

www.icivil.ir

پرتال جامع دانشجویان و مهندسين عمران

ارائه كتابها و جزوات رايجان مهندسي عمران

بهترين و برترين مقالات روز عمران

انجمن هاي تفصلي مهندسي عمران

خوشگاه تفصلي مهندسي عمران



دانشگاه آزاد اسلامی

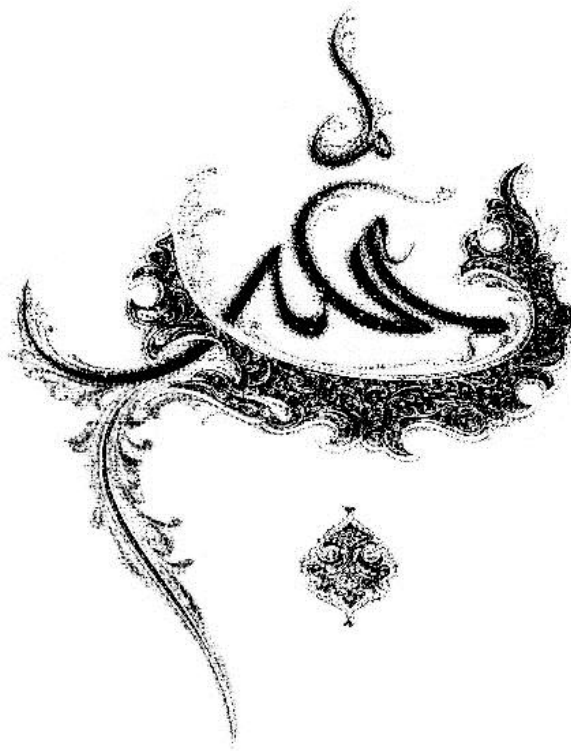
واحد اراک

روسازی (Pavement)

نام دانشجو: علی اکبر ملکی

نام استاد: مهندس مهدی فرخی

(پائیز ۹۴)



فصل اول: مقدمه و تاریخچه

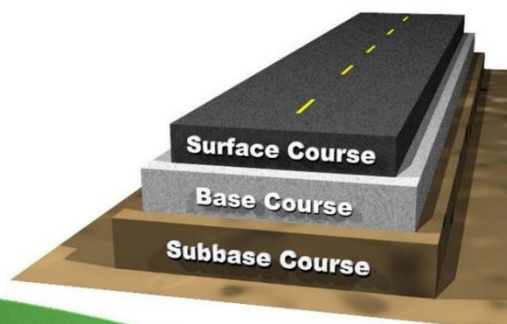
فصل دوم: سابگرید (بستر سازی)

فصل سوم: زیراساس (sub base) و مصالح زیراساس

فصل چهارم: اساس (base، نقش انتقال تنش)

فصل پنجم: آسفالت (قیر و مصالح)

فصل ششم: طراحی روسازی



تعریف روسازی

روسازی راه سازه ای است که بر روی آخرین لایه متراکم شده خاک طبیعی موجود یا اصلاح شده، خاکریزی ها یا کف برشهای خاکی یا سنگی که بطور کلی بستر روسازی نامیده می شود قرار می گیرد.

انواع روسازی

(۱) روسازی انعطاف پذیر (۲) روسازی صلب

انواع روسازی از نظر مصالح

(۱) آسفالتی (۴) آجری
(۲) بتنی (۵) مرکب
(۳) سنگی (۶) ساندویچی

روسازی آسفالتی

- آسفالت معمولی (بیندر و توپکا) دانه بندی توپر - ماسه آسفالت
- آسفالت رنگی - پلیمری (پلاستومرها و الاستومرها)
- آسفالت متخلخل - ماستیک
- آسفالت گوگردی - بازیابی RAP
- آسفالت SMA - آسفالت سرد

روسازی بتنی

- غلطکی
- ویبری : مسلح (درز دار و بدون درز)، غیر مسلح (درزدار و بدون درز)
- بلوکی

هدف از اجرای روسازی

(۱) تحمل حمل بار (تنش سازه ای)
(۲) تامین یک سطح صاف (عملکرد)
(۳) قابلیت زهکشی یا هدایت آبهای سطحی را داشته باشد و در شرایط جوی مناسب قابل استفاده باشد.

اجرای روسازی می تواند به شکل های زیر صورت گیرد :

- (۱) خاکریزی
- (۲) خاکبرداری (برش های خاکی و برش های سنگی)
- (۳) راههای موجود

$$\text{درصد تراکم} = \frac{\text{کارگاهی } \gamma}{\text{آزمایشگاهی } \gamma}$$

روشهای آزمایش تراکم

- (۱) آزمایش سند باتل (در این آزمایش که بطور زیگزاگی انتخاب می گردد نمونه برداری در فواصل ۱۰۰ متری صورت می گیرد)
- (۲) استفاده از بالن آب
- (۳) تراکم به روش هسته ای (غیرمخرب)

خطاهای اندازه گیری سندباتل

- (۱) ماسه ها باید همواره کالیبره شوند
- (۲) حجم چاله متناسب با دانه بندی ماسه هاست

انواع آزمایش مقاومت خاک بستر

(۱) آزمایش CBR (آزمایش در آزمایشگاه)

با فرو بردن استوانه ای در خاک، میزان باربری خاک اندازه گیری می شود بدین صورت که میزان راحت فرورفتن استوانه نشان دهنده مقاومت کمتر و میزان سخت فرورفتن استوانه نشان دهنده مقاومت بالای خاک می باشد :

$$CBR = \frac{\text{نسبت مقدار نیروی لازم برای فرو بردن یک پیستون استوانه ای با سرعت در یک عمق معین}}{\text{مقدار نیروی لازم جهت فرو بردن همان پیستون با همان مقطع و سرعت در همان عمق در داخل مصالح استاندارد}}$$

کاربرد	کیفیت خاک	عدد آزمایش CBR
-	خیلی بد	0 - 3
بستر	بد	3 - 7
بستر	متوسط	7 - 20
زیراساس	خوب	20 - 50
اساس	عالی	50 - 100

بهتر است که حداقل از CBR ۳ تا ۷ برای بستر استفاده گردد

(۱) آزمایش M_r (آزمایش در آزمایشگاه)

این آزمایش دینامیکی است و دقت آن از CBR بالاتر است و مقدار آن عبارت است از:

$$M_r = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

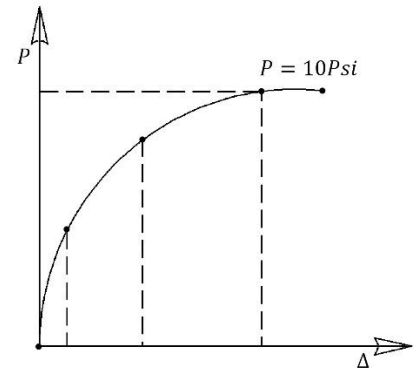
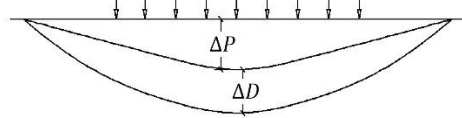
می توان با استفاده از نمودار روبرو CBR را به M_r و یا برعکس تبدیل نمود.

(۳) آزمایش بارگذاری صفحه (آزمایش در محل-کارگاهی)

آزمایش به صورت چندین صفحه که بترتیب سطح مقطع آنها بزرگتر می شود و سپس با بارگذاری و باربرداری، نشست ها اندازه گیری شده و ثبت می کنیم که نشان دهنده تغییر نشست در حالت پلاستیک و الاستیک می باشد.

کرش خاک : $\Delta P + \Delta D$

$$K = \frac{P}{\Delta}$$



آزمایش برای تعیین ضریب باربری خاک (K) استفاده می شود (بستر فرودگاه و بستر بتنی). یک سری صفحات فلزی با قطرهای مختلف ۱۲، ۱۸، ۲۰ و ۳۰ اینچ روهم قرار می گیرند که برروی این صفحات از طریق یک جک هیدرولیکی نیرو وارد می شود به این جک هیدرولیکی یک سری گیج هایی متصل است که نیروی وارده را به اپراتور آزمایشگاه نشان می دهد البته جک متصل به کامیون است. از طریق جک نیرو به خاک وارد کرده تا نشست برابر 1mm در خاک ایجاد شود بارگذاری را متوقف می کنیم و مقدار بار را ثابت نگه می داریم در این حالت خاک شروع به نشست کردن می کند هنگامی که سرعت نشست به 0.025mm/min رسید بارگذاری را قطع می کنیم و خاک شروع به برگشت می کند هنگامی که سرعت بازگشت به 0.025mm/min رسید بارگذاری دوباره انجام می گیرد تا نشست به 1mm برسد این روند را ۱۰ مرتبه انجام می دهیم. علت تکرار بارگذاری ناشی از عبور وسایل نقلیه میباشد در مرحله آخر تنش های ایجاد شده به ازای 1mm نشست را محاسبه کرده، این عملیات برای نشست ۵ و ۱۰ میلیمتر نیز انجام میگیرد و در دهمین بار فشاری که باعث ۵ یا ۱۰ میلیمتر نشست می شود را محاسبه می کنیم.

(۴) آزمایش LWD (آزمایش در محل-کارگاهی)

با استفاده از این آزمایش نشست خاک اندازه گرفته شده و در نهایت مقدار E بدست می آید و می توان آن را به مقادیر دیگر که مورد نیاز می باشد تبدیل نمود:

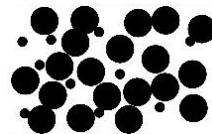
این آزمایش بدلیل آنکه تولید تنشهای کوچک می نماید برای خاکهای غیرچسبنده استفاده می شود.

(۵) آزمایش DCP (آزمایش در محل - کارگاهی)

با استفاده از مخروط یا گوه که در ارتفاع خاصی قرار می گیرد و با رهاکردن آن که در خاک فرو می رود مقدار مقاومت را اندازه میگیرند، مقدار نفوذ مخروط را با توجه به بار در یک نمودار رسم کرده و در نهایت می توان پارامترهای مقاومت خاک را بدست آورد و اشکال آزمایش آن است که باتوجه به نوع مخروط ممکن است در اثر برخورد با جسم سخت منجرب خطا شود.

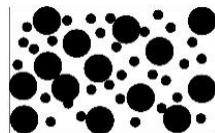
عملکرد زیراساس در روسازی

- (۱) تعدیل فشارهای وارده
- (۲) خاصیت تراوایی
- (۳) تقلیل ضخامت روسازی
- (۴) کاهش اثر یخبندان

خواص عمومی مصالح سنگی مصرفی در روسازی

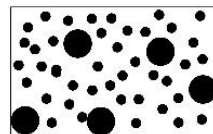
(الف) مصالح درشت دانه داریم، ریز دانه یا نداریم یا خیلی کم داریم

مقاومت این توده از مصالح را اصطکاک بین مصالح درشت دانه تشکیل می دهد این مصالح نفوذپذیری زیادی دارند و یخبندان بر آنها اثری ندارد و تراکم آنها بسیار دشوار است و مقاومت این نوع مصالح وابسته به رطوبت نمی باشد چون ریزدانه نداریم.



(ب) مصالح درشت دانه داریم و مصالح ریز دانه هم به اندازه کافی داریم

در این مصالح با وجود ریزدانه مقاومت برشی نسبت به حالت الف بیشتر است، نفوذپذیری آنها نسبت به مصالح الف کمتر است و خطر تورم در اثر یخبندان در آنها وجود دارد، تراکم پذیری آنها نسبت به حالت درشت دانه راحتتر است.



(ج) بخش عمده مصالح ریزدانه است، درشت دانه یا نداریم یا خیلی کم داریم

اساس مقاومت این نوع مصالح از طریق چسبندگی بین مصالح ریزدانه تامین می شود نفوذپذیری خیلی کم دارند و مسئله تورم در اثر یخبندان در آنها وجود دارد متراکم کردن آنها نسبت به حالت فوق راحتتر است و مقاومت آنها شدیداً تحت تاثیر رطوبت است.

مشخصات فنی مصالح سنگی مصرفی در روسازی راه (زیر اساس - sub base و اساس - base)

- (۱) مشخصات دانه بندی (پوش دانه بندی)
- (۲) مقاومت سائیدگی مصالح (سختی مصالح)
- (۳) درصد شکستگی
- (۴) خواص خمیری
- (۵) شکل دانه ها
- (۶) تمیزی دانه ها
- (۷) مقاومت در برابر شرایط جوی
- (۸) نفوذپذیری (زهکشی)

مشخصات فنی مصالح ← (۱) مشخصات دانه بندی (پوش دانه بندی)

رابطه فولر، جهت بدست آوردن منحنی دانه بندی با بیشترین قابلیت تراکم که فضاهای خالی به حداقل ممکن برسد می باشد.

$$P_i = 100 \left(\frac{d_i}{D} \right)^{n(0.5)}$$

P_i : درصد وزنی مصالح عبور کرده از الک i

d_i : قطر الک i

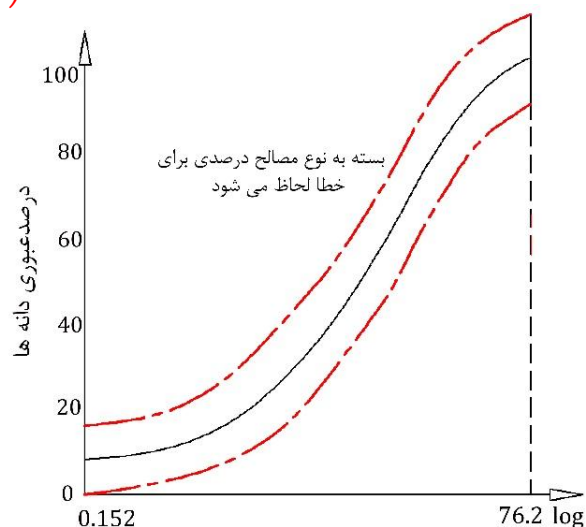
D : قطر الکی که همان مصالح از آن عبور کرده اند

n : عددی ثابت که مقدار آن 0.5 است

- مطلوبست تعیین دانه بندی مصالحی که بزرگترین دانه آن از الک شماره 76.2mm عبور کرده و بیشترین تراکم را داشته باشد:

$$P_i = 100 \left(\frac{d_i}{D} \right)^{n(0.5)}$$

	قطر الک d_i	$\frac{d_i}{D}$	P_i
1	76.2	1	100
2	50.8	0.66	81.64
3	13.33	0.175	41.83
4	1.981	0.026	16.12
5	0.417	0.005	7.07
6	0.152	0.002	4.47

**مشخصات فنی مصالح ← (۲) مقاومت سائیدگی مصالح (سختی مصالح)**

برای تعیین مقاومت سائیدگی از آزمایش لس آنجلس (ASTM - C131, ASHTO - T96) استفاده می شود که در آن 2.5Kg

مصالح را در درون یک استوانه افقی می ریزیم و سپس تعدادی گوی نیز داخل استوانه می ریزیم این استوانه به دور محور خود ۵۰۰ دور می چرخد سپس مصالح را از درون آن خارج کرده و از الک نمره ۱۲ عبور داده و با آب می شوئیم و داخل Oven گذاشته تا خشک شود سپس درصد سائیدگی زیر را محاسبه می کنیم:

$$\text{درصد سائیدگی} = \frac{\text{وزن نهایی مصالح} - \text{وزن اولیه مصالح}}{\text{وزن اولیه مصالح}} \times 100$$

مقاومت سائیدگی مصالح (سایش با روش لس آنجلس برای اساس) 45%

مقاومت سائیدگی مصالح (سایش با روش لس آنجلس برای زیراساس) 50%

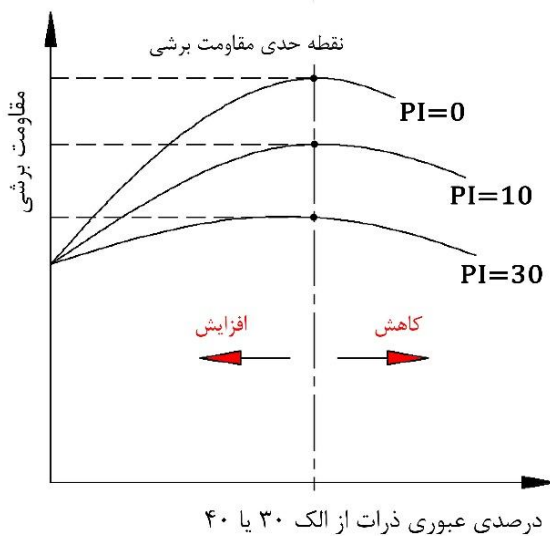
مشخصات فنی مصالح ← (۳) درصد شکستگی

مصالحی که برای آسفالت و لایه اساس استفاده می شود نیاز به درصد شکستگی دارند اما زیراساس نیاز به شکستگی ندارد که برای محاسبه آن به صورت زیر عمل می کنیم:

مصالح را روی الک نمره شماره ۴ ریخته و مقداری که روی الک می ماند را به میزان یک کیلوگرم جدا می کنیم و روی سطح میز پخش کرده و مصالح را با دقت نگاه می کنیم و هر دانه ای که حداقل ۲ وجه شکسته دارد را کنار می گذاریم و از رابطه زیر درصد شکستگی آن را بدست می آوریم:

$$\text{درصد شکستگی} = \frac{\text{وزن مصالحی که حداقل دو وجه شکسته دارند}}{\text{وزن اولیه مصالح}} \times 100$$

در بعضی آئین نامه ها، از جمله آئین نامه ایران درصد شکستگی مصالحی که حداقل دو وجه شکسته دارند تعریف می شوند ولی در بعضی از آئین نامه ها مصالحی که یک وجه شکسته دارند تعریف می شوند و مقدار درصد شکستگی در آئین نامه ایران ۷۵ درصد است. در مصالح مصرفی ما به مقداری ریزدانه نیاز داریم این ریزدانه باعث می شود مقاومت برشی افزایش یابد و همانطور که در نمودار زیر نشان داده شده باید کنترل کرد چون بعد از مدتی با افزایش ریزدانه مقاومت برشی نیز کاهش می یابد.



هرچه خاصیت خمیری مصالح کمتر باشد مقاومت برشی نیز بیشتر شده بنابراین در ریزدانه ها نباید از خاک رس استفاده کرد و به جای آن از فیلر (پودرسنگ) می توان استفاده کرد.

مشخصات فنی مصالح ← (۴) دامنه خمیری و حدروانی

نوع بستر	حدخمیری	حدروانی
زیراساس	حداکثر ۶	حداکثر ۲۵
اساس	حداکثر ۴	حداکثر ۱۵

مشخصات فنی مصالح ← (۵) شکل دانه ها

بهترین شکل مصالح مکعبی بودن آنها می باشد (مصالح نباید پولکی یا سوزنی باشند). یکی از موارد مهم در کنترل کیفیت مصالح تعیین درصد سوزنی یا پولکی آنهاست. مصالح سوزنی یا پولکی براحتی در مقابل فشار شکسته می شوند.

اندازه اسمی

کوچکترین الکی هست که بخش عمده ای از دانه های ما از آن رد می شوند.

به مصالحی که طول آنها بیشتر از 1.8 برابر اندازه اسمی آنها باشد مصالح دراز یا کشیده می گویند

$$\text{ضریب تطویل} = \frac{\text{وزن مصالح دراز یا کشیده}}{\text{وزن مصالح اولیه}} \times 100$$

به مصالحی که ضخامت آنها 0.6 کمتر از اندازه اسمی آنها باشد مصالح پولکی یا ورقی می گویند

$$\text{ضریب تورق} = \frac{\text{وزن مصالح متورق}}{\text{وزن مصالح اولیه}} \times 100$$

در ویرایش قدیمی آئین نامه ایران، ضریب تطویل و تورق براساس دستورالعمل (BS812. England) تعیین می شد ولی در ویرایش جدید آئین نامه از استاندارد (ASTM D4791) استفاده می شود.

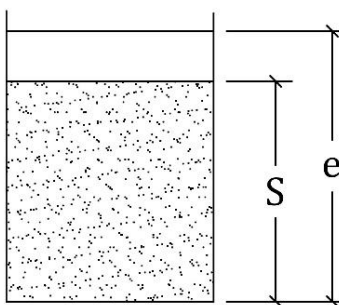
با توجه به جدول 2-4 ص ۳۸ آئین نامه حداکثر درصد سنگدانه های پهن و دراز مانده روی الک ۹/۵ میلیمتر ۱۵٪ است.

در آئین نامه ASTM سنگدانه هایی پهن و دراز تلقی می شوند که حداکثر طول به حداقل ضخامت آنها بزرگتر از ۵ باشد.

مشخصات فنی مصالح ← (۶) تمیزی دانه ها

ارزش ماسه ای (SE) برای لایه های بتن و آسفالت خیلی استفاده می شود.

هرچه این عدد بزرگتر باشد مصالح تمیزتر می باشد.



$$SE = \frac{\text{قسمت ماسه ای}}{\text{قسمت کل}} \rightarrow SE = \frac{S}{S + e}$$

حداقل SE زیراساس برابر ۳۰

حداقل SE اساس برابر ۴۰ (در صورت ممکن حداقل برابر ۵۰ گرفته شود)

مشخصات فنی مصالح ← (۷) مقاومت در برابر عوامل جوی (دوام)

(۱) مقاومت در برابر سولفاتها (سولفات سدیم)

(۳) خشک شدن و ترشدن

(۲) سیکل یخبندان و ذوب

مشخصات فنی مصالح ← (۷) مقاومت در برابر عوامل جوی (دوام)**(۱) مقاومت در برابر سولفاتها (سولفات سدیم)**

مصالحی را که می خواهیم آزمایش کنیم ابتدا شسته و روی Oven خشک می کنیم این مصالح را در داخل محلول سولفات سدیم به مدت ۱۶ تا ۱۸ ساعت قرار می دهیم سپس مصالح را خارج کرده و دوباره در Oven به مدت ۱۶ تا ۱۸ ساعت قرار داده تا خشک شود این عمل را ۵ بار تکرار می کنیم و در نهایت می توانیم درصد افت مصالح در سولفات سدیم را بدست آوریم:

$$12\% = \text{زیر اساس} \rightarrow \frac{\text{وزن نهایی} - \text{وزن اولیه مصالح}}{\text{وزن اولیه مصالح}} \times 100 = \text{درصد افت مصالح در سولفات سدیم}$$

مشخصات فنی مصالح ← (۷) مقاومت در برابر عوامل جوی (دوام)**(۲) سیکل یخبندان و ذوب**

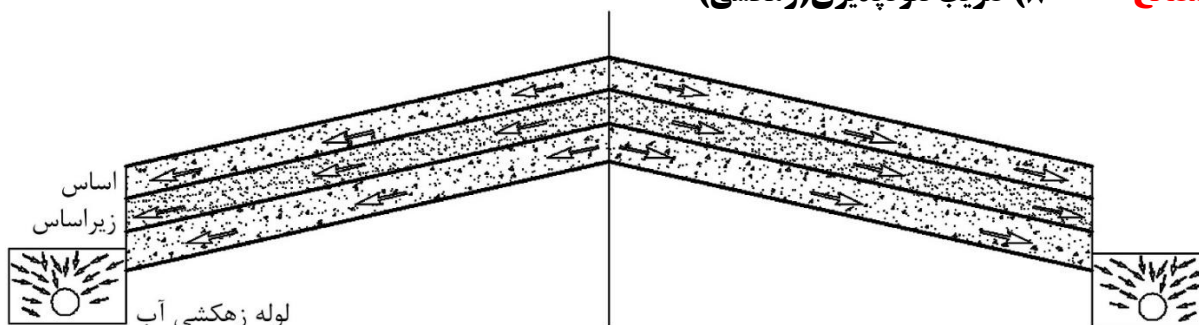
در این آزمایش هم مصالح را شسته و در Oven قرار داده تا خشک شود سپس مصالح را خارج کرده و بمدت ۲۴ ساعت در آب با درجه حرارت ۲۴ تا ۲۷ درجه سانتیگراد قرار می دهیم، مصالح را از آب خارج کرده و در فریزر قرار می دهیم تا درجه آنها به ۲۹- درجه سانتیگراد برسد این عمل را ۵ بار تکرار می کنیم و درصد افت مصالح در یخبندان را محاسبه می کنیم:

$$\frac{\text{وزن نهایی} - \text{وزن اولیه مصالح}}{\text{وزن اولیه مصالح}} \times 100 = \text{درصد افت مصالح در یخبندان}$$

مشخصات فنی مصالح ← (۷) مقاومت در برابر عوامل جوی (دوام)**(۳) سیکل خشک شدن و تر شدن**

در این آزمایش هم مصالح را شسته و در Oven قرار داده تا خشک شود سپس مصالح را خارج کرده و بمدت ۲۴ ساعت در آب قرار می دهیم و سپس از آب خارج کرده و در Oven تا دمای ۶۰ درجه سانتیگراد قرار می دهیم این آزمایش را ۱۲ بار تکرار می کنیم نهایتاً در پایان آزمایش درصد افت مصالح را تعیین می کنیم:

$$\frac{\text{وزن نهایی} - \text{وزن اولیه مصالح}}{\text{وزن اولیه مصالح}} \times 100 = \text{درصد افت مصالح در حالت تر شدن}$$

مشخصات فنی مصالح ← (۸) ضریب نفوذپذیری (زهکشی)

مصلح	ضریب نفوذپذیری m/day
شن با دانه بندی یکنواخت	300 – 3000
شن با دانه بندی خوب	3 – 300
ماسه رس دار یا لای دار	0.01 – 0.001
لای متراکم شده	0.006 – 0.00006
رس متراکم شده	0.0001
مصلح آسفالتی	3 – 0.0003

مصلح سیلیسی و گرانیته انتخاب خوبی برای قشر زیراساس و اساس هستند.

نحوه اجرای لایه اساس و زیراساس

ابتدا مصلح را به صورت کوپه، کوپه روی سطح راه خالی کرده و سپس با گریدر پخش می کنند (می توان از Finisher برای پخش استفاده کرد مخصوص لایه اساس) به نسبت رطوبت اپتیمم (wop) مصلح را آب پاشی کرده و بعد توسط غلتک لایه می کوبند کوبیدن از کنار شروع شده و در ردیف های بعد به طرف محور راه حرکت می کنیم ضخامت لایه پس از کوبیدگی باید بین ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر باشد (۲۰ سانتیمتر را تبدیل به دولایه ۱۰ سانتیمتری می کنند) و به هیچ وجه از ۱۵ سانتیمتر تجاوز نمی کنیم درصد کوبیدگی لایه اساس، زیراساس بایستی ۱۰۰ درصد (آشتو) باشد. (نشریه ۱۰۱ ص ۳۱۶ و ۳۳۸)

زیراساس

الف) به ازای هر ۵۰ متر از طول راه یک آزمایش تعیین وزن مخصوص محلی انجام می شود، و در صورتی که عرض راه زیاد باشد یک آزمایش برای هر ۱۰۰ متر مکعب مصلح به عمل می آید. ضخامت لایه زیراساس در هر آزمایش اندازه گیری و گزارش می شود.
ب) آزمایش تراکم آزمایشگاهی به ازای هر ۵۰۰ متر مکعب مصلح یک بار صورت می گیرد و در صورتی که جنس مصلح تغییر کند، آزمایش بیشتری به عمل می آید.
پ) از مصلحی که روی راه پخش شده از هر ۱۰۰۰ متر مکعب یکبار آزمایش دانه بندی، حدروانی و دامنه خمیری و ارزش ماسه ای انجام میشود.
ت) در صورتی که دستگاه نظارت لازم تشخیص دهد برای کنترل سی بی آر آزمایشگاهی مصلح زیراساس در فواصل ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر، و یا سایر آزمایشهای مورد نیاز اقدام می شود.

اساس

الف) از مصلح تهیه شده درپای کار نمونه برداری شده و آزمایشهای لازم را انجام داده تا در صورتی که مصلح طبق مشخصات نباشد اصلاح گردد
ب) از مصلحی که بر روی راه حمل شده از هر ۵۰۰ متر مکعب یک بار آزمایشهای دانه بندی درصد، شکستگی حد روانی و دامنه خمیری، و ارزش ماسه ای به عمل می آید
پ) آزمایش تعیین وزن مخصوص محلی در هر ۵۰ متر طول راه به ترتیب در وسط، چپ و راست انجام شود و در صورتی که عرض راه زیادت باشد (آزادراه و بزرگراه)، آزمایش به ازای هر ۷۵ متر مکعب مصلح به عمل می آید. ضخامت لایه اساس در هر مورد که آزمایش وزن مخصوص انجام می شود اندازه گیری شده و در برگ آزمایش ارائه گردد
ت) آزمایش تراکم آزمایشگاهی باید در هر ۵۰۰ متر طول راه یک بار انجام شود و در صورت لزوم آزمایش بیشتری به عمل آید
ث) در صورتی که دستگاه نظارت لازم تشخیص دهد، باید نسبت به آزمایش سی بی آر آزمایشگاهی مصلح در فواصل ۳۰۰ تا ۵۰۰ متر، و سایر آزمایشهای مورد نیاز، اقدام شود

تثبیت خاکی

تعریف تثبیت: در تثبیت، خاکها و مصالح شنی را با یک سری مواد دیگر اختلاط داده و در نتیجه تغییراتی در خصوصیات خاک حاصل می شود. تثبیت خاک با تسطیح (مسلح کردن) متفاوت است.

اهداف تثبیت خاک

- (۱) اصلاح خاکها
- (۲) بهبود خاکها و مصالح شنی از لحاظ خصوصیات فنی
- (۳) افزایش قدرت باربری لایه های راه
- (۴) ترمیم جاده های قدیمی و فرسوده با استفاده از مصالح موجود
- (۵) تثبیت راه برای جلوگیری از ایجاد گرد و خاک

نکته: **WR** دستگاه تثبیت خاک با آهک و مصالح دیگر، جاهایی که مصالح خوب و مناسب در نزدیکی پروژه نباشد مثلاً ۱۵۰ تا ۲۰۰ کیلومتری

موادی که در تثبیت خاک استفاده می شوند

- | | | | | |
|---------|-----------|---------|-------------|-------------------------|
| (۱) آهک | (۲) سیمان | (۳) قیر | (۴) Fly Ash | (۵) ترکیبی از موارد قبل |
|---------|-----------|---------|-------------|-------------------------|

انتخاب نوع ماده تثبیت کننده به مواد زیر بستگی دارد

- (۱) جنس خاک
- (۲) شرایط جوی منطقه
- (۳) میزان ترافیکی که قرار است از جاده عبور کند
- (۴) هدف از تثبیت چیست
- (۵) هزینه اجرای کار

تثبیت با آهک

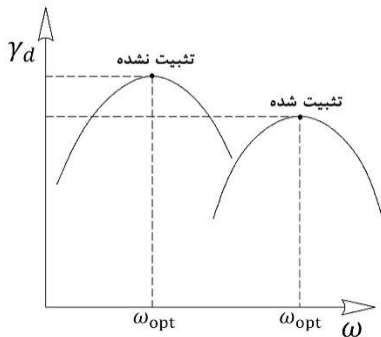
از مصالحی که در قدیم الایام در ایران کاربرد زیادی داشته است آهک است. بهترین گزینه برای تثبیت خاکهای رسی آهک می باشد. مصرف آهک می تواند چند حالت داشته باشد:

- (الف) آهک شکفته (آهک آب خورده) (ب) آهک زنده (ج) دوغاب

تثبیت با آهک یک واکنش شیمیایی بوده و شامل واکنشهای زیر است :

- (۱) واکنش پوزولانی (مهمترین واکنش)
- واکنش پوزولانی وابسته به زمان و درجه حرارت بوده و در دراز مدت انجام می گیرد همچنین موجب چسبندگی خاک می شود.

- (۲) واکنش یونی
- (۳) واکنش تجمعی (باعث کلوخه شدن خاک می شود)



تأثیرات تثبیت با آهک بر خاکهای رسی

(۱) افزایش رطوبت بهینه و کاهش γ_d

(۲) کاهش قابلیت تورم خاک

(۳) با جذب رطوبت موجب ترکهای انقباضی در سطح خاک می شود

(۴) کاهش حالت خمیری خاک (در این حالت می توان زیراساس آهکی اجرا کرد)

(۵) افزایش مقاومت خاک

مقاومت آبی / مقاومت دراز مدت (بخاطر واکنش پوزولانی خاکهای تثبیت شده با آهک به مرور زمان افزایش مقاومت خواهند داشت.

(۶) افزایش مقاومت خاک در برابر خستگی

عبور و مرور بر روی راه موجب پدیده خستگی می شود که زدن آهک به خاک باعث افزایش مقاومت خاک در برابر خستگی می شود.

(۷) افزایش دوام خاک

شرایط جوی، یخ زدن، ترو خشک شدن متوالی موجب خرابی مصالح می شود که زدن آهک باعث افزایش دوام مصالح می شود.

روشهای تعیین مقدار آهک برای عملیات تثبیت (طرح تثبیت)

مقدار آهک مورد نیاز برای تثبیت بین 0.5 تا 10% وزن خاک خشک می باشد

(۱) روش PH



در این آزمایش به خاک آنقدر آهک اضافه می کنند که PH آن به ۱۲/۴ برسد این عددی است که برای شروع واکنش پوزولانی لازم است.

(۲) روش دامنه خمیری

در این آزمایش برای آنکه خواص خمیری خاک کاهش یابد به نمونه های مختلف درصدهای مختلف آهک زده می شود و PI خاک تعیین می شود آن نمونه ای که دامنه خمیری مورد نظر را تامین کند درصد آهک آن، درصد آهک طراحی می باشد.

(۳) روش CBR

در اینجا هدف ما آزمایش مقاومت خاک یا مصالح می باشد برای این منظور نمونه های مختلف آهک تهیه می شود و CBR آنها را محاسبه می کنیم نمونه ای که CBR مورد نظر را به شما بدهد درصد آهک آن، درصد آهک طراحی می باشد.

(۴) روش تجربی آشتو

روش مقاومت فشاری: نمونه هایی را با درصد مختلف آهک تهیه کرده و تحت آزمایش تک محوری قرار می دهیم نمونه ای که مقاومت مورد نظر را به شما بدهد درصد آهک آن، درصد آهک طراحی می باشد.

معمولا برای مصالح زیراساس مقاومت 7 Kg/cm^2 و برای مصالح اساس 10.5 Kg/cm^2 بعد از تثبیت با آهک مورد انتظار است.

انواع روش اختلاط

(۱) تثبیت در محل

آهک و خاک و آب را در محل اختلاط می دهیم

(۲) اختلاط در کارخانه

آهک و خاک و آب را در کارخانه اختلاط داده و به محل حمل می کنیم

(۳) تزریق با فشار (میکرو پایل)

دو غاب آهک را تحت فشار برای پایدار کردن خاک و کاهش قابلیت تورم خاک در عمق ۲ الی ۳ متری خاک با فشار تزریق می کنیم

اختلاط آهک و خاک در محل به دو روش انجام می گیرد:

الف) روش خشک

ابتدا خاک را با مصالح ریشه می کنند و در مرحله بعد خاک را توسط گریدر پخش می کنند و سپس با گریدر در آن شیار ایجاد میکنند و بعد آهک را به صورت شکفته یا زنده روی این بستر شیار داده شده پخش می کنند در مرحله بعد توسط گریدر یا هر ماشین مخلوط کن آهک و خاک را اختلاط می دهیم در نهایت آب پاشی صورت گرفته و عملیات کوبیدن و متراکم کردن انجام میشود. (در این طرح می توان ۴ تا ۵ کیلومتر جلو رفت بعد عملیات کوبیدن را انجام داد ولی در طرح با سیمان هر ۲۰۰ تا ۳۰۰ متری می توان جلو رفت و بعد غلتک زنی کرد بخاطر واکنش گیرایی سیمان)

ب) روش تر

ابتدا خاک را در سطح راه پخش کرده و توسط تیغه گریدر در آن شیار ایجاد می کنند ۱ الی ۲ روز خاک را به حالت خود رها می کنند سپس آب و آهک یا محلول آب و آهک را تهیه کرده و روی راه پخش می کنند و عملیات کوبیدن و متراکم کردن انجام می گیرد.

تثبیت خاکها و مصالح با سیمان

خاکهای ریزدانه، خاکهای ماسه ای و خاکهای شنی قابلیت تثبیت با سیمان را دارند.

خاکهای ریزدانه: درصد سیمانی که معمولاً در تثبیت خاکهای ریزدانه بکار می رود بین ۷ تا ۲۰ درصد وزن خاک خشک می باشد.

اثرات سیمان روی خاکهای ریزدانه

(۱) کاهش خواص خمیری خاک (۲) افزایش مقاومت (۳) باعث جذب رطوبت خاک می شود

خاکهای ماسه ای: خاکهای ماسه ای با سهولت با سیمان تثبیت می شوند مقدار سیمانی که برای تثبیت این خاکها استفاده می شود

بین ۶ تا ۱۲ درصد وزن خاک خشک مصالح می باشد

خاکهای شنی: کاربرد آنها در لایه های اساس و زیراساس راه می باشد درصد سیمانی که برای تثبیت این خاکها استفاده می شود

بین ۲ تا ۶ درصد وزن خاک خشک مصالح می باشد.

می توان برای خاکهایی که هم ریزدانه و هم درشت دانه دارند تثبیتی به همراه آهک و سیمان بصورت ترکیبی استفاده کرد.

طرح تثبیت خاک با سیمان (Soil-Cement)

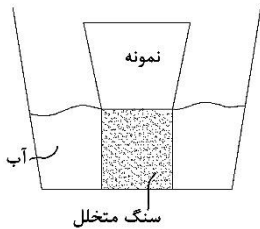
برای تثبیت سیمان از دو آزمایش استفاده می کنیم : الف) آزمایش مقاومت فشاری ب) آزمایش دوام

الف) آزمایش مقاومت فشاری

نمونه های مختلفی را با درصد مختلفی از سیمان و رطوبت بهینه تهیه کرده و سپس نمونه ها را بمدت ۷ روز در یک محیط مرطوب قرار می دهیم و در مرحله بعد نمونه ها را تحت آزمایش تک محوری قرار می دهیم و سپس مقاومت فشاری مطلوب را تعیین میکنیم و روی آن درصد سیمان مناسب مشخص می شود.

ب-۱) آزمایش دوام (یخبندان و ذوب)

ابتدا درصدهای مختلف سیمان را به نمونه زده و بعد نمونه ها را بمدت ۷ روز در یک محیط مرطوب قرار می دهیم سپس نمونه ها را به مدت ۱ روز داخل فریزر با دمای ۲۸- سانتیگراد قرار می دهیم بعد نمونه ها را خارج کرده و داخل ظرف آبی که زیر آن یک سنگ متخلل است قرار داده و نمونه را روی سنگ متخلل قرار می دهیم سپس نمونه را خارج کرده و سروته آنها را برس زده و مصالح سائیده شده را خارج می کنیم بعد از برس زدن داخل فریزر قرار می دهیم و ۱۲ بار این عملیات را تکرار می کنیم. با تعیین درصد افت های مختلف برای نمونه ها و مقایسه با مقادیر آئین نامه آنها می توانیم که ازمقادیر آئین نامه تجاوز کنند درصد سیمان های آنها برای شما مناسب نیستند.



$$\text{درصد افت مصالح در حالت ذوب شدن} = \frac{\text{وزن اولیه} - \text{وزن ثانویه مصالح}}{\text{وزن اولیه مصالح}} \times 100$$

ب-۲) آزمایش دوام (تروخشک)

نمونه های مختلف را با درصدهای متفاوت سیمان تهیه کرده و بمدت ۷ روز در محیط مرطوب قرار می دهیم بعد نمونه را داخل Oven با درجه حرارت ۶۰° و بمدت ۵ الی ۶ ساعت قرار می دهیم سپس نمونه ها را خارج کرده و سروته آنها را برس می زنیم و آنها را بمدت ۱ روز در ظرف آب، روی سنگ متخلل قرار داده تا رطوبت جذب کنند و ۱۲ مرتبه این عمل را تکرار می کنیم بعد از ۱۲ بار می توان درصد افت مصالح در آزمایش تروخشک را بدست آورد.

$$\text{درصد افت مصالح در حالت تر شدن} = \frac{\text{وزن اولیه} - \text{وزن ثانویه مصالح}}{\text{وزن اولیه مصالح}} \times 100$$

نمونه هایی که درصد افت آنها کمتر از مقادیر آئین نامه است درصد قابل قبول بوده و درصد سیمان آنها، درصد سیمان طراح است.

مراحل اجرایی تثبیت با سیمان

- ۱) خاک را از حالت کلوخه خارج کرده و روی آن را شیار می دهند
- ۲) روی بستر شیار داده شده سیمان را پخش می کنند
- ۳) خاک و سیمان را با دستگاه مخصوص یا گریدر مخلوط می کنند
- ۴) آب پاشی با رطوبت بهینه انجام می گیرد (Opt) (w)
- ۵) عمل کوبیدن و تراکم با غلتک انجام می گیرد

تثبیت خاک با قیر

در این تثبیت فعل و انفعالات شیمیایی نداریم و تثبیت بصورت فیزیکی می باشد تثبیت خاکهای درشت دانه و شنی با قیر مناسب است و خاکهایی که ریزدانه اند و خاصیت خمیری دارند تثبیت در آنها با قیر مشکل است و معمولاً در این خاکها از آهک استفاده می شود.

* خاکهای ریزدانه ای را می توان با قیر تثبیت کرد که حد روانی آنها از ۴۰ و دامنه خمیری آنها از ۱۸ بیشتر نباشد، درصد قیری را که برای خاکهای ریزدانه استفاده می شود بین ۴ تا ۸ درصد وزن خاک خشک است.

* خاکهای ماسه ای به خوبی قابل تثبیت با قیر بوده و درصد قیری که معمولاً برای تثبیت آنها استفاده می شود بین ۲ تا ۶ درصد وزن خاک خشک است در خاکهای ماسه ای درصد ریزدانه نباید بیشتر از ۲۵ درصد با دامنه خمیری بیش از ۱۲ باشد.

* درصد قیری که معمولاً برای تثبیت خاکهای شنی استفاده می شود بین ۲ تا ۴ درصد وزن خاک خشک است در خاکهای شنی درصد ریزدانه نباید بیشتر از ۱۵ درصد با دامنه خمیری بیش از ۱۲ باشد.

طرح تثبیت با قیر

آزمایش هوباردفیلد (ASTM D1138)

نمونه هایی را با درصدای مختلف قیر تهیه می کنیم و در داخل Oven در دمای ۶۰° قرار داده سپس نمونه ها را خارج کرده و در دستگاه هوباردفیلد قرار می دهیم فشاری که باعث می شود نمونه ها از روزنه عبور کنند را مقاومت هوباردفیلد می گویند. نمونه ای برای شما مناسب است که استقامت هوباردفیلد آن از ۴۵۰kg کمتر نباشد.

روش اجرا

- (۱) خاک را ریسه کرده و پخش می کنند
- (۲) با تیغه گریدر در سطح خاک شیار ایجاد می کنند
- (۳) با توجه به طرح تثبیت به وسیله ماشین های قیرپاش، قیر را بصورت یکنواخت روی سطح خاک پخش می کنند
- (۴) خاک و قیر را با یکدیگر مخلوط کرده و آب پاشی می کنند
- (۵) عملیات کوبیدن با غلتک برای متراکم کردن خاک صورت می گیرد

قیر

یک ماده چسباننده است که به صورت واژه هایی مانند Bitumen, Asphalt و binder در متون فنی نشان داده می شود و کاربرد آن در تهیه آسفالت گرم، آسفالت سرد، آسفالت حفاظتی، اندودها (پرینکت و تک کت) و تثبیت می باشد

انواع قیر :

(ب) قیرهای نفتی

(الف) طبیعی

محل تهیه از گیلان غرب

یا از کوهدشت کرمانشاه

قیرسنگ (گیلسونات - gilsonat)

ترینیداد توباگو

قیر دریاچه ای

رامهرمز

قیر طبیعی

شرکت نفت جی، پالایشگاه اصفهان

شرکت نفت پاسارگاد، پالایشگاه تهران، آبادان، شازند، کرمانشاه و تبریز

شرکت های خصوصی (وکیوم باتم - Vb)

قیرهای نفتی

قیر خالص

۸۵/۱۰۰ برای مناطق سردسیر

۶۰/۷۰ برای منطق معتدل

درجه نفوذ: ۴۰/۵۰ برای مناطق گرمسیر

روش شارپ (Performance Grade): سیستم عملکردی

روش کشش و نقطه اشتعال (flash point)

قیر محلول

قیرهای نفتی

(قیر دیرگیر - SC)

(قیر کندگیر - MC)

(قیر زودگیر - RC)

قیرابه (قیرهای امولسیون)

(ب) کاتیونیک (دارای ذرات بار مثبت)

(الف) آنیونیک (دارای ذرات بار منفی) ویژه مصالح آهکی

پلیمری

رده بندی قیرخالص در ایران براساس درجه نفوذ آنها در ۲۵ درجه سانتیگراد طبق آئین نامه **ASTM D5** انجام می شود که شامل قیرهای ۴۰-۵۰، ۶۰-۷۰، ۸۵-۱۰۰، ۱۳۰-۱۵۰ و ۲۰۰-۳۰۰ می باشد که اعداد مذکور درجه نفوذ قیر برحسب دهم میلیمتر است.

در رده بندی قیرخالص به روش شارپ، بصورت نمونه مقابل ارائه می گردد: $PG \ 64^{\circ} - 28^{\circ}$

PG : حروف اول Performance Grade

64 : میانگین دمای ۷ روز گرم سال

28 : میانگین دمای ۷ روز سرد سال

اگر اختلاف گرما و سرما بیشتر از ۹۰ درجه باشد نمی توان با روش پالایش قیر را تولید کرد و باید به روش پلیمری آن را تهیه کرد.

قیر محلول

از حل کردن قیرهای خالص در حلال ها بدست می آیند نوع قیر محلول از یک طرف بستگی به قیرخالص و از طرف دیگر بستگی به نوع حلال و درصد آن دارد معمولاً درصد حلالی که در قیر محلول استفاده می شود بین ۱۰ تا ۵۰ درصد است.

قیر زودگیر (RC – Rapid Curing)

از حل کردن قیرخالص در بنزین بدست می آید زیرا حلال بعد از مدت کوتاهی تبخیر شده و قیر اصلی باقی می ماند.

قیر کندگیر (MC - Medium Curing)

از حل کردن قیرخالص در حلال هایی که خصوصیات آنها در حد نفت سفید است بدست می آید.

قیر دیرگیر (SC – Slow Curing)

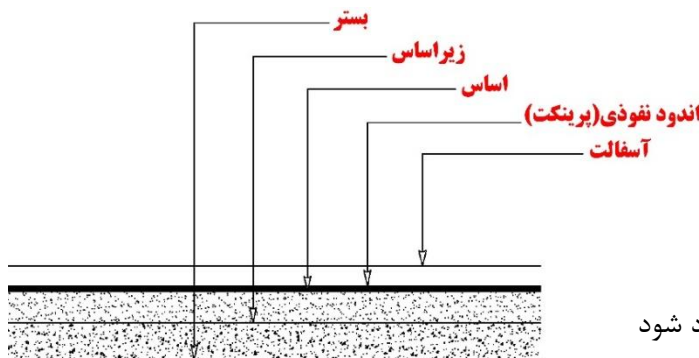
از حل کردن قیرخالص در حلال هایی که خصوصیات آنها در حد نفت سیاه یا گازوئیل باشد بدست می آید.

این نوع قیرها در تهیه آسفالت های سرد کارخانه ای، سطحی و حفاظتی، تثبیت، اندود سطحی و نفوذی بکار می روند.

قیرابه (قیرهای امولسیون)

از ترکیب قیر با آب و یک ماده امولسیون ساز، امولسیون قیر بدست می آید. معمولاً درصد قیر بین ۵۵ تا ۶۵ درصد، درصد آب ۳۵ تا ۴۵ درصد و حداکثر ۵٪ درصد وزنی قیرابه را ماده قیرابه ساز تشکیل می دهد.

قیرابه امولسیون ساز به دو صورت تولید می گردد : **الف) قیرامولسیون آنیونیک** **ب) قیرامولسیون کاتیونیک**

اندود نفوذی (پرینکت) و اندود سطحی (تک کت)

اندود نفوذی (پرینکت)

لایه آسفالت را به لایه اساس می چسباند

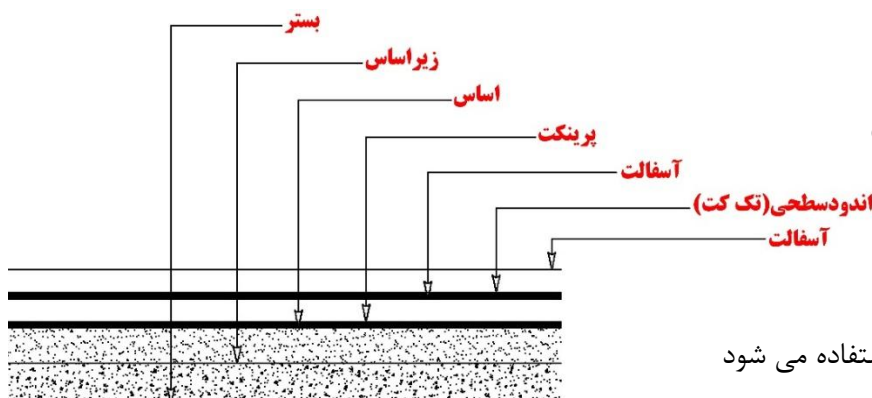
تا نیروی برشی بتواند انتقال یابد و همچنین جلوگیری از نفوذ آب

بین ۱.۲ الی ۱.۴ Kg/m²

نکته: بعد از اجرای پرینکت حتماً بین ۲۴ تا ۴۸ ساعت وقفه ایجاد شود

تا قیر بتواند به لایه زیرین خود نفوذ کرده تا جبران کمبود آن را نماید.

«به دلیل استفاده از نفت یا گازوئیل بکار رفته در تولید، باعث نفوذ عمقی در لایه شده تا نامرغوبی مصالح را جبران نماید»



اندود سطحی (تک کت)

برای چسباندن لایه های بعدی آسفالت

بین ۲۵۰ الی ۴۰۰ Kg/m² (با توجه به نظر ناظر)

از قیر محلول و قیرابه برای پرینکت و تک کت استفاده می شود

مزایای قیرابه نسبت به قیرمحللول

- (۱) بدلیل استفاده آب، قیرابه نسبت به قیرمحللول ارزانتر است
- (۲) احتمال آتش سوزی و حریق کمتر است (در حین جابجایی و گرم کردن)
- (۳) از نظر زیست محیطی مشکلات کمتری نسبت به قیرمحللول دارد

قیرهای خالص، حاصل پالایش نفت خام بوده و برحسب آنکه چه میزان مواد روغنی در خود داشته باشند می توان قیرهای سفت (مخصوص مناطق گرمسیر) قیرهای نرم (مخصوص مناطق سردسیر) و یا قیرهایی فی مابین آن تولید کرد با تنظیم درجه حرارت و فشار داخلی برجهای تقطیر، می توان قیرهایی با درجه سختی متفاوت بدست آورد.

مواد تشکیل دهنده قیر

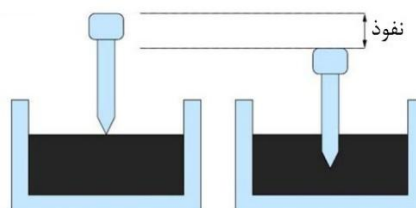
- (۱) **آسفالتین**: عامل پایداری و بخش سازه ای قیر می باشد و درحقیقت همان مواد جامد قیرند
- (۲) **رزین ها**: مشخصه چسبندگی قیر را ایجاد می کنند
- (۳) **آروماتیک ها**: مواد روغنی که همان حساسیت حرارتی را به قیر می دهند که باعث شلی و سفتی قیر می گردد

آزمایشات مربوط به قیر

- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| (۱) درجه نفوذ قیر | (۶) ویسکوزیته قیر |
| (۲) نقطه نرمی قیر | (۷) حلالیت قیر |
| (۳) شکل پذیری قیر (انگمی) | (۸) تعیین چگالی قیر |
| (۴) نقطه اشتعال قیر | (۹) افت وزنی قیر در اثر حرارت |
| (۵) آزمایش لعاب نازک قیر | (۱۰) نقطه شکستگی فراس |

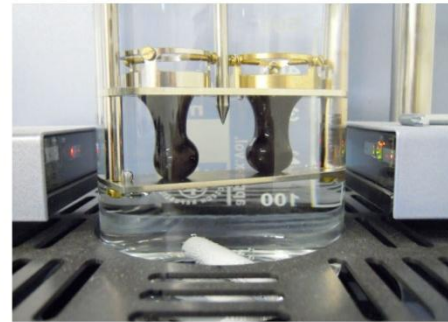
(۱) درجه نفوذ قیر

مقدار نفوذ سوزنی، با مشخصات استاندارد و تحت اثر وزنی معادل ۱۰۰ گرم در مدت ۵ ثانیه در قیر ۲۵ درجه سانتیگراد بر حسب دهم میلیمتر اندازه گیری می شود. درجه نفوذ کمتر نشانه قیر سفت تر و درجه نفوذ بیشتر نشانه قیر شل تر است. قیرهای متداول مورد مصرف در روسازی دارای درجه نفوذ ۴۰-۵۰، ۶۰-۷۰، و ۸۵-۱۰۰ می باشد. هرچقدر آب و هوای منطقه گرمتر و یا برای یک منطقه معین، میزان رفت و آمد وسایل نقلیه بیشتر باشد باید از قیر با درجه نفوذ کمتر استفاده کرد.

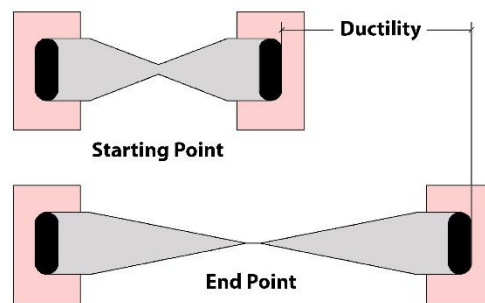


(۲) نقطه نرمی قیر

در این آزمایش قیر گرم شده در داخل حلقه ریخته شده پس از سرد شدن، حلقه ها در محل خود، واقع در ظرفی که در آن آب با درجه حرارت ۴ درجه وجود دارد قرار داده شده و گلوله های فلزی بر روی حلقه ها قرار می گیرند سپس بطور غیرمستقیم از پایین به ظرف حرارت می دهند تا اینکه قیر نرم شود و گلوله از داخل آن عبور کند و با صفحه زیرین تماس بگیرد، دمایی که گلوله به صفحه زیرین برسد را نقطه نرمی قیر گویند. درجه نرمی قیرها مورد استفاده در روسازی بین ۳۵ تا ۷۰ درجه سانتیگراد است.

**(۳) شکل پذیری قیر (انگمی - Ductility)**

جهت انجام آزمایش قیر را گرم کرده و در داخل قالب دستگاه می ریزند قالب را در محفظه آبی که دمایی آن معمولاً ۲۵ درجه می باشد غوطه ور می نمایند پس از آنکه قیر به دمای مورد نظر رسید نمونه را در داخل دستگاه اندازه گذاری می گذارند این دستگاه بصورتی است که یک طرف نمونه را ثابت نگه می دارد در حالیکه طرف دیگر آن نمونه را با سرعت معین (۵ سانتیمتر در دقیقه) میکشد این کشیدن و ازدیاد طول تا زمانیکه رشته نازک قیر پاره شود ادامه می یابد مقدار افزایش طول نمونه قیر در لحظه پاره شدن برحسب سانتیمتر را بعنوان خاصیت شکل پذیری قیر تعیین می کنند.

**(۴) نقطه اشتعال قیر**

قیر را در یک ظرف مخصوص فلزی ریخته و آن را در گرمخانه قرار داده و از زیر به آن حرارت می دهند سرعت افزایش دما ۷.۱۶°C در هر دقیقه می باشد وقتی که درجه حرارت قیر گرم شده به ۵۶°C رسید سرعت گرم شدن را به ۵°C در دقیقه کاهش میدهند در این حالت یک شعله کوچک مستقیم به فواصل معین (حدود هر ۳cm) از روی سطح قیر حرارت داده شده عبور می دهند با افزایش درجه حرارت مواد زاید و فرار موجود در قیر از آن جدا می شوند همچنان که آزمایش ادامه می یابد به حدی می رسد که

به اندازه کافی مواد فرار در سطح قیر حرارت داده شده جمع خواهد شد. این مواد سبب جرقه زدن و ایجاد شعله می شوند درجه حرارتی که در آن درجه شعله ظاهر می شود را درجه اشتعال قیر می گویند.

(۵) آزمایش لعاب نازک قیر

در این آزمایش قیر را در ظرف مخصوص (به قطر 14cm و عمق 1cm) به شکل قشر نازکی با ضخامت تقریبی 3mm قرار می دهند و سپس ظرف را بمدت ۵ ساعت داخل گرمخانه با درجه حرارت 163°C قرار می دهند پس از اتمام این مدت، آزمایشات درجه نفوذ و نقطه نرمی را دوباره انجام می دهند و نتیجه را به صورت نسبت نتایج قبل و بعد از آزمایش گزارش می نمایند.

(۶) ویسکوزیته قیر

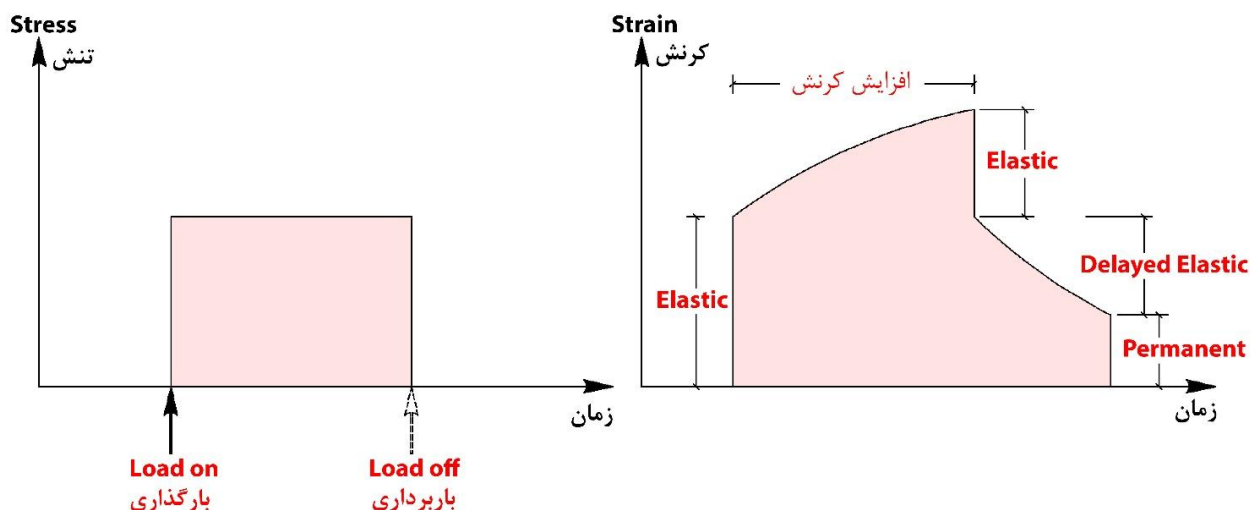
خاصیت یک ماده (که قابلیت روانی داشته باشد) به صورت مقاومت در برابر تغییر شکل برشی هنگام حرکت می باشد (سی بلت فیوریل) با حمام آب داغ قیر در استوانه ای تا 60°C گرم می شود سپس مدت زمانی که طول می کشد قیر به ظرفی با حجم معین در زیرمحفظة ریخته شود تا ظرف پر گردد را ثبت می کنند. زمان لازم برحسب ثانیه برای حجم معینی از قیر در درجه حرارت معین به عنوان ویسکوزیته قیر ثبت می گردد.

معایب آزمایشات فعلی در قیر

- (۱) عدم اندازه گیری خصوصیات قیر دمای پائین
- (۲) عدم تطابق شرایط فیزیکی آزمایشات با شرایط واقعی جاده
- (۳) عدم تناسب آزمایشات برای اندازه گیری خواص قیر در حرارتهای بالا
- (۴) عدم پیش بینی چگونگی (Aging) سخت شدن قیر در طول زمان

رفتار قیر

قیر ماده ای ویسکوالاستیک است لذا قیر در دماهای بالا (50°C → 120°C) روان است و در دماهای پائین (-25°C → -2°C) شکننده است در دماهای میانی، قیر به صورت ویسکوالاستیک عمل می کند یعنی حالتی بین دمای بالا و پایین دارد.



افزودنیهای قیر

(الف) پلیمرها (EVA, SBR, SBS و ...)

(ب) پودر لاستیک (کاهش سروصدا)

با توجه به اینکه قیر از نظر کمی سهم کمتری نسبت به دیگر مصالح سنگی در مخلوط های آسفالتی دارد شاید چنین تصور شود که نقش قیر در رفتار دوام و عملکرد لایه های روسازی آسفالتی چندان با اهمیت و قابل ملاحظه نیست لیکن حقیقت این است که قیر و خواص فیزیکی و شیمیایی آن تاثیر عمده ای در عملکرد دوام و پایداری مخلوط های آسفالتی دارد برای عملکرد مناسب و پایداری روسازی آسفالتی قیر مصرفی باید ضمن دارا بودن دوام، از نظر رفتار و عملکرد مناسب در محدوده دماهای بالا و پائین و میانی برخوردار باشد. امروزه در تولید آسفالت علاوه بر قیر و مصالح سنگی، از مواد افزودنی و یا اصلاح کننده های قیر نیز استفاده می شود این ترکیبات که طیف وسیعی از مواد را در بر می گیرند به منظور اصلاح و بهبود بعضی از خواص قیر و در نتیجه مخلوط های آسفالتی به شرح زیر کاربرد دارند :

(۱) جلوگیری از جدا شدن سنگدانه های مخلوط آسفالتی

(۲) جلوگیری از ایجاد ترکهای انقباضی و حرارتی

(۳) کاهش پدیده تغییر شکل و قیرزدگی لایه های آسفالتی

(۴) جلوگیری از رو آمدن ترکهای آسفالت و بروز ترکهای انعکاسی

(۵) کاهش پدیده سخت شدن و پیچیده شدن قیر (روشن شدن رنگ آسفالت)

(۶) افزایش مقاومت خستگی مخلوط های آسفالتی

برای اینکه یک افزودنی موثر، کاربردی و اقتصادی باشد باید بتواند شرایط زیر را فراهم سازد :

(۱) به آسانی در دسترس بوده و مقرون به صرفه باشد

(۲) افزایش مقاومت خستگی مخلوط های آسفالتی تخریب نگردد

(۳) براحتی و با کمترین هزینه با قیر مخلوط گردد

(۴) در دماهای بالا روسازی بدون اینکه قیر را در دمای اختلاط و پخش کردن خیلی سفت کند یا در دمای های پائین روسازی آن را شکننده کند مقاومت در برابر روانی را افزایش دهد.

(۵) مشخصات اولیه قیر را در طول زمان ذخیره سازی، اجرا و سرویس دهی حفظ کند

(۶) از نظر فیزیکی و شیمیایی در طول زمان انباشت (ذخیره سازی) اجرا و سرویس پایدار باشد

(۷) در دماهای معمول اجرای مخلوط آسفالتی به کندروانی مورد نظر برسد و قابل تزریق و پمپ شدن باشد

انواع پلیمرها

(۱) پلاستومرها (EVA)

در تابستان خوب ولی در زمستان خوب نیست (مخصوص مناطق گرمسیر) چون باعث کاهش سختی قیر در دماهای پائین نمی شود.

(۲) الاستومرها (SBR)

برای زمستان خوب ولی برای تابستان خوب نیست (مخصوص مناطق سردسیر)

(۳) الاستوپلاستومرها (SBS)

بدلیل وجود الاستومرها در زمستان و پلاستومرها در تابستان مناسب است نسبت به پلیمرهای دیگر گرانتز است و پروسه اختلاط آن نیز سخت تر است. در ایران بدلیل گسترده بودن شرایط آب و هوایی وسیع و اختلاف زیاد دمای تابستان و زمستان استفاده از پلیمرهای SBS توصیه می شود. البته برای اختلاط مناسب SBS در قیر نیاز به امکاناتی نظیر میکسرهای توربو می باشد.

بطور کلی سه نمونه آسفالت داریم :

(۱) آسفالت گرم (Hot Mix Asphalt) (۲) آسفالت سرد (Cold Asphalt) (۳) آسفالت حفاظتی (Surface Treatment)

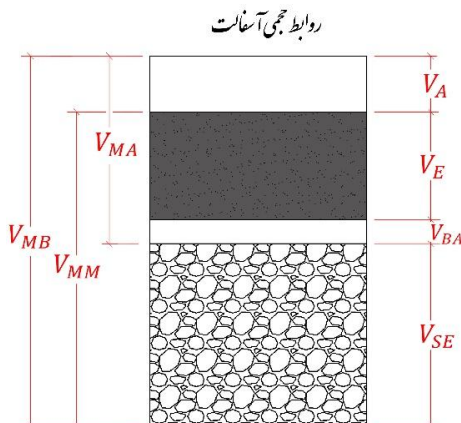
آسفالت گرم

مخلوطی از مصالح سنگی، قیر و فیلر که با گرما اختلاط داده شده و بصورت گرم برای مصرف در راه، حمل، پخش و کوبیده می شود.

بتن آسفالتی

آسفالت توپر که از قیرهای خالص با درجه نفوذ مختلف ساخته می شود و از رایج ترین نوع آسفالت است بتن آسفالتی شامل مصالح

سنگی، قیر و فضای خالی می باشد.



V_{MA} : حجم فضای خالی غیر از مصالح سنگی V_A : حجم هوای موجود در آسفالت

V_{MB} : حجم واقعی بتن آسفالتی V_E : حجم قیر

V_{MM} : حجم مصالح سنگی و قیر

V_{BA} : حجم قیر جذب شده روی سطح حفره های مصالح سنگی

V_{SE} : حجم مصالح سنگی واقعی شامل حجم بخش جامد و حجم حفره ها

مصالح موجود در آسفالت گرم

مصالح سنگی مورد استفاده در آسفالت از نظر دانه بندی به مصالح درشت دانه، ریزدانه و فیلر طبقه بندی می شود :

(۱) درشت دانه : مصالحی که روی الک شماره ۸ باقی بماند تحت عنوان درشت دانه می باشد

(۲) ریزدانه : مصالحی که از الک شماره ۸ رد شود و روی الک شماره ۲۰۰ باقی بماند

(۳) فیلر : مصالحی که از الک شماره ۲۰۰ رد شود و خاک رس در آن نباشد (پودرسنگ).

وجود فیلر در آسفالت ضروری است زیرا موجب مقاومت آسفالت می شود، عمر آسفالت را افزایش داده و مقاومت آن را در برابر تاثیرات نفوذ آب افزایش می دهد.

قیر در آسفالت گرم

نوع قیر در آسفالت گرم، قیر خالص می باشد. درجه نفوذ قیر یا PG قیر بسته به شرایط آب و هوایی و میزان ترافیکی که قرار است از جاده عبور کند تعیین می شود اگر مقدار قیر زیاد باشد اصطکاک بین ذرات کم شده و باعث کاهش مقاومت برشی آسفالت می شود و همچنین شاهد رو آمدن قیر می باشیم در صورتی که مقدار قیر کم باشد آسفالت چسبندگی لازم را نخواهد داشت.

فضاهای خالی

در آسفالت گرم وجود فضای خالی ضروری است چون از یک طرف مقدار آن به دانه بندی آسفالت و از طرف دیگر به درصد قیر آسفالت بستگی دارد، ضمناً میزان تراکم آسفالت نیز در مقدار فضای خالی موثر است. در طرح اختلاط آسفالت با دو مطلب سروکار داریم :

(۱) تعیین درصد قیر بهینه (۲) تعیین نوع دانه بندی که برای تهیه آسفالت استفاده می شود

معیارهای تعیین درصد قیر بهینه

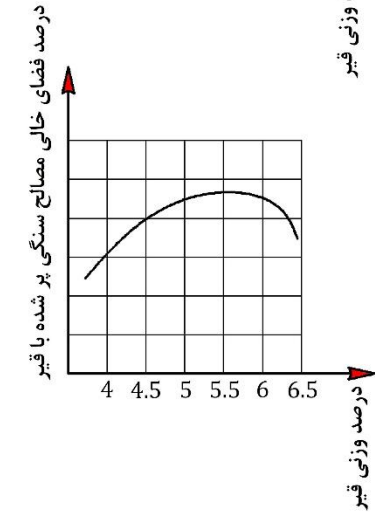
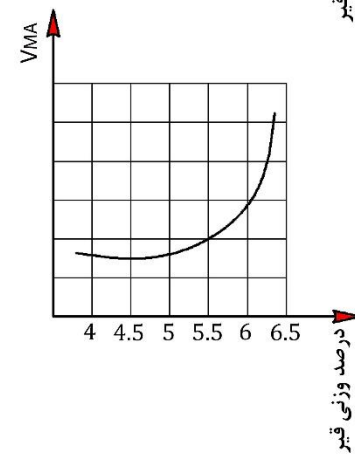
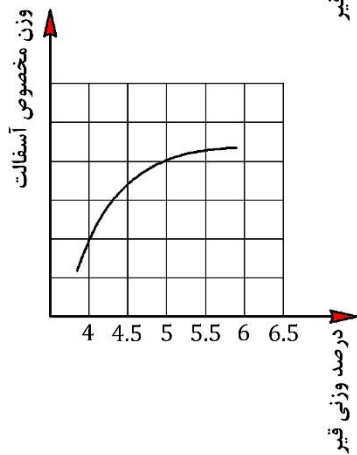
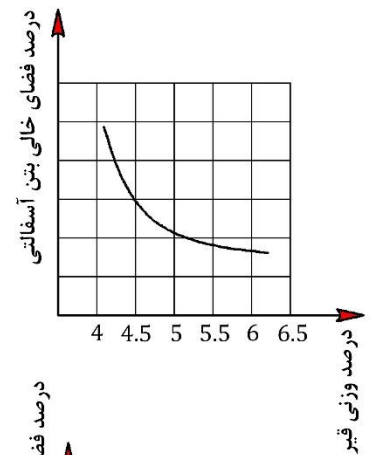
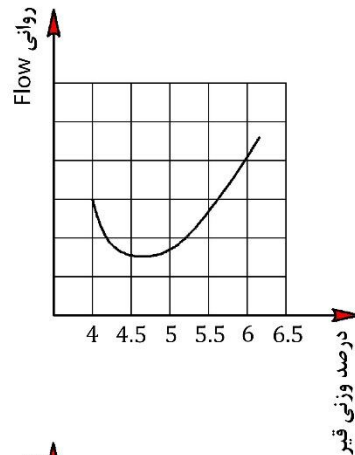
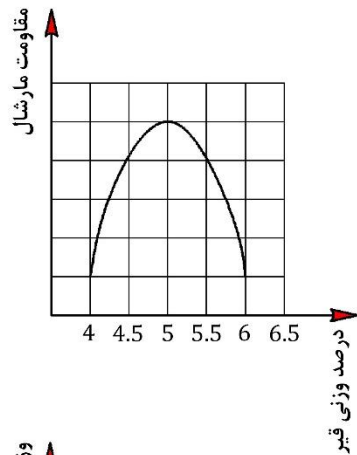
(۱) وزن واحد حجم مخلوط آسفالت متراکم شده (۵) درصد فضای خالی مصالح سنگی مخلوط آسفالت

(۲) مقاومت مارشال یا استحکام مارشال مخلوط آسفالت متراکم شده (۶) درصد فضای خالی پر شده با قیر مخلوط آسفالت

(۳) درصد فضای خالی مخلوط آسفالت متراکم شده

(۴) روانی مخلوط آسفالت متراکم شده

معیارهای تعیین درصد قیر بهینه



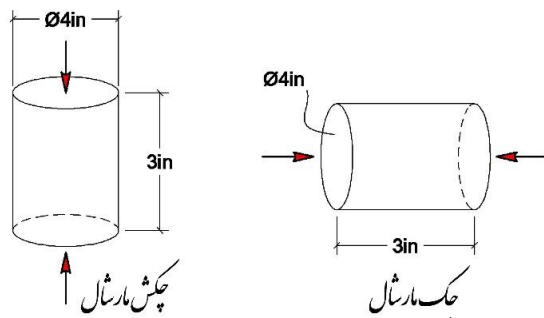
روشهای مختلف تعیین درصد قیر بهینه

(۱) روش مارشال (در ایران) روش ویم (۳) روش روسازی ممتاز (Super pave)

روش مارشال

در این آزمایش 1200g از مصالح سنگی که براساس دانه بندی مورد نظر تعیین شده برداشته و به مدت ۲۴ ساعت در داخل Oven در دمای 140 تا 170°C حرارت می دهیم از آن طرف قیرخالص را نیز تا دمای 137°C گرم می کنیم در مخلوط کن درصد مختلف قیر و مقدار مصالح سنگی نمونه های مختلف آسفالت درست می کنیم.

در ابتدا ضرباتی توسط چکش مارشال به نمونه وارد می شود سپس نمونه را ۹۰ درجه چرخش داده و بوسیله جک مارشال



تحت فشار قرار می گیرد. این روش دارای معایبی می باشد زیرا در عمل به آسفالت ضربه زده نمی شود از طرفی مصالح در نمونه های متراکم شده مارشال در سطوح تراکمی بالا خرد شده که این اتفاق نیز در تراکم میدانی به چشم نمی خورد.

در گذشته میانگین سه نمودار (درصد فضای خالی بتن آسفالتی، مقاومت مارشال، وزن مخصوص بتن آسفالتی) به عنوان درصد قیر بهینه معرفی می شد و با این میانگین بقیه پارامترها کنترل می شد اما در حال حاضر درصد فضای خالی بتن آسفالتی (Void) به عنوان درصد قیر بهینه مطرح می گردد و بر اساس مقدار Void در ص ۱۴۳ آئین نامه قیر بهینه را از نمودار مربوطه بدست می آوریم سپس براساس این درصد قیر، معیارهای دیگر را کنترل می کنیم.

کارخانه آسفالت

محل کارخانه آسفالت بصورت ثابت یا سیار می باشد شرکت هایی نظیر (AMMANN – ASTEC – MERINI – EMAK – SIM , ...) در زمینه طراحی و ساخت کارخانه های آسفالت دارای سابقه و تخصص می باشند.

کارخانه های آسفالت برای تهیه آسفالت از دو روش منقطع و پیوسته استفاده می کنند

نمونه ای از کارخانه آسفالت منقطع شرکت AMMANN



روش منقطع

حجم خاصی از مصالح وارد کارخانه شده و پس از طی فرآیندی آسفالت تهیه میشود. در هر مرحله (بیج) یک حجم کم آسفالت تولید می شود امروزه بیشتر کارخانه ها از نوع منقطع می باشند.

روش پیوسته

مصالح به صورت پیوسته وارد مخلوط کن شده و تولید آسفالت نیز بصورت پیوسته انجام می گیرد.

نکاتی در خصوص حمل آسفالت

- (۱) کامیونهایی که آسفالت حمل می کنند باید دارای باربندهای فلزی و صاف باشند
- (۲) نباید از مواد روغنی جهت جلوگیری از چسبیدن آسفالت به بدنه کامیون استفاده کرد و بهتر است از آب آهک استفاده کرد.
- (۳) دمای آسفالت در محل پخش نباید از 120°C کمتر باشد چون آسفالت سرد شده بخوبی متراکم نمی شود.
- (۴) در هوای سرد بهتر است که روی کامیون آسفالت، برزنت بکشیم تا آسفالت سرد نشود.

$$\log w_{8.2} = Z_R S_0 + 9.36 \log(S_N + 1) - 0.2 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.3 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(S_N + 1)^{5.19}}} + 2.3 \log \frac{MR}{0.07} - 8.07$$

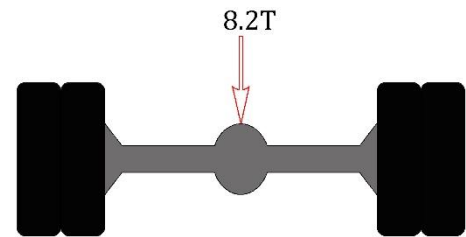
$$w_{8.2} = D_D + D_L \times ESAL_n$$

تعداد کل بارهای محوری جاده 8.2 تنی هم ارز پیش بینی عملکرد روسازی

D_D : ظرفیت توزیع جهتی، در جاده فقط در یکطرف و گاهاً در جاهایی که یطکطرفه است دو طرف جاده لحاظ می شود و مقدار آن 0.5 است
 D_L : ضریب خط، اگر در جاده ای ۲، ۳ و یا ۴ خط عبور داشته باشیم در بیشترین خطی که تردد می باشد لحاظ می شود.

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

$\sum SAL_n$: تعداد کل ترافیک محور هم ارز در n سال دوره طرح



EAL : تعداد محور هم ارز در سال اول طرح و r : ضریب رشد ترافیک

$$20T \rightarrow \left(\frac{20}{8.2}\right)^4 = 35.388$$

$$13T \rightarrow \left(\frac{13}{8.2}\right)^4 = 6.317$$

$$6T \rightarrow \left(\frac{6}{8.2}\right)^4 = 0.286$$

$$0.5T \rightarrow \left(\frac{0.5}{8.2}\right)^4 = 0.0000138$$

هرچقدر بار مجاز هر محور کمتر می شود میانگین هم با اختلاف زیادی کمتر می شود بنابراین در طراحی از تعداد ماشین های سواری (0.5T) می توان صرفنظر کرد و در طراحی راههای داخلی (شهری) باید رفت و برگشت کامیونها را پر و خالی بودن آنها را در نظر گرفت.

Z_R : انحراف معیار نرمال (جدول ۱۱-۲ ص ۱۷۵)

S_0 : انحراف معیار کلی پیش بینی ترافیک و عملکرد روسازی، آئین نامه ایران $S_0 = 0.35$ در نظر می گیرد

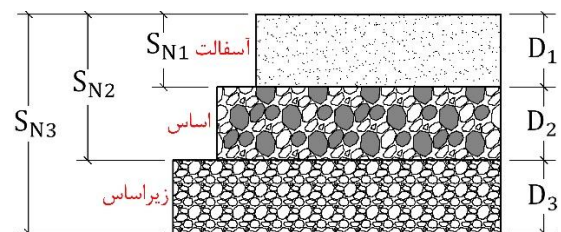
S_N (Strucral Number): عدد سازه ای روسازی

$$S_{N1} = \frac{a_1 D_1}{2.54}$$

$$S_{N2} = \frac{a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2}{2.54} \quad m_2 \text{ ضریب زهکشی اساس ص 187}$$

$$S_{N3} = \frac{a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3}{2.54} \quad m_3 \text{ ضریب زهکشی زیراساس ص 187}$$

اگر لایه اساس و زیراساس آب را خوب زهکشی کند ضریب m_2 و m_3 بزرگتر از ۱ و اگر بد زهکشی کند کمتر از ۱ است.

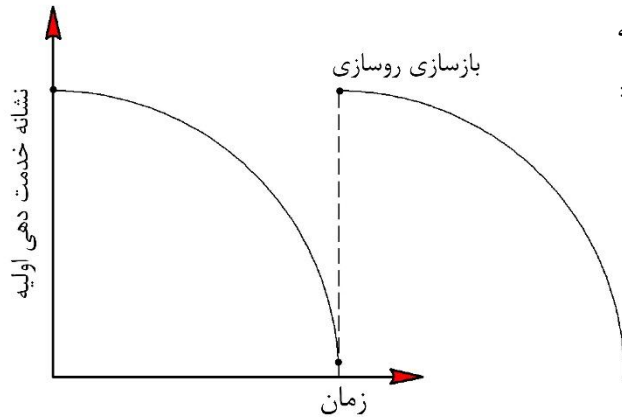


مدول ارتجاعی بر حسب Kg/cm^2		
آسفالت	$a_1 = 0.44$	31500
اساس	$a_2 = 0.13$	1960
زیراساس	$a_3 = 0.11$	1050

$$\Delta PSI = PSI_{\text{نهایی}} - PSI_{\text{اولیه}}$$

$$0 < PSI < 5 \text{ or } 4.2$$

ΔPSI : افت نشانه خدمت دهی جاده



این پارامتر که مقدار خدمت دهی را معرفی می کند با توجه به آئین نامه مقادیر مربوط به نوع راه را انتخاب و بعنوان PSI اولیه منظور می کنیم:

آزاد راه و بزرگراه : ۳ (ص ۱۷۷)

راه اصلی : ۲/۵

راه فرعی : ۲

وقتی راه به مقادیر فوق رسید باید روکش شوند.

مرحله اول

بجای MR مدول ارتجاعی اساس (1960 kg/cm^2) را در فرمول قرار داده و مقدار PSI ، Z_R ، $W_{8.2}$ و S_0 را قبلاً محاسبه کرده ایم با استفاده از Solver ماشین حساب یا نمودار آئین نامه S_{N1} را محاسبه می کنیم. از فرمول S_{N1} استفاده کرده و مقدار D_1 (ضخامت لایه آسفالت) را بدست می آوریم.

مرحله دوم

بجای MR مدول ارتجاعی زیراساس (1050 kg/cm^2) را در فرمول قرار داده و مقدار S_{N2} را بدست می آوریم و از فرمول S_{N2} استفاده کرده و مقدار D_2 (ضخامت لایه اساس) را بدست می آوریم.

مرحله سوم

بجای MR مدول ارتجاعی بسترخاکی (x) را در فرمول قرار داده و مقدار S_{N3} را بدست می آوریم و از فرمول S_{N3} استفاده کرده و مقدار D_3 (ضخامت لایه زیراساس) را بدست می آوریم.