معادل محور مبنای (EAL) در طراحی منظور می شود.
- معمولاً محور ساده با وزن ۸.۲ تن به عنوان محور مبنای در نظر گرفته می شود.
- برای تبدیل انواع مختلف محورها مانند محور منفرد، تاندم و تریدم به محور مبنای، باید از ضریب بار هم ارز (EALF) حاصل از روش های نظری یا تجربی استفاده شود.
- در روش تجربی با مقایسه بین خرابی حاصل از عبور محور مورد نظر با خرابی ایجاد شده توسط محور مبنای که معمولاً ۸.۲ تن می باشد، معادل سازی انجام می گردد.
- ضرایب بار محور هم ارز، بستگی به نوع روسازی و مدل خرابی روسازی، ظرفیت سازه ای، ضخامت لایه ها و نشانه خدمت دهی نهایی دارد.

جدول ۱۰-۲- ضریب بار هم ارزی برای محور منفرد و $p_t=2$

عدد ضخامت روسازی (SN)						بار محوری (تن)
۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۰/۰۰۰۳۸	۰/۰۰۰۳۸	۰/۰۰۰۳۸	۰/۰۰۰۳۸	۰/۰۰۰۴۸	۰/۰۰۰۳۸	۱
۰/۰۰۳۴۳۵	۰/۰۰۳۴۳۵	۰/۰۰۳۶۴	۰/۰۰۳۸۴۵	۰/۰۰۴۸۴۵	۰/۰۰۳۴۳۵	۲
۰/۰۱۵۱۵	۰/۰۱۵۷۶	۰/۰۱۷	۰/۰۱۸۶۸۷	۰/۰۱۹۰۱۵	۰/۰۱۵۴۰۵	۳
۰/۰۴۸۳۷	۰/۰۵۰۶۸	۰/۰۵۴۳۲	۰/۰۵۸۱۴	۰/۰۵۵۵	۰/۰۴۸۴۵	۴
۰/۱۲۳۹۲	۰/۱۲۷۴۵	۰/۱۳۴۹۸	۰/۱۴۰۳۹	۰/۱۳۱۹۲	۰/۱۲۰۹	۵
۰/۲۶۹۰۶	۰/۲۷۵۶۸	۰/۲۸۶۵۴	۰/۲۹۱۳	۰/۲۷۶۰۱۵	۰/۲۶۳۴	۶
۰/۵۲۱۱	۰/۵۲۸۱	۰/۵۳۷۹	۰/۵۳۹۸۳	۰/۵۲۳۹	۰/۵۱۴۲۰	۷
۰/۹۲۷۲۸	۰/۹۲۸۵۴	۰/۹۳۰۱۶	۰/۹۳۰۳۴	۰/۹۲۷۶۴	۰/۹۲۶۰۲	۸
۱/۵۴۴۲	۱/۵۴۵۸	۱/۵۰۷۳	۱/۵۱۶۶	۱/۵۴۲۸	۱/۵۶	۹
۲/۴۳۷۵	۲/۳۷۶۲	۲/۳۳۵۵	۲/۳۷۷	۲/۴۶۹۵	۲/۵۲۱	۱۰
۳/۶۹۴۸	۳/۵۷۴۶	۳/۵۰۲۱	۳/۶۱۴	۳/۸۲	۳/۹۱	۱۱
۵/۳۹۰۱	۵/۱۷۲۵	۵/۰۸	۵/۳۱۷	۵/۶۹۳	۵/۸۶	۱۲
۷/۶۱۸۰	۷/۲۳۴۸	۷/۱۴۴۸	۷/۵۸۳	۸/۲۰۵۷۷	۸/۱۹	۱۳

تعیین ضریب رشد ترافیک :

با در دست داشتن نرخ رشد سالانه ترافیک و دوره طرح روسازی بر حسب سال، ضرایب رشد ترافیک برای دوره های مختلف طرح از رابطه زیر تعیین می شود:

$$\text{ضریب رشد ترافیک} = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

که در این رابطه :

r: نرخ رشد سالیانه ترافیک

n: دوره طرح بر حسب سال

$$ESAL_n = EAL \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

تعداد کل محور هم ارز عبوری در **n** سال دوره طرح:

EAL: تعداد محور هم ارز در سال اول

ESALn: تعداد محور هم ارز در **n** سال بهره برداری

تعداد محور هم ارز در مجموع سال های بهره برداری

تعداد ترافیک یا تعداد محورهای استاندارد عبوری از خط طرح از رابطه زیر بدست می آید:

$$W = Dd * DI * ESALn$$

که در این رابطه:

W: تعداد کل محورهای استاندارد که در دوره طرح از خط طرح عبور می کند

Dd: ضریب توزیع ترافیک در هر جهت

DI: ضریب توزیع ترافیک در خط طرح

ESALn: تعداد کل محورهای استاندارد عبوری در **n** سال دوره طرح

ضرایب توزیع جهتی و توزیع ترافیک در خط طرح

چنانچه آمارگیری بگونه ای باشد که ترافیک رفت و برگشتی (دو طرفه) را در برگیرد، باید از ضریب توزیع جهتی ترافیک **Dd** برای تعیین میزان ترافیک هر طرف استفاده شود.

این ضریب معمولاً با فرض توزیع مساوی ترافیک در هر جهت، برابر ۰.۵ در نظر گرفته می شود.

مگر آنکه آمار ترافیکی موجود و یا مطالعات مربوطه، خلاف این امر را نشان دهد که در این صورت مهندس مشاور بر مبنای داده های موجود، ضریب توزیع جهتی را برای پروژه تعیین خواهد نمود.

طرح سازه ای روسازی

طرح روسازی :

سازه روسازی راه، یک سیستم چند لایه ای به منظور:

➤ انتقال بار

➤ توزیع بار

طرح روسازی شامل :

➤ تعیین ضخامت کل سازه،

➤ هر یک از لایه های تشکیل دهنده آن، و

➤ کیفیت مصالح مصرفی این ساختار است.

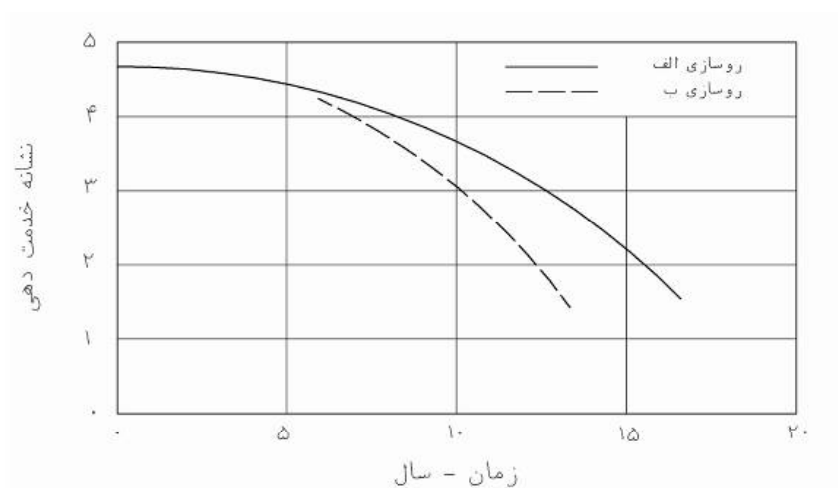
طراحی سازه در دوره طرح با قابلیت اطمینان معینی :

➤ آمد و شد راحت،

➤ مطمئن

➤ و ایمن در یک سطح هموار را تامین نماید.

نشانه خدمت دهی روسازی باید بعنوان معیار طراحی مورد استفاده قرار گیرد.



عوامل موثر در طرح روسازی:

(۱) عمر روسازی:

- عمر طراحی: دوره یا عمر طراحی، مدت زمانی است که روسازی دچار خرابی های عمده نشود.
- اقتصادی بودن طراحی مرحله ای
- معمولاً طراحی به گونه ای تعیین میگردد که در طی این مدت، اجرای یک روکش برای آن پیش بینی شود.

نوع راه	عمر طراحی - سال
بین شهری با ترافیک زیاد	۲۰ - ۲۵
بین شهری با ترافیک متوسط و کم	۱۵ - ۲۵

- عمر بهره برداری: عمر یا دوره بهره برداری، مدت زمانی است که روسازی اولیه بدون نیاز به روکش با کیفیت قابل قبول دوام آورد.
- زمان بین دو روکش را نیز عمر بهره برداری می نامند.
- در واقع این دوره شامل مدت زمانی است که روسازی از میزان خدمت دهی اولیه (Pi) به میزان خدمت دهی نهایی (Pt) برسد.
- عمر بهره برداری بر اساس تجربه های طراح و سیاستهای کارفرما تعیین می شود و تابع نحوه و سیستم نگهداری راه است.

(۲) ترافیک :

برای طراحی یک راه، انواع، تعداد و وزن محورهای وسایل نقلیه ای که از خط طرح عبور می کند، برآورد می گردد. طراحی براساس برآورد تعداد کل محور هم ارز ۸.۲ تنی برای عمر طراحی انجام می گردد.

(۳) سطح قابلیت اطمینان و انحراف معیار :

در طراحی روسازی برای اطمینان از دوام آن و اعمال اثر تغییرات احتمالی تعداد ترافیک پیش بینی شده در عملکرد روسازی، سطح قابلیت اطمینان (R) انحراف معیار کلی (S0) و انحراف معیار نرمال (ZR) در محاسبات منظور میشود. سطح قابلیت اطمینان نشان می دهد که با چه درصد اطمینانی می توان انتظار داشت که روسازی طرح شده عملاً معادل عمر طراحی دوام آورد.

مقادیر سطح قابلیت اطمینان و انحراف معیار نرمال مربوط به سطح قابلیت اطمینان مورد نظر برای انواع راه ها در جدول پایین نشان داده شده است.

S0 در حالت کلی ۰.۳۵ در نظر گرفته می شود.

نوع راه (برون شهری)	سطح قابلیت اطمینان (R)	انحراف معیار نرمال (Z_R)
آزادراه و بزرگراه	۸۰-۹۵	-۰/۸۴۱ تا -۱/۶۴۵
راه اصلی	۷۵-۹۵	-۰/۶۷۴ تا -۱/۶۴۵
راه فرعی درجه ۱	۷۰-۹۰	-۰/۵۲۴ تا -۱/۲۸۲
راه فرعی درجه ۲	۵۰-۸۰	-۰/۸۴۱ تا ۰

نشانه خدمت دهی و عملکردی روسازی:

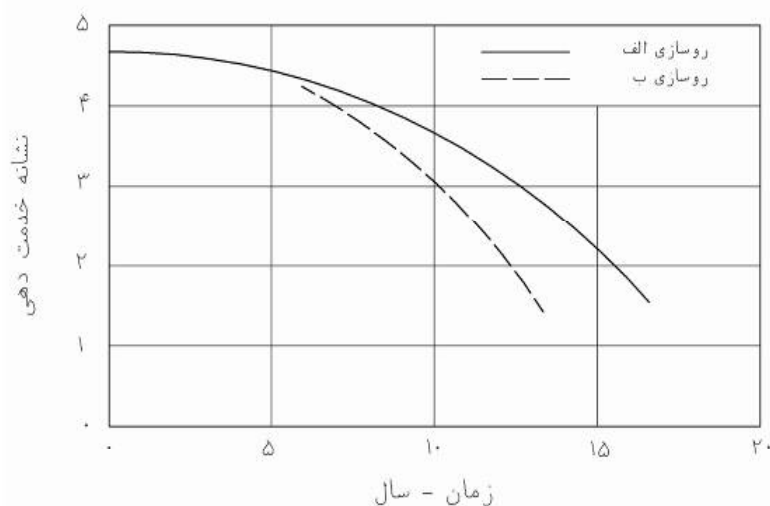
عملکرد کلی روسازی :

- عملکرد وظیفه ای، چگونگی خدمت دهی روسازی به استفاده کنندگان از راه، از نظر راحتی رانندگی و کیفیت سواری دهی است.
 - عملکرد سازه ای روسازی به شرایط فیزیکی آن مانند بروز ترک و گسیختگی مربوط می شود که می تواند بر توانایی باربری سازه اثر بگذارد.
- خدمت دهی یک روسازی به عنوان توانایی آن برای ارائه خدمت به ترافیکی که از آن استفاده می کند، تعریف میشود.
- این خدمت دهی بر حسب نشانه خدمت دهی فعلی (PSI) بیان می شود. این نشانه با اندازه گیری ناهمواری و خرابی (ترک، لکه گیری و شیار) در یک زمان معین در طی عمر طراحی و بهره برداری روسازی تعیین می شود.
- ناهمواری، عامل غالب در تخمین نشانه خدمت دهی روسازی است. نشانه خدمت دهی از صفر (برای یک راه مطلقا غیرقابل استفاده) تا پنج (برای یک راه بسیار عالی) تغییر می کند.

نشانه خدمت دهی و عملکردی روسازی :

برای طراحی روسازی، انتخاب نشانه خدمت دهی اولیه و نهایی ضرورت دارد. نشانه خدمت دهی در روزهای اولیه بهره برداری از راه حداکثر است و بعد از مدتی که راه مورد استفاده قرار می گیرد، کاهش می یابد.

اساسی ترین عواملی که در کاهش خدمت دهی روسازی تاثیر می گذارد، ترافیک و شرایط محیطی است.



نشانه خدمت دهی و عملکردی روسازی :

روش های مختلفی برای ارزیابی روسازی و ارائه یک شاخص برای **PSI** وجود دارد که در کشور ما شاخص نشانه روسازی **(PCI)** مورد استفاده قرار می گیرد.

این شاخص براساس نوع، شدت و وسعت خرابی های موجود در روسازی مورد نظر تعیین می شود.

نشانه افت معیار خدمت دهی ناشی از آسیب های سطحی و سازه ای روسازی آسفالتی است که به گونه های مختلف نظیر ایجاد ناهمواری، انواع ترک ها و تغییر شکل ها موجب تغییر مقاومت، دوام و توان باربری روسازی راه می گردد.

در آیین نامه ایران، نشانه خدمت دهی اولیه روسازی های آسفالتی، حداکثر ۴.۲ و نشانه خدمت دهی نهایی برای آزادراه ها و بزرگراه ها برابر با ۳، برای راه های اصلی برابر با ۲.۵ و برای راه های فرعی برابر با ۲ تعیین شده است.

مشخصات فنی مصالح روسازی :

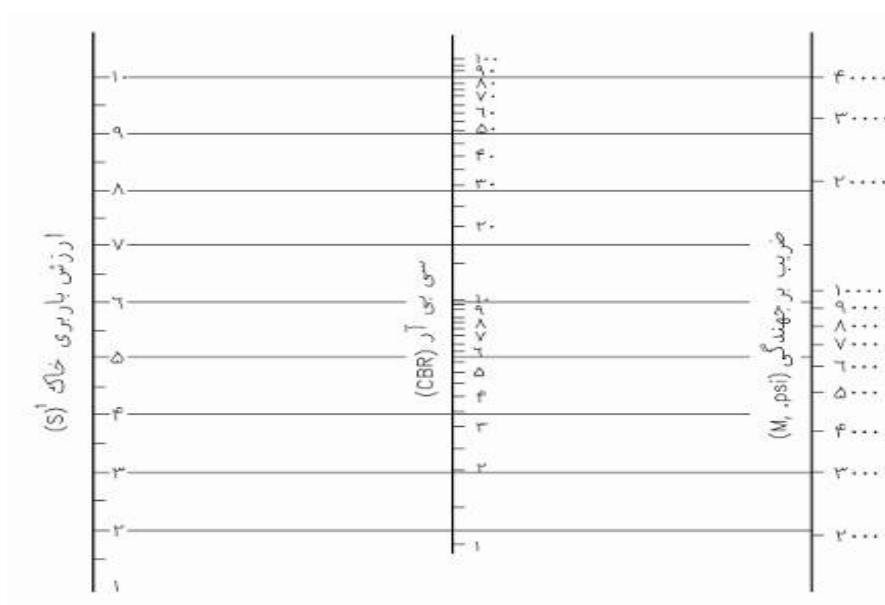
در این آیین نامه، طرح روسازی راه بر پایه تعیین ضریب برجهندگی مصالح روسازی (شامل لایه های غیر آسفالتی و آسفالتی) استوار است.

در صورتیکه انجام آزمایش **T307** برای تعیین ضریب برجهندگی خاک بستر روسازی و ضریب ارتجاعی مصالح غیرآسفالتی لایه های روسازی شامل زیراساس و اساس و آزمایش **ADTM D4123** برای تعیین ضریب ارتجاعی آسفالت امکان پذیر باشد، نتایج بدست آمده را می توان مستقیماً برای استفاده در طراحی و تعیین ضخامت لایه ها بکار برد.

در غیر اینصورت باید از ضریب باربری کالیفرنیا (**CBR**) برای خاک بستر و هر یک از لایه ها استفاده کرد که در ادامه به شرح آنها پرداخته خواهد شد.

خاک بستر روسازی :

مقاومت خاک بستر روسازی بر حسب ضریب برجهندگی (**Mr**) یا **CBR** تعیین می شود. هنگامی که ضریب برجهندگی انجام پذیر نباشد از **CBR** استفاده می شود که اعداد آن به مقادیر متناظر ضریب برجهندگی تبدیل میشود.



برای مصالح خاک بستر روسازی، آزمایش های تعیین ضریب برجهندگی (با سی بی آر) بر روی نمونه های معرف با درصد رطوبتی مشابه با درصد رطوبت های فصلی انجام می شود.

در شرایط آب و هوایی که خاک بستر روسازی در معرض دماهای زیر صفر قرار ندارد، آزمایش های تعیین ضریب برجهندگی در رطوبت های مختلف برای مشابه سازی تفاوت فصول مختلف تر (بارانی) و خشک انجام می شود. برای دوره های تر بهاره و تر پائیزه، انجام آزمایش اضافی ضرورتی ندارد، مگر آنکه تفاوت قابل ملاحظه ای در میزان بارندگی طی بهار و پائیز وجود داشته باشد.

اگر انجام آزمایش تعیین ضریب برجهندگی برای مشابه سازی شرایط ذوب یخ در بهار و شرایط یخ زده خاک در زمستان دشوار باشد، برای شرایط یخ زده، مقادیر کاربردی ۱۴۰۰ تا ۳۵۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع برای ضریب برجهندگی خاک بستر مورد استفاده قرار می گیرد.

برای شرایط ذوب یخ بهار، ضریب برجهندگی خاک ممکن است ۲۰ تا ۳۰ درصد ضریب برجهندگی در طی دوره زمانی تابستان و پاییز باشد. به منظور لحاظ تغییرات فصلی درصد رطوبت در مقاومت خاک بستر روسازی، ضریب برجهندگی موثر مورد استفاده قرار می گیرد.

ضریب برجهندگی موثر خاک بستر، معادل اثر ترکیبی همه مقادیر ضریب برجهندگی فصلی خاک بستر است.

مقادیر فصلی ضریب برجهندگی خاک بستر با استفاده از آزمایش تعیین ضریب برجهندگی بر روی نمونه های با شرایط رطوبتی مختلف، مشابه شرایطی که خاک بستر در طی بهره برداری تجربه می کند، تعیین میگردد.

برای محاسبه ضریب برجهندگی موثر خاک بستر، ابتدا سال به ماه ها و فواصل زمانی که مقادیر ضریب برجهندگی خاک بستر در آنها متفاوت است، تقسیم بندی می شود، سپس مقدار ضریب برجهندگی برای هر فاصله زمانی تعیین می شود.

اگر کوتاه ترین زمان در این تقسیم بندی، دو هفته باشد، باید ماه را برحسب نصف ماه تقسیم بندی کرده و مقدار ضریب برجهندگی نظیر هر ۱۵ روز را تعیین نمود.

تخمین میزان خرابی نسبی (U_f) مربوط به مقادیر ضریب برجهندگی در فصول مختلف مطابق رابطه زیر بدست می آید:

$$U_f = 2.47 \times 10^5 M_r^{-2.32}$$

سپس میانگین میزان خرابی های نسبی (به صورت میانگین حسابی) گرفته می شود

میانگین خرابی های نسبی در رابطه زیر قرار داده می شوند و مدول برجهندگی بستر به دست می آید.

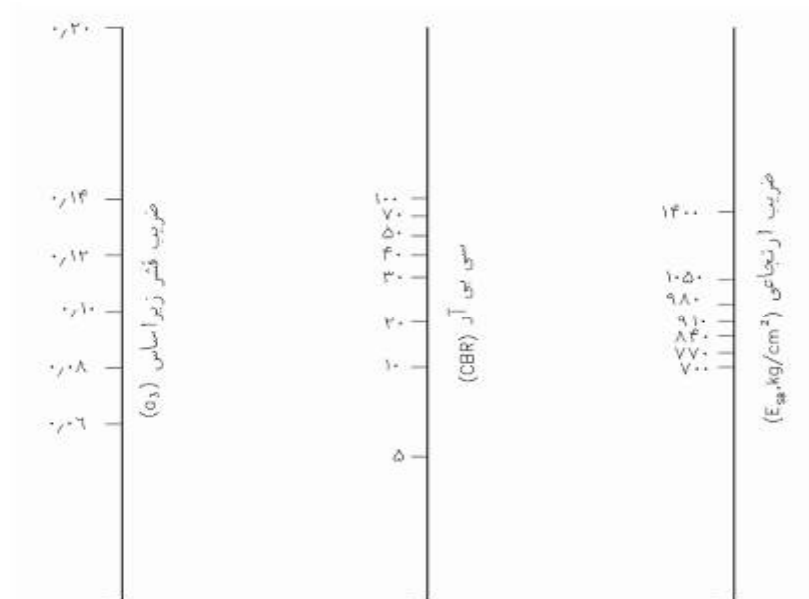
$$M_R = 210.9 \times \bar{U}_f^{-0.431}$$

لایه زیراساس :

برای تعیین مدول برجهندگی لایه زیراساس یا باید این پارامتر به صورت مستقیم اندازه گیری شود و یا آزمایش CBR انجام شود و از نمودار زیر برای به دست آوردن مدول برجهندگی معادل با آن بهره برد.

معمولا در طراحی ها CBR لایه زیراساس (در صورت نداشتن اندازه گیری دقیق) برابر با ۳۰ در نظر گرفته می شود.

از نمودار زیر پارامتر ضریب قشر زیراساس براساس ضریب ارتجاعی به دست می آید.



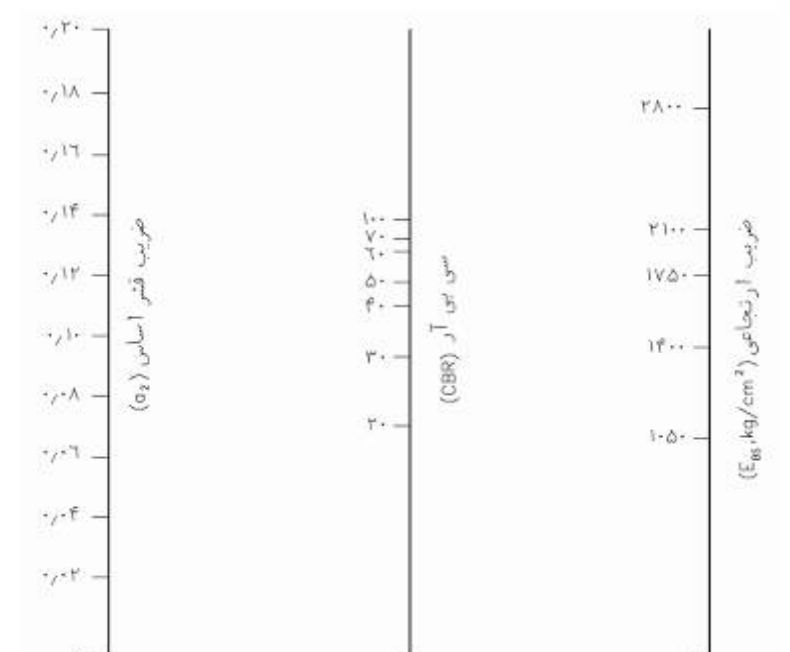
شکل ۱۱-۳- نمودار تعیین ضریب لایه زیراساس (a_r) برحسب سی بی آر و ضریب ارتجاعی

لایه اساس شکسته :

برای تعیین مدول برجهندگی لایه اساس یا باید این پارامتر به صورت مستقیم اندازه گیری شود و یا آزمایش CBR انجام شود و از نمودار زیر برای به دست آوردن مدول برجهندگی معادل با آن بهره برد.

معمولا در طراحی ها CBR لایه اساس (در صورت نداشتن اندازه گیری دقیق) برابر با ۸۰ در نظر گرفته می شود.

از نمودار زیر پارامتر ضریب قشر اساس شکسته براساس ضریب ارتجاعی به دست می آید.

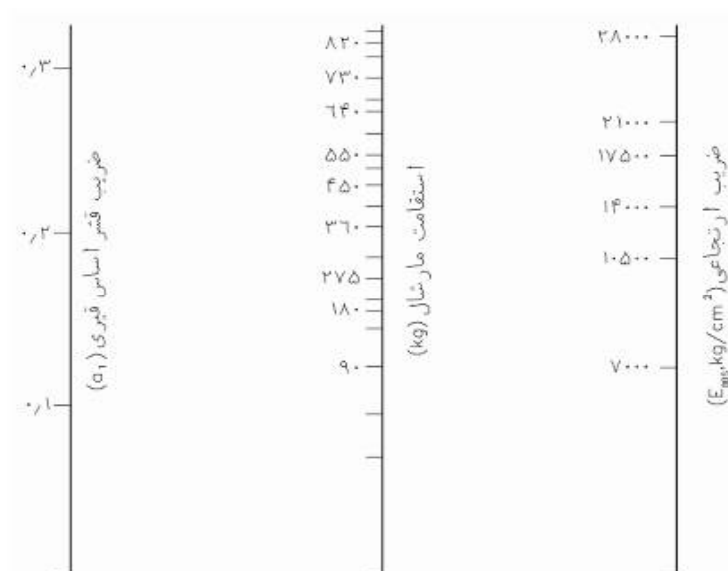


شکل ۱۱-۴- نمودار تعیین ضریب لایه اساس (a_r) برحسب سی بی آر و ضریب ارتجاعی

لایه اساس قیری :

برای تعیین مدول برجهندگی لایه اساس قیری یا باید این پارامتر به صورت مستقیم اندازه گیری شود و یا آزمایش مارشال انجام شود و از نمودار زیر برای به دست آوردن مدول برجهندگی معادل با آن بهره برد.

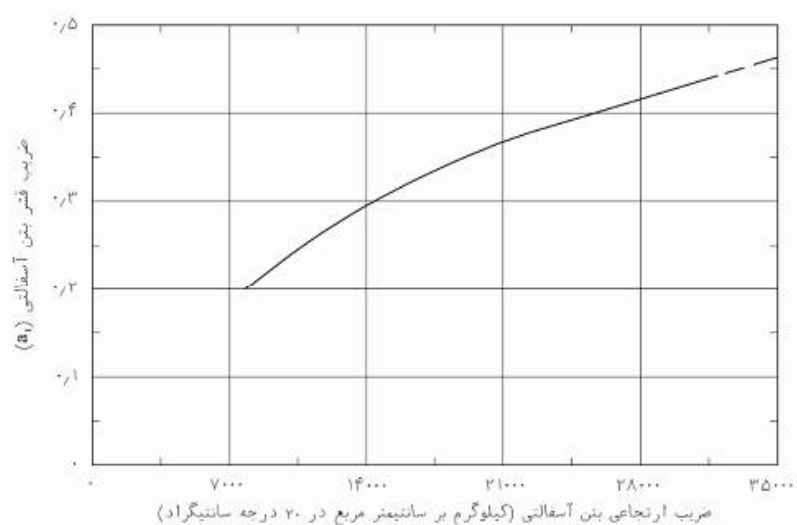
معمولا در طراحی ها مارشال لایه اساس قیری (در صورت نداشتن اندازه گیری دقیق) برابر با ۸۰۰ کیلوگرم در نظر گرفته می شود. از نمودار زیر پارامتر ضریب قشر اساس قیری براساس ضریب ارتجاعی به دست می آید.



شکل ۵-۱۱- نمودار تعیین ضریب قشر اساس قیری برحسب مقاومت مارشال و ضریب ارتجاعی

بتن آسفالتی آستر و رویه :

در آیین نامه ۲۳۴، ضریب ارتجاعی قشر بتن آسفالتی شامل آستر و رویه در ۲۰ درجه سانتیگراد، حداکثر ۳۱۵۰۰ کیلوگرم بر سانتی مربع تعیین شده است.



شکل ۶-۱۱- نمودار تعیین ضریب لایه بتن آسفالتی برحسب ضریب ارتجاعی

ضرایب زهکشی لایه های روسازی :

زهکشی نامناسب می تواند مدول ارتجاعی لایه های اساس و زیراساس را تا ۵۰ درصد کاهش دهد.

کیفیت زهکشی در آیین نامه ۲۳۴ برای مصالح غیرآسفالتی روسازی (زیراساس و اساس تثبیت نشده) بر حسب مدت زمانی تعریف می شود که طی آن ۵۰ درصد آب آزاد این مصالح، زهکشی و تخلیه شود. با این تعریف مصالح روسازی از نظر خاصیت زهکشی و سرعت خروج آب به پنج دسته تقسیم می شود.

بایستی توجه داشت که ضریب زهکشی برای مناطق مختلف متفاوت است زیرا میزان در معرض رطوبت بودن مصالح پس از اجرا فاکتور مهمی است که بر روی قابلیت باربری آن تاثیر مستقیم می گذارد.

■ ضرایب زهکشی لایه های روسازی :

جدول ۱۱-۴- طبقه بندی مصالح از نظر خاصیت زهکشی

کیفیت زهکشی	مدت زمان زهکشی
عالی	دو ساعت
خوب	یک روز
قابل قبول	یک هفته
ضعیف	یک ماه
خیلی ضعیف	دفع نمی شود

جدول ۱۱-۵- ضرایب اصلاحی m_i برای قشرهای اساس و زیراساس

ردیف	کیفیت زهکشی	درصد زمانی که رطوبت مصالح در حدود اشیاع است		
		بیشتر از ۲۵ درصد ^۱ (منطقه با بارندگی زیاد)	۲۵ - ۵ درصد ^۱ (منطقه معتدل)	تا ۵ درصد ^۱ (منطقه خشک)
۱	عالی	۱/۲	۱/۳ - ۱/۲	۱/۴ - ۱/۳
۲	خوب	۱/۰	۱ - ۱/۱۵	۱/۳۵ - ۱/۱۵
۳	قابل قبول	۰/۸	۱/۰ - ۰/۸	۱/۲۵ - ۱/۰۵
۴	ضعیف	۰/۶	۰/۸ - ۰/۶	۱/۱۵ - ۰/۸
۵	خیلی ضعیف	۰/۴	۰/۷۵ - ۰/۴	۱/۱۵ - ۰/۷۵

۱- میزان بارندگی سالانه در این آیین نامه برای مناطق خشک، حداکثر ۲۵۰ میلیمتر، برای مناطق معتدل، بین ۵۰۰ - ۲۵۰ میلیمتر و مناطق با بارندگی زیاد، بیش از ۵۰۰ میلیمتر تعیین شده است.

عدد سازه ای روسازی براساس مصالح موجود :

عدد سازه ای روسازی ترکیبی از متغیرها و داده های طرح، شامل ضریب برجهندگی خاک بستر، تعداد کل بارهای محوری ساده هم ارز ۸.۲ تنی، نشانه خدمت دهی نهایی و سطح قابلیت اطمینان است. عدد سازه ای روسازی به ضخامت واقعی هر یک از لایه های تشکیل دهنده تبدیل می شود. در این تبدیل از ضرایب لایه ها استفاده می شود که از رابطه زیر به دست می آید.

$$SN = \frac{1}{2.5} (a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3)$$

- در این رابطه:
- SN: عدد سازه ای روسازی
- D1, D2, D3 به ترتیب ضخامت لایه های قشر زیراساس، اساس و مخلوط آسفالتی و
- a1, a2, a3 به ترتیب ضرایب باربری لایه های قشر زیراساس، اساس و مخلوط آسفالتی و
- m2, m3 به ترتیب ضرایب زهکشی لایه های قشر زیراساس و اساس می باشد
- ضرایب لایه های اساس، زیراساس و مخلوط آسفالتی از نمودارهایی که برای ارتباط بین نسبت باربری کالیفرنیا و مدول برجهندگی تنظیم شده اند، استفاده می شود.

- محاسبه عدد سازه ای روسازی براساس شرایط موجود (با استفاده از رابطه) :

$$Log W_{s,2} = Z_R S_o + 9.36 Log(SN + 1) - 0.2 + \frac{Log(\frac{\Delta PSI_{TR}}{4.2 - 1.5})}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 Log \frac{M_R}{0.07} - 8.07$$

SN = عدد سازه ای روسازی

$W_{s,2}$ = تعداد کل بارهای محوری ساده ۸/۲ تنی هم ارز پیش بینی شده در عمر روسازی

M_R = ضریب برجهندگی موثر خاک بستر روسازی، برحسب Kg/cm^2

Z_R = انحراف معیار نرمال

S_o = انحراف معیار کلی پیش بینی ترافیک و عملکرد روسازی

ΔPSI_{TR} = افت نشانه خدمت دهی در اثر ترافیک

[illegible]

ضخامت و شرایط باربری و زهکشی لایه های روسازی باید به نحوی باشد که بتواند عدد سازه ای ایجاد کند که این عدد سازه ای برابر یا بزرگتر از عدد سازه ای باشد که براساس شرایط موجود نیاز است.

$$SN = \frac{1}{2.5} (a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3)$$

بایستی سعی کرد در انتخاب ضخامت لایه های مختلف مسائل اجرایی و اقتصادی را نیز رعایت کرد که در ادامه به آنها پرداخته می شود.

اعداد به دست آمده برای ضخامت لایه ها باید به نزدیکترین عدد صحیح بیشتر گرد شوند.

ضخامت هر یک از لایه ها نباید از ضخامت های مشخص شده در جدول زیر کمتر باشد.

در آئین نامه ۲۳۴، توصیه می شود که ضخامت قشر زیر اساس از ۲۰ سانتیمتر کمتر نباشد.

جدول ۱۱-۶- حداقل ضخامت اجزائی لایه های اساس و آسفالت

ترافیک برحسب بارهای محوری ساده ۸/۲ تنی هم ارز	حداقل ضخامت لایه بتن آسفالتی (سانتیمتر)	حداقل ضخامت لایه اساس سنگدانه ای (سانتیمتر)
کمتر از ۱۵۰۰۰	آسفالت سطحی دو لایه ای یا ۵	۱۰
۱۵۰۰۰ - ۵۰۰۰۰	۶	۱۰
۵۰۰۰۰ - ۲۰۰۰۰۰	۸	۱۵
۲۰۰۰۰۰ - ۷۰۰۰۰۰	۹	۱۵
بیشتر از ۷۰۰۰۰۰	۱۰	۱۵

ملاحظات اقتصادی در تعیین ضخامت های لایه های روسازی (لایه های اساس و مخلوط آسفالت) :

همانطور که گفته شد ترکیبات مختلف ضخامت ها می تواند عدد سازه ای مورد انتظار را تامین کند که بایستی سعی کرد تا حد امکان اقتصادی ترین طرح انتخاب شود.

مسائل اقتصادی بیشتر برای لایه های اساس و مخلوط آسفالتی که جز قسمت های گران قیمت سازه روسازی هستند، اهمیت دارد.

از لحاظ اقتصادی، اگر نسبت هزینه لایه آسفالتی به لایه اساس، کمتر از نسبت ضرایب لایه ها ضرب در ضرایب زهکشی مربوطه باشد، شرایط بهینه موقعی تأمین می شود که کمترین ضخامت های جدول صفحه قبل برای لایه اساس مورد استفاده قرار گیرد.

کاربردهای و ویژگی های روسازی های صلب :

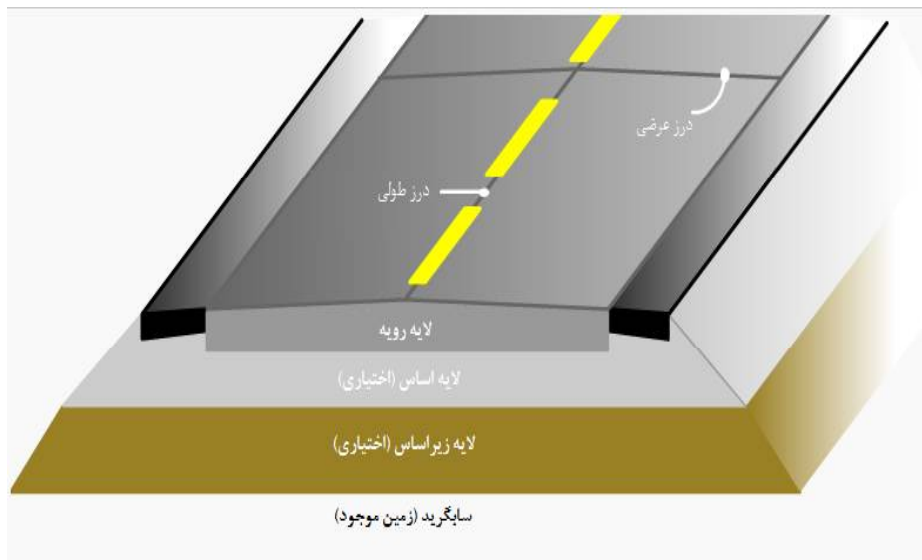
► کاربردها:

- راه های با سرعت عملکردی پایین،
- فرودگاه ها،
- راه های دسترسی،
- پارکینگ ها،
- تسهیلات صنعتی و ...

► ویژگی ها:

- انتظار طول عمر بالا
- هزینه های نگهداری کمتر
- هزینه اولیه بالاتری در مقایسه با روسازی انعطاف پذیر

اجزای تشکیل دهنده:



لایه رویه :

لایه رویه علاوه بر آنکه سخت ترین لایه این نوع روسازی میباشد، عملکردهای کلیدی زیر را نیز فراهم می کند:

- اصطکاک،
- همواری،
- کنترل صدا،
- زهکشی.



اساس :

این لایه بلافاصله در زیر لایه بتنی قرار می گیرد و معمولاً از سنگدانه یا ساب‌گرید تثبیت شده تشکیل شده است. نقش های اصلی این لایه عبارتند از:

- ▶ توزیع بار در سطح وسیع تر
- ▶ کمک به زهکشی و مقاومت در برابر یخ زدگی
- ▶ ایجاد تکیه گاهی یکپارچه برای لایه رویه
- ▶ یک سطح پایدار برای تجهیزات اجرایی

انواع لایه های اساس :

- ▶ اساس سنگدانه ای
- ▶ خاک یا سنگدانه تثبیت شده
- ▶ بتن مگر



زیراساس :

این لایه (و یا لایه ها) در زیر لایه اساس و بالاتر از ساب‌گرید قرار می گیرد. لایه زیراساس در اغلب موارد مورد نیاز نیست و حذف می شود. مهم ترین هدف از این لایه تکیه گاه سازه ای برای لایه های بالاتر است اما این لایه می تواند هدف های زیر را نیز تامین کند:

- ▶ کمینه کردن نفوذ ذرات ریزدانه از ساب‌گرید به سمت لایه های بالایی
- ▶ بهبود زهکشی
- ▶ کمینه کردن خرابی ناشی از یخ بندان
- ▶ فراهم کردن یک سطح صاف برای عملیات اجرایی

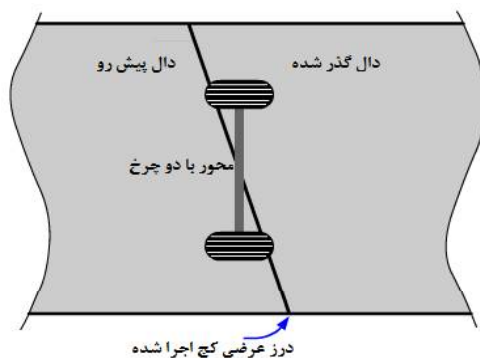
انواع درزها :

درزها به صورت طراحی شده باعث ایجاد ناپیوستگی در سطح لایه رویه می شوند. متداولترین انواع درزهای مورد استفاده در روسازی بتنی عبارتند از:

- ▶ درزهای انقباض
- ▶ درزهای انبساط
- ▶ درزهای جداسازی
- ▶ درزهای اجرایی

درزهای انقباض :

این نوع درزها به صورت منظم بریده شده یا شیارهایی در دال بتنی می باشند که محل ترک خوردگی ایجاد شده بوسیله تغییرات هندسی در دال را تنظیم می کند.



درزهای انبساطی و جداسازی

▶ درزهای انبساطی :

- این نوع درز در مکانهای مشخصی قرار می گیرد که اجازه دهد تا روسازی بدون آنکه به سازه مجاور و یا خود سازه آسیبی وارد کند، منبسط شود.
- درزهای انبساطی امروزه مورد استفاده قرار نمی گیرند زیرا این درزها سبب می شوند تا درزهای انقباضی به صورت تدریجی بازتر شوند. بازشدگی درزهای انقباض سبب می شود که انتقال بار به نحو مناسبی در فاصله بین دو بار صورت نگیرد مخصوصا هنگامی که درزها بدون میلگردهای داول اجرا شده باشند.
- درزهای جداسازی:
- این نوع درزها به منظور کاهش تنش های فشاری ایجاد شده در محل تقاطعات سه راهی یا غیرمقارن، رمپ ها، پل ها و یا هر جایی که جابجایی متفاوتی بین روسازی و یک سازه (یا دیگر روسازی موجود) ممکن است رخ دهد.
- این درزها معمولا با استفاده از موادی پر می شوند تا از ورود آب یا سایر مواد جلوگیری شود.

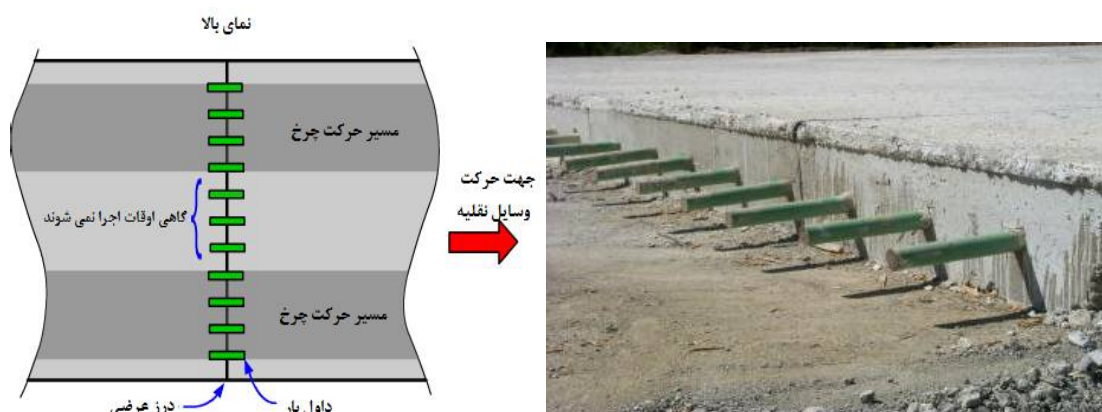
درزهای اجرایی :

- معمولاً کارگران در انتهای زمان کار روزانه، داول بارها را در محل درزهای اجرایی قرار می دهند. اجرای درزهای اجرایی باید به گونه ای تنظیم شود تا این درزها با فاصله درزهای انقباضی تطبیق یابند تا از ازدیاد درزها در طول دال رویه جلوگیری شود.
- این نوع درز را می توان به دو دسته درزهای اجرایی طولی و درزهای اجرایی عرضی تقسیم بندی نمود. درزهای اجرایی طولی همچنین اجازه تاب خوردن در دال بتنی را می دهد بدون آنکه جدایی و یا ترک خوردگی قابل توجهی در دال به وجود بیاید.



داول بارها :

- داول بارها میلگردهای فولادی کوچکی هستند که بدون ایجاد محدودیت در حرکت افقی دال ها، باعث ایجاد اتصال مکانیکی بین دال ها می شود.
- این میلگردها باعث می شوند تا بازده انتقال بار در محل درز افزایش یابد. در واقع این میلگردها بدون آنکه دال مورد نظر با بار در تماس قرار گیرد بخشی از بار را به آن دال منتقل می کنند. این رخداد سبب می شود که میزان تنش و خیزها در هر دو دال کاهش یابد.
- به منظور جلوگیری از خوردگی، داول بارها را با اپوکسی پوشش می دهند یا از فولادهای ضدزنگ برای اجرای داول بارها استفاده می کنند.
- داول بارها معمولاً در میانه ارتفاع دال اجرا می شوند و با مواد ضدچسبندگی پوشش داده می شوند تا از چسبیدن آنها به لایه بتنی جلوگیری شود.
- داول بارها به انتقال بار کمک می کنند اما از حرکت افقی دال ها نسبت به هم که در نتیجه انبساط و انقباض به وجود می آید، جلوگیری نمی کند.



فولاد های تقویتی :

- ▶ فولادهای تقویتی نیز می توانند برای انتقال بار مورد استفاده قرار گیرند.
- ▶ در اغلب موارد هنگامی که فولادهای تقویتی مورد استفاده قرار گیرند، درزهای انقباضی حذف می شوند. در این حالت چون درزی وجود ندارد لایه بتنی در داخل خود ترک می خورد. در این شرایط فولادهای تقویتی وظیفه انتقال بار در محل ترک را بر عهده دارند.
- ▶ به منظور جلوگیری از رشد و بازشدگی ترک ها برخلاف داول بارها، فولادهای تقویتی به لایه بتنی می چسبند.
- ▶ به طور معمول، فولادهای تقویتی روسازی بتنی با فولاد های با تنش تسلیم ۴۱۴ مگاپاسکال اجرا می شوند.
- ▶ در حدود ۰.۶-۰.۷٪ سطح مقطع لایه بتنی را فولادهای تقویتی تشکیل می دهند که معمولاً در ارتفاع میانی یا پایین تر از ارتفاع میانی دال اجرا می شوند. حداقل پوشش ۶۳ میلیمتری از بتن برای نگهداری میلگردها از خوردگی توسط کلریدها لازم می باشد

میلگردهای دوخت :

- ▶ میلگردهای دوخت (tie bar) میلگردهای فولادی اتصالاتی هستند که برای نگهداری سطوح دال های مجاور در تماس با هم مورد استفاده قرار می گیرد.
- ▶ اگرچه ممکن است این نوع میلگردها مقداری انتقال بار انجام دهند اما بایستی توجه داشت که این نوع میلگردها برای این هدف در نظر گرفته نشده اند.



قفل و بست سنگدانه ای :

- ▶ قفل و بست سنگدانه ای یک پیوند مکانیکی بین سطوح شکسته در محل درز می باشد. البته معمولاً قسمت بالایی درز را به صورت صیقلی برش می دهند اما قسمت پایین آن همانطور که در شکل نشان داده شده است، به صورت منحنی ترک خورده است که نیروی قفل و بست سنگدانه ای بین اجزای آن وجود دارد .



انتقال بار :

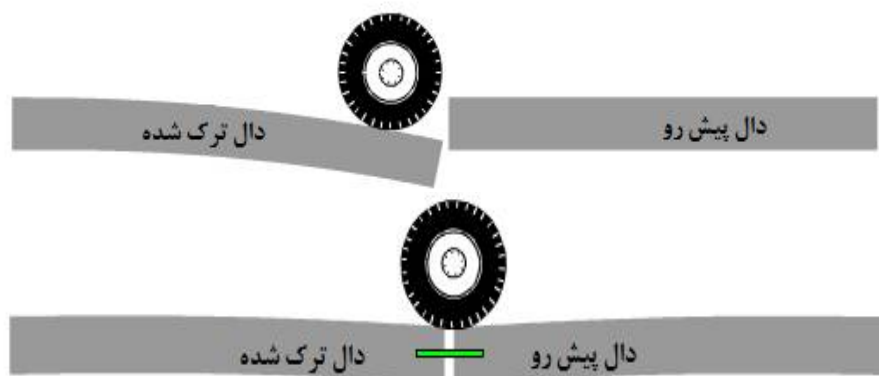
انتقال بار عبارتی است که برای تشریح انتقال (و یا توزیع) در مواجهه با ناپیوستگی هایی همچون درزها و یا ترک ها به کار می رود. هنگامی که بار یک چرخ در محل یک درز یا ترک وارد می شود، هم دالی که بار بر روی آن قرار دارد و هم دال مجاور که بار به سمت آن در حرکت است مقداری خمش و انحراف پیدا می کنند. مقدار انحراف دالی که بر روی آن بار قرار ندارد به طور مستقیم با عملکرد درز ارتباط دارد. اگر یک درز به طور خیلی خوب عمل کند هر دو دال مجاور مقدار انحراف یکسانی خواهند داشت. بازده انتقال بار را می توان با استفاده از معادله زیر تعریف کرد:

بازده انتقال بار

$$= \frac{\Delta_2}{\Delta_1} * 100$$

که در آن Δ : مقدار انحراف دال پیش رو و

Δ_1 : مقدار انحراف دال گذر شده می باشد.



► ضریب بازده انتقال بار به فاکتورهای گوناگونی بستگی دارد:

- دما (که بر روی میزان بازشدگی درز تاثیر میگذارد)،
- فاصله درزها،
- تکرار و میزان بار اعمال شده،
- عملکرد فونداسیون،
- شکستگی اجزای سنگدانه ها و وجود ابزار مکانیکی انتقال بار بستگی دارد.
- انتقال ضعیف بار باعث ایجاد تنش های بزرگی در دال می شود که خرابی های همچون اختلاف سطح در محل درز، شکست گوشه های دال و خروج مواد ناشی از فشار آب در نتیجه این ضعف می باشند.

► انتقال بار در محل درزهای عرضی یا ترک ها به یکی از سه روش زیر صورت می پذیرد:

- نیروی قفل و بست سنگدانه ای
- داول بارها
- فولادهای تقویتی

► دو ویژگی اساسی در مورد روسازی های بتنی

- بارهای وارده را از طریق خمش رویه بتنی تحمل می کنند و اگر تقویتی برای این لایه در نظر گرفته می شود جهت جلوگیری از رشد ترکها میباشد و نه حمل بار.
- روسازی بتنی به علت انقباض ناشی از خشک شدن بتن و نیز انبساط و انقباض ناشی از تغییرات دمایی دچار جابجایی می شوند که در طراحی مورد نظر قرار می گیرد.

انواع روسازی های بتنی :

jointed plain concrete pavement (JPCP)	► روسازی بتنی ساده درزدار
jointed reinforced concrete pavement (JRCP)	► روسازی بتنی مسلح درزدار
continuously reinforced concrete pavement (CRCP)	► روسازی بتنی مسلح پیوسته
roller compacted concrete pavement (RCCP)	► روسازی بتن غلطکی
prestressed concrete pavements	► روسازی بتنی پیش تنیده
precast concrete pavements	► روسازی بتنی پیش ساخته

روسازی بتنی ساده درزدار :

- این نوع روسازی بتنی از دال های بتنی ۶-۳.۶ متری غیرمسلح تشکیل شده است که در بین این دال ها درزهای انقباضی عرضی وجود دارد. درزها باید در فواصلی به اندازه کافی نزدیک به هم قرار گیرند بطوریکه اجازه ترک خوردگی در دال داده نشود تا اینکه عمر مفید روسازی به اتمام برسد. بنابراین انقباض و انبساط های این نوع روسازی از طریق درزها کنترل می شود.

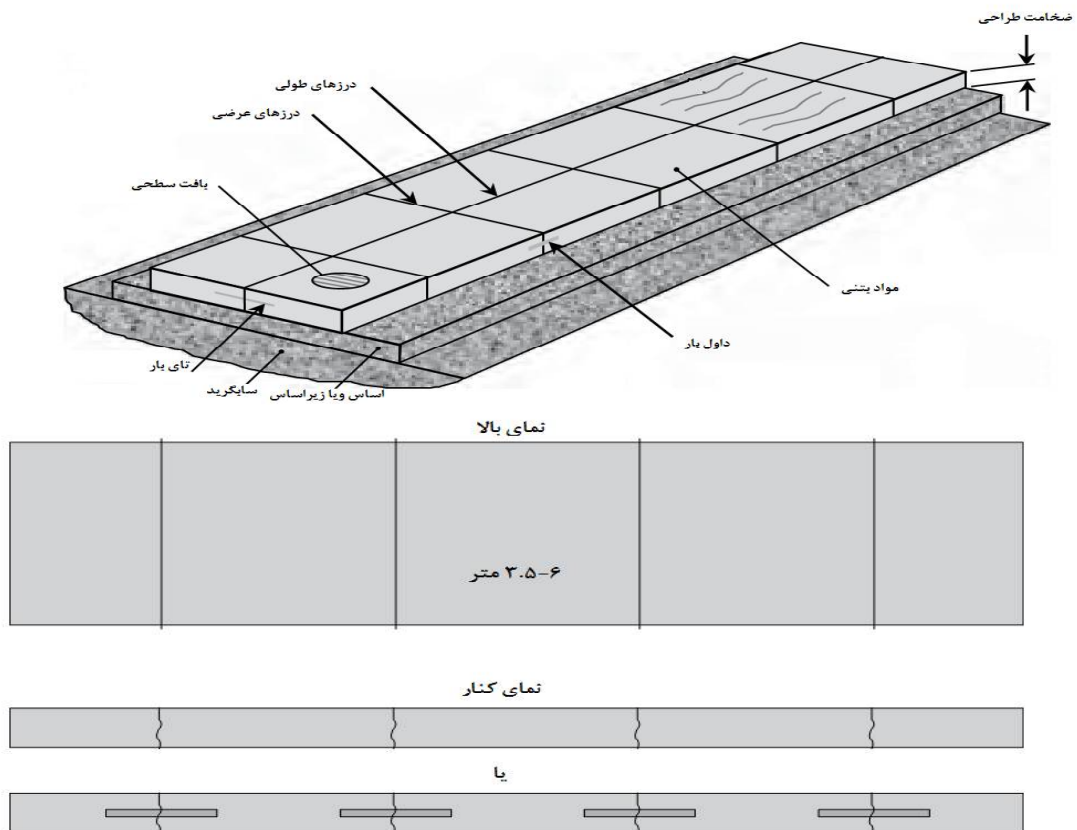
▪ دو روش انتقال بار در چنین روسازی هایی عبارتند از:

▪ قفل و بست سنگدانه ای

▪ داول ها

▪ هنگامی که روسازی وسایل نقلیه سنگین یا حجم وسایل نقلیه بالا را از خود عبور می دهد، مخصوصا هنگامی که سرعت وسایل نقلیه بالا باشد، قفل و بست سنگدانه ای با گذشت زمان از بین خواهد رفت و نمی تواند از تخریب روسازی بتنی قبل از اتمام عمر آن جلوگیری کند. در این حالات بایستی از داول بارها استفاده کرد.

▪ در روسازی بتنی ساده درزدار مانند سایر روسازی های بتنی متداول از میلگردهای دوخت برای اتصال بین باندهای ترافیک مجاور هم استفاده می شود. میلگردهای دوخت میلگردهایی هستند که بر خلاف داول بارها اجازه حرکت درز و باز و بسته شدن آن را نمی دهند. یک تفاوت در روسازی بتنی ساده درزدار مورد استفاده در راه ها و فرودگاه ها در اینست که در روسازی بتنی راه ها معمولا برای اتصال بین باندهای مجاور از میلگردهای دوخت استفاده می شود در حالیکه در روسازی بتنی ساده درزدار فرودگاه ها در همه درزها از داول بارها استفاده می شود



روسازی بتنی مسلح درزدار :

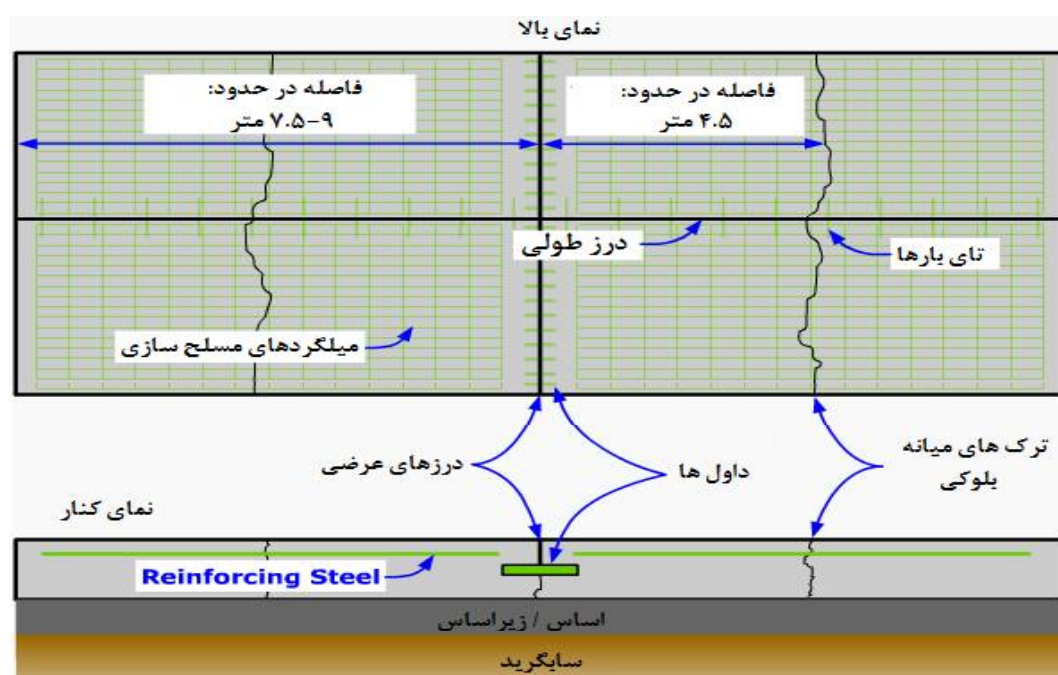
تفاوت روسازی بتنی مسلح درزدار با روسازی بتنی ساده درزدار در این است که در روسازی بتنی مسلح درزدار ابعاد دال ها بزرگ تر بوده و دال ها به صورت مسلح اجرا می شوند. البته میزان مصرف میلگرد جهت مسلح کردن دال ها کم می باشد. به این میلگردها اغلب میلگردهای حرارتی می گویند.

طول دال ها در این نوع روسازی بین ۷.۵-۹ متر می باشد که البته گاهی دال های به طول ۳۰ متر نیز در این نوع روسازی مورد استفاده قرار می گیرند. با توجه به طول بالای این دال ها درزهای عرضی بایستی دارای داول بار باشند.

میزان میلگرد مصرفی در این نوع روسازی در حدود ۰.۱-۰.۲۵ % سطح مقطع لایه بتنی در جهت طولی می باشد.

میزان میلگرد مصرفی در جهت عرضی کمتر از میزان میلگرد مصرفی در جهت طولی می باشد.

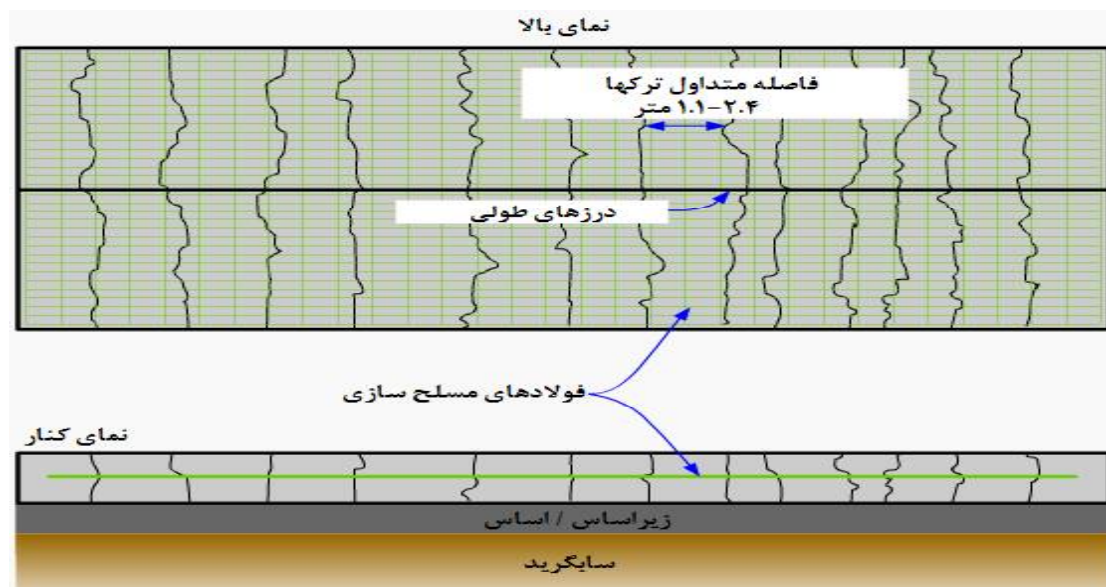
می توان از میلگردهای مجزا یا شبکه ای از میلگردها برای مسلح کردن بتن در این نوع روسازی استفاده کرد. چون میلگردهای مورد استفاده در قسمت میانی دال (محل تار خنثی) قرار می گیرند تاثیری بر روی عملکرد خمشی دال بتن ندارند و فقط جهت حفظ فاصله ترک ها مورد استفاده قرار می گیرد.



روسازی بتنی مسلح پیوسته :

- روسازی بتنی مسلح پیوسته با شبکه سنگینی از فولاد تقویت می شود و در آن درز وجود ندارد.
- این روسازی در مقایسه با روسازی بتنی مسلح درزدار به مقدار فولاد بیشتری نیاز دارد که این مقدار به طور معمول ۰.۸-۰.۴ % حجم بتن در مقطع طولی می باشد. مقدار فولاد مورد نیاز در مقطع عرضی کمتر از این مقدار و برابر با مقداری است که جهت میلگردهای حرارتی در روسازی بتنی مسلح درزدار در نظر گرفته می شد.
- ترک های شکل گرفته در این نوع روسازی در فاصله ۱.۱-۲.۴ متری از یکدیگر به وجود می آیند. فولادهای مسلح سازی ترک های شکل گرفته را به سختی حفاظت می کنند و از بازشدگی آنها جلوگیری می نمایند. این عمل سبب می شود تا نیروی قفل و بست سنگدانه ای و انتقال بار در محل ترک به خوبی عمل کند.
- این نوع روسازی ها نیاز به قلاب هایی در ابتدا و انتهای روسازی دارند تا از حرکت هر دو سر روسازی ناشی از خشک شدن و انقباض بتن جلوگیری به عمل آورد و به ایجاد یک الگوی منظم برای ترک ها کمک نماید.
- استفاده از درصد بالای فولاد در روسازی بتنی مسلح پیوسته سبب شده است تا هزینه اجرای آن نسبت به روسازی بتنی مسلح درزدار افزایش یابد و بدین جهت میزان استفاده از آن در پروژه های اجرایی کاش یابد. یک نکته مهم که بایستی ذکر شود

این است که این نوع روسازی در مقایسه با سایر روسازی های بتنی سطح هموارتری برای حرکت فراهم می کند و طول عمر بیشتری نسبت به سایر روسازی ها دارد که این دو دلیل سبب شده است تا بعضی نهادهای اجرایی این نوع روسازی را به انواع دیگر روسازی بتنی ترجیح دهند.



روسازی بتن غلطکی :

- روسازی بتنی با غلطک متراکم شده از یک ترکیب سنگدانه های با دانه بندی متراکم، سیمان پرتلند و آب تشکیل شده است. این مخلوط بتنی با اسلامپ صفر هنگامی که با یک دستگاه اجراکننده پوشش پخش و متراکم شود، یک سطح با مقاومت بالا، با دوام و متراکم را ایجاد می کند.
- این نوع مخلوط بیشتر برای مکان های با بار سنگین و نیز تعمیرات مورد استفاده قرار می گیرد.
- روسازی بتنی با غلطک متراکم شده ممکن است دارای ترک هایی باشد که به صورت طبیعی در اثر انقباض ایجاد میشود و یا در درزهایی که پس از اجرا در بتن ایجاد شود. به علت اینکه بتن مورد استفاده در این نوع روسازی دارای نسبت آب به سیمان کمتری نسبت به سه نوع روسازی قبل می باشد مقدار انقباض ناشی از خشکشدگی در این نوع روسازی کمتر می باشد و به همین دلیل ترک ها در فواصل بزرگتری نسبت به روسازی بتنی ساده درزدار که قبلاً تشریح شد به وجود می آید.
- به طور معمول، پس از اجرای این نوع روسازی سطحی زیر به دست می آید که برای استفاده ترافیک با سرعت حرکت بالا مناسب نمی باشد. معمولاً روسازی های بتنی با غلطک متراکم شده دارای کاربردهایی همچون کاربردهای صنعتی، مکان های نگهداری وسایل نقلیه و تسهیلات نظامی می باشد. در بعضی پروژه ها مشاهده شده است که بر روی این نوع لایه، لایه نازکی از مخلوط آسفالت نیمه گرم جهت همواری مسیر وسایل نقلیه ایجاد می شود.
- اقتصادی بودن این نوع روسازی بتنی در پروژه های مختلف ثابت شده است.
- در مقایسه با روسازی بتنی ساده درزدار این نوع روسازی نیازی به داول بار، میلگردهای دوخت و شکل دهی ندارد. هزینه های نگهداری این نوع روسازی نیز در مقایسه با سه روسازی ذکر شده در قسمت های قبل پایین تر می باشد.
- مقاومت خمشی این نوع روسازی نسبت به روسازی های قبل برابر یا حتی بهتر می باشد. در مورد عملکرد بلند مدت این نوع روسازی نیز تحقیقات نشان از بالاتر بودن عمر این نوع روسازی در مقایسه با سایر انواع دارد.



روسازی بتن پیش ساخته :

- تکنولوژی روسازی بتنی پیش ساخته روش اجرایی می باشد که نیاز به سرعت بالا در اجرا و تعمیر روسازی را برآورده می سازد.
- سیستم روسازی بتنی پیش ساخته در خارج از محل پروژه ساخته و مونتاژ می شود و سپس به محل پروژه منتقل شده و بر روی بستر آماده شده که می تواند روسازی موجود یا بستر سنگدانه ای باشد، نصب می شود
- این نوع سیستم روسازی نیاز به کمترین زمان برای عمل آوری قبل از آنکه روسازی برای عبور ترافیک باز شود را داراست.
- این سیستم روسازی معمولاً برای تعمیر سریع، نگهداری، بازسازی روسازی های بتنی یا آسفالتی در راه های با حجم ترافیک وسایل نقلیه بالا به کار می رود.
- هنگامی که تعمیر اساسی روسازی بتنی موجود مد نظر می باشد بایستی تعمیر به صورت عمقی صورت گیرد. بدین صورت که کل لایه بتنی روسازی قبلی برداشته شود و سپس روسازی بتنی پیش ساخته در محل جدید اجرا گردد .

روسازی بتن پیش تنیده :

همه روسازی های بتنی بر روی مقاومت خمشی بتن به منظور تحمل بار ترافیکی در زمانهای گوناگون تکیه می کنند. با استفاده از تاندون های پیش تنیده با ایجاد یک نیروی فشاری خالص در مقطع روسازی این امکان فراهم می شود تا ضخامت روسازی را کاهش داد زیرا بار ترافیک ابتدا باید بر نیروی فشاری غلبه کند قبل از آنکه نیروی کششی در دال ایجاد شود.

- روسازی های بتنی پیش تنیده مزایایی همچون استفاده موثرتر از مواد به علت:

- کاهش ضخامت روسازی،
- تعداد درزها و ترک های کمتر،
- کاهش هزینه های نگهداری و
- عمر روسازی بالاتر را دارا می باشد.

روسازی بتنی متخلخل :

همه روسازی هایی که در بالا مورد بحث قرار گرفتند رویه ای غیرقابل نفوذ فراهم می کنند. به جز مقداری که از طریق درزها و ترک ها امکان خروج آب وجود دارد بقیه مقادیر روان آب باید از طریق سیستم زهکشی مجزایی که تعبیه شده است از حریم روسازی خارج شود. به هر حال، در بسیاری مناطق مهندسین اجازه نفوذ پذیری کمی برای رویه در نظر گرفته اند. افزایش میل به استفاده از رویه های با نفوذ پذیری بالا به طور ویژه در مناطق پر باران در سالیان اخیر مشاهده شده است.

علیرغم مزایای این نوع روسازی، روسازی های متخلخل نسبت به سایر روسازی ها مقاومت کمتری در برابر بارهای وارده از خود نشان می دهند. یک راهکار برای استفاده از مزایای این نوع رویه این است که روکشی از بتن متخلخل بر روی روسازی های متداول بتنی اجرا شود.

به علت اینکه بتن متخلخل مقاومت خمشی کمتری نسبت به سایر روسازی های متداول بتنی دارد کاربرد این نوع روسازی محدود به مکان های با حجم ترافیک کم و سبک مانند پارکینگ ها، راه های با حجم ترافیک پایین می باشد. بدین منظور یک لایه رویه ۱۵۰ میلیمتری به نظر می آید برای این کاربردها کافی باشد.

