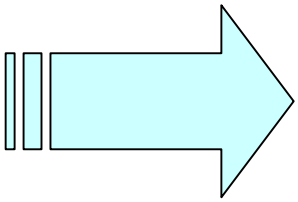
مهندس | هرآنچه یک دانشجوی مهندسی لازم دارد

دانلود رایگان : کتاب، جزوه، مقاله، پروژه، گزارشکار و ...

WWW.MOHANDES.ORG

عنوان :

جزوه روسازی راه



از سری جزوات مهندسی عمران

منبع: پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران
www.icivil.ir

پایگاه تخصصی دانشجویان و مهندسین عمران
اتاق گفتگو جامعه مجازی دانشجویان و مهندسین عمران
دانلود رایگان جزوات و نمونه سوالات و کتابها و مقالات روز علم عمران
اولین فروشگاه اینترنتی مهندسی عمران و معماری

www.icivil.ir
پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران
انجمن های تخصصی مهندسی عمران
ارائه دهنده برترین و بروزترین مطالب علم عمران
دانلود کتابها وجزوات آموزشی مهندسی عمران
دانلود پروژه و گزارشهای کارآموزی نمونه
دانلود برنامه های کاربردی عمران

روسازی راه

منابع: روسازی راه دکتر خاکباطبایی (یا فصل اول به هر فصل ۶ و ۷)

- هدف از روسازی؟

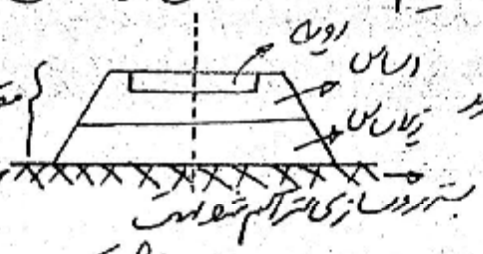
هدف از روسازی ایجاد یک سطح صاف و هموار که قابلیت تحمل فشارهای ناشی از چرخ های وسایل نقلیه را داشته باشد و در همه شرایط جوی (آب و هوایی) پایداری اش را از دست ندهد. زمین یا بستر روسازی در حالت طبیعی این پایداری را ندارد و پس از مدت کوتاهی صافی و همواری خود را از دست میدهد. جهت این مورد سطح روسازی را بر روی بستر روسازی اجرا میکنیم.

بعد از این که لایه های خاکریز و ضخامت های مشخص آبپاشی و کوبیده شده و رسیم به سطحی که سطح بستر روسازی یا اصطلاحاً ساب گرید (SG) نامیده میشود تا بستر روسازی مصالح استفاده شده خاک زمین طبیعی میباشد از ساب گرید به بعد از مصالح منتخب (شن و ماسه آ) استفاده میشود که بطور کلی سطح روسازی در ۳ لایه تعریف شده است:

۱ روی ساب گرید زیر اساس یا Sub.Base را داریم.

۲ بعد از زیر اساس لایه اساس (Base) را داریم.

۳ و نهایتاً تا سطح جاده لایه رویه را خواهیم داشت که سطح نهایی سطح روسازی را تشکیل میدهد.



هرکدام از این ۳ لایه و تر تا بخصوصی دارند و بطور کلی هرچه بالاتر می آییم مصالح مرغوب تر و ضخامت لایه ها کمتر میشود. هرکدام از این ۳ لایه خود شان در چند لایه بخش و کوبیده میشوند مصالح یکسان است ولی جهت تراکم بالای ۶ در لایه های نازک این لایه ها کوبیده میشود

- زیر اساس: هدف از ایجاد لایه زیر اساس بخاطر تقویت سطح روسازی است تا هم راه تحملی که آمده شده زیاد است (یا خواهد شد) اصلی و یا بستر) مقاومت کمی دارد از لایه زیر اساس استفاده میکنیم مصالحی که برای زیر اساس استفاده میشود مصالح شن و ماسه ای یا سنگ شکسته که نسبتاً هم مرغوب است طبق مشخصات

آیین نامه انتخاب میشود و در چندین لایه آب پاشی و کوبیده میشود تا به لایه اساس برسد. هدف از اجرای لایه اساس که جزو اصلی بدنه راه است ایجاد پایداری در مقطع روسازی و نگهداری لایه رویه است.

- لایه اساس:

لایه اساس در تمام مقاطع روسازی اجباری است. مصالح لایه اساس مصالح سنگی و ماسه ای یا سنگ شکسته درجه یک خوب است این مصالح بسیار تمیز بوده و نسبت خاک و مواد زائد در این مصالح کم است.

در پروژه هایی که رفت و آمد زیاد باشد یا راه اصلی باشد و بخواهیم مقطع روسازی از مقاومت بیشتری برخوردار شود میتوانیم از چندین نوع مختلف لایه اساس استفاده کنیم یا اصطلاحا لایه اساس را تثبیت کنیم.

تثبیت مواد خارجی صورت میگیرد. این تثبیت میتواند با مواد آهکی صورت بگیرد مثلا اگر با سیمان تثبیت شود تثبیت شده با سیمان میسیم و اگر تثبیت نشود گوییم اساس دانه ای است (در لایه اساس دانه بندی های مختلفی میتوانیم داشته باشیم).

- رویه: پس از لایه اساس لایه رویه را داریم

- انواع لایه رویه:

۱- شنی و مخلوط راه های فرعی درجه ۲ به پایین است (تردراکم)

۲- آسفالتی ۳- بتنی

از لحاظ استفاده رویه های آسفالتی و بتنی هر دو هم عمل میکنند فقط مزیت اقتصادی مصالح است که در بعضی کشورها بتن و در بعضی از آسفالت استفاده میشود تفاوت دیگر روسازی های آسفالت و بتن در این است که روسازی های آسفالتی جزو روسازی های انعطاف پذیر هستند یعنی بار چرخ های وسایل نقلیه در مقطع کم کم جابجایی به سمت روسازی منتقل میشوند ولی در روسازی بتنی این انتقال بسیار کم و در مصالح گسترده تری اتفاق می افتد.

اجرا می آییم روی سطح اساس را قیر پاشی میکنیم که به این قیر پاشی اندود نفوذی اصلاح میشود (Prime Coat). هدف از این قیر پاشی ایجاد چسبندگی بین رویه و اساس است و اجرای این قیر پاشی در تمام پروژه ها اجباری و الزامی است.
خود لایه رویه که میتواند در چندین لایه پخش و کوبیده شود اگر وقفه ای در پخش لایه ها ایجاد شود روی لایه آسفالت قدیمی حتماً باید مجدداً قیر پاشی شود که به این نوع قیر پاشی اندود سطحی گفته میشود (Tack Coat). اندود نفوذی مقدارش بیشتر از اندود سطحی است.

- عوامل موثر در طراحی مقطع روسازی:
۱- خاک بستر روسازی: این خاک باید از نظر جنس، مقاومت، دوام و نفوذپذیری مورد بررسی قرار گیرد.
۲- مصالح روسازی: (مصالح زیر اساس، اساس و رویه) این سه مصالح از لحاظ مقاومت، شکستگی، تمیزی، دوام و دانه بندی باید مورد بررسی قرار گیرد.
۳- شرایط جوی: از لحاظ میزان یخبندان، تغییرات درجه حرارت و رطوبت باید بررسی شود.
۴- میزان ترافیک یا تردد: باید از لحاظ تعداد وسایل نقلیه در طول عمر روسازی، نوع وسایل نقلیه و وزن وسایل نقلیه مورد بررسی قرار گیرد.
تمام عوامل فوق در طراحی روسازی و نهایتاً ضخامت روسازی موثرند.

- شناسایی خاک بستر:
چون در مورد روسازی های انعطاف پذیر صحبت میکنیم شناخت خاک بستر مهم است خاک بستر را از ۲ جهت مورد بررسی قرار میدهیم: ۱- مقاومت ۲- قابلیت تراکم
خود این ۲ مورد بستگی به شرایط موجود در خاک بستر دارد که این عوامل به ترتیب عبارتند از: ۱- دانه بندی ۲- میزان رطوبت ۳- خواص خمیری ۴- وزن مخصوص
بطور مثال اگر وزن مخصوص خاکی کمتر از ۱۵۵ باشد این نوع خاک بعنوان خاک بستر مناسب نیست. و باید به اصلاح یا تعویض خاک اقدام کرد.
شناسایی خاک یا بررسی های ژئوتکنیکی بدینصورت انجام میشود که در مسیر منتخب در فواصلی بین ۵ تا ۱۵۰ متر در کناره های مسیر و در وسط مسیر نمونه برداری

۲/

توسط گمانه زنی صورت میگیرد این گمانه ها میتوانند تا عمق ۲۳ هم باشند
فواصلی که گمانه ها از زمین بستگی به یکنواختی خاک بستر دارد هرچه خاک یکنواخت تر باشد
فاصله گمانه ها بیشتر است و برعکس

- هدف از نمونه برداری:

۱- شناخت خاک بستر از لحاظ مقاومت و تراکم
۲- مشخص کردن جنس مصالح: برای بکار بردن در خاکبرداری ها اگر خاک مناسب باشد
در خاکریز استفاده میکنیم و گر نه خاک را به دپو می بریم!
۳- شناخت خاک جهت بکار بردن در مصالح روسازی: نمونه برداری میکنیم اگر خاک مناسب
باشد (شن و ماسه) حتماً در لایه های زیر اساس هم از آن استفاده میکنیم.
۴- تعیین عمق آب های زیرزمینی: میخواهیم ببینیم سطح آب تا چه حد بالاست اگر در فاصله کمتر از
۲ متر از سطح روسازی باشد امکان یخ زدگی در فصل یخبندان وجود دارد.

سه عامل باید همزمان اتفاق افتد تا بستر روسازی دچار یخ زدگی شود:

الف- عمق آب های زیرزمینی در فاصله کمتر از ۳ متر باشد
ب- خاک بستر مصالح لای دار داشته باشد. خاک های لای دار بخاطر خواص مویینگی آب را
از پائین به بالا می کشند
ج- درجه حرارت در مقطع به زیر صفر برسد

اگر یخ زدگی اتفاق بیفتد باعث متورم شدن خاک و ایجاد ترک و از بین رفتن روسازی میشود
باید تمهیداتی قایل شویم تا جلوی یخ زدگی را بگیریم:
میتوان خاک های لای دار را حذف کرد (تعویض خاک) - میتوان ضخامت روسازی را
افزایش داد تا درجه حرارت به زیر صفر نرسد یا توسط زهکشی ها عمق سطح آب های زیرزمینی
را پایین بیندازیم.
پس از این که نمونه گیری صورت گرفت خاک را دانه بندی آن را مورد بررسی قرار میدهیم
در آیین نامه محل مختلف اجزاء خاک به گونه های متفاوتی نامگذاری شده اند.

(سنگ) (شن) (ماسه) (لای) (رس)

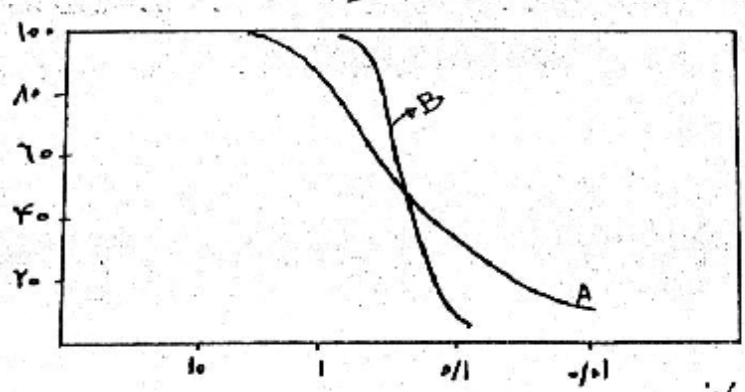
آیین نامه مقداول در راهسازی آیین نامه اشتو است در آشتو دانه بندی را براساس سایز الک هایی است که دانه ها از آن رد میشوند (مثلاً ۰/۰۷۵ الک نمره ۲۰۰ # است) عرفا فاصل بین ماسه و لای تقسیم بندی بزرگتری در آیین نامه است یعنی به دانه های مانده روی الک ۲۰۰ # درشت دانه و رد شده از الک ۲۰۰ ریزدانه اطلاق میشود.

وجود ریزدانه ها در راهسازی فقط به مقدار کم توصیه شده است. ریزدانه ها یا خاک های رسی باعث میشوند که به محض تماس با آب جذب آب یا جذب رطوبت شان زیاد است متورم شوند و پایداری خود را به اندازه قابل توجهی از دست میدهند و پایداری خوبی ندارند (مخصوصا به تراکم) پراندن این نوع خاک ها بسیار مشکل و پرهزینه است در نتیجه سعی میکنیم فقط از رد شت دانه ها استفاده کنیم و با میزان محدودی از ریزدانه ها. (چرا که ریزدانه ها باعث ایجاد چسبندگی در بین درشت دانه ها میشوند)

- مشخصات فنی خاک بستگی به موارد زیر دارد:

۱- دانه بندی ۲- خواص خمیری ۳- قابلیت ارتجاعی
۴- چسبندگی ۵- مقاومت برشی ۶- تراکم پذیری

پس از نمونه برداری توسط الک های مختلف (به ترتیب از درشت تا ریز) دانه بندی خاک را مشخص میکنیم دانه بندی خاک در روی یک نمودار نیمه لگاریتمی ترسیم میشود که فرضاً در این جا ۲ نمونه خاک داریم.



نمونه A که در سطح گسترده تری نشان داده شده است معرف این است که دانه های درشت، متوسط و ریز در سایزهای مختلف وجود دارد و نمونه B معرف خاکی است که سایز دانه ها فقط در محدوده کمی متغیرند. نمونه A یک دانه بندی بهتر را نشان میدهد و دانه بندی B یک دانه بندی کنواخت را نشان میدهد در راهسازی نمونه های

مثل نمونه ۱ مورد بیا زاست همدانگ در دانه بندی پیوسته دانه های ریزتر در ابعادی دانه های درشت تر قرار میگیرند و باعث میشوند که وزن مخصوص خاک بالا رود و هرچقدر وزن مخصوص خاک بیشتر شود خاک مرغوب تر است.

- پارامترهای C_u و C_c:

شن خوب دانه بندی شده $C_u > 4$

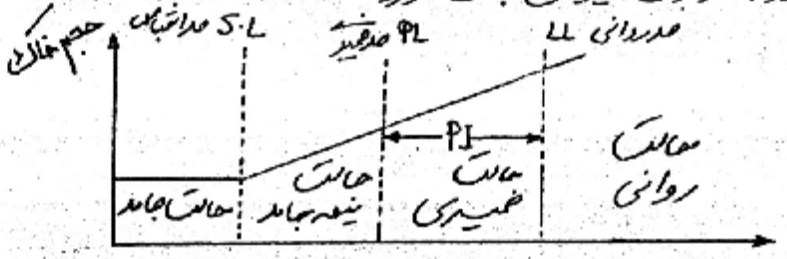
ماسه - - $C_u > 6$

ضریب یکنواختی $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

ضریب انحنا $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$ $\quad 1 < C_c < 3$

- خواص خمیری خاک:

خواص خمیری معرف حضور خاک های ریز دانه در خاک هستند هرچه میزان رس یا لای در نمونه بیشتر باشد خاک خمیری تر و نامرغوب تر است این میزان خمیری خاک را توسط آزمایش های حدود اتربرگ میتوان بدست آورد.



S.L: Solid Limit LL: Liquid Limit

P.L: Plasticity limit

در تعیین میزان خمیری خاک، اختلاف حد روانی و حد خمیری را بدست می آوریم این فاصله حد روانی و حد خمیری را با PI (Plasticity Index) نمایش داده که دامنه خمیری یا گام خمیری است. و خاک را با پارامترهای سا و PI معرفی میکنیم هرچه حد روانی و دامنه خمیری بیشتر باشد معرف اینست که خاک ما خمیری تر است. هر چقدر فاصله حد روانی بیشتر باشد رطوبت بیشتری را باید به خاک اضافه کرد تا به حد روانی برسد این رطوبت بعلت وجود خاک های رسی و لای در آنست

پس مزاین که خواص خمیری خاک را هم مشخص کردیم حالا میتوان رده بندی خاک

۴ روسازی راه

را مشخص کرد. در آیین نامه های مختلف خاک بصورت ردههای مختلف رده بندی میشود در آیین نامه آشتو که تقریبا در تمام پروژه های راهسازی از این آیین نامه استفاده میشود خاک را به ۸ گروه تقسیم بندی کرده است:

A-۱ A-۴ A-۷

A-۲ A-۵ A-۸ ← مربوط به خاک های پوسیده و آلی

A-۳ A-۶

که بهترین و بی غوبترین A-۱ است و نامناسب ترین A-۸ است

- از لحاظ جنس هرکدام از ردهها:

A-۱ مربوط به خاک ها و مصالح قلوه سنگی و شن و ماسه ای است

A-۲ همان حالت شن و ماسه ای و قلوه سنگ را دارد و لی یک مقدار خاک های نامرغوب لای دار و رسی باشن و ماسه است.

A-۳ کلا ماسه ریزدانه است

تا رده A-۳ یک تقسیم بندی است یعنی تا A-۳ ریزدانه باید کمتر از ۳۵ درصد باشد

رده A-۴ و A-۵ خاک های لای دار هستند یکی بالای کمتر و یکی بالای بیشتر.

A-۶ و A-۷ خاک های رسی اند یکی پارسی کمتر و دیگری پارس بیشتر

برای آن که یک مقدار رده بندی دقیق تر باشد برخی از این رده ها به شاخه های ریزتری هم تقسیم بندی شده اند فرضاً

A-۱ ⟨ A-۱-a / A-۱-b

A-۲ ⟨ A-۲-۴ / A-۲-۵ / A-۲-۶ / A-۲-۷

A-۱-a از A-۱-b بهتر است چون دانه بندی بهتر و ریزدانه کمتری دارد در رده A-۲ < A-۲-۴ و A-۲-۵ مربوط به لای و A-۲-۶ و A-۲-۷ مربوط به رسی است که درصد شن و ماسه آ وجود دارد

- موارد کاربرد ردهها:

کاربرد A-۱ که مصالح بسیار مرغوبی است میتوانند هم برای لایه اساس استفاده شود و مناسب برای لایه زیر اساس است در برخی موارد هم بعنوان لایه های شنی هم میتوان استفاده کرد

A-۲ که مجموعه خاک های مرغوب به حساب می آید میتوانند هم در لایه های

زیراساس، لایه‌ای آبندی و مناسب برای آسفالت و روسازی است.

A-۳ تک‌دانه‌بندی تمیز خاک است مناسب برای بستر سازی است ولی باید در نظر داشت که در محل‌هایی خاکریز در صورتی که امکان شسته شدن بستر وجود داشته باشد یک مقدار با خاک‌های دیگر مخلوط کنیم.

A-۲ تا A-۷ بسته به میزان ریزدانه‌شان به هر صورت خاک‌هایی اند که در صورت [illegible] باید این خاک‌ها را تقویت یا اصلاح کنیم. از رده A-۴ به بعد علاوه بر رده‌ی خاک باید درباره‌ی گروه‌بندی (GI) نیز صحبت کنیم. Group Index

که GI معرف مرغوب بودن یا نامرغوب بودن خاک است.

$$GI = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$$

a = #۲۰۰ درصد رشد از الک ۳۵- (بین ۰ تا ۴۰)

b = " " ۱۵- (بین ۰ تا ۴۰)

c = LL ۴۰- (بین ۰ تا ۲۰)

d = PI ۱۰- (بین ۰ تا ۲۰)

مقدار GI عددی بین ۰ تا ۲۰ است که هرچه این عدد بیشتر باشد یعنی خاک نامرغوب‌تر است.

- پس از آن که رده‌بندی خاک مشخص شد نوبت به اصلاح خاک بستر روسازی از لحاظ مقاومت و تراکم پذیری می‌رسد که در این قسمت خاک در حالت عادی نشست پیدا می‌کند برای آن که مقاومت خاک را بالا ببریم باید خاک گوسه شود که بدین خاک توسط غلطک زدن صورت می‌گیرد و غلطک زدن باعث می‌شود دانه‌های ریزتر در خلل و فرج دانه‌های درشت قرار بگیرند و تراکم نمونه بالا رود. این عمل غلطک زدن باید آن‌قدر صورت بگیرد تا تراکم نسبی خاک به حد مجاز آیین‌نامه برسد.

تراکم مجاز آیین‌نامه یک تراکم نسبی است

$$\text{درصد تراکم} = \frac{\gamma_d}{\gamma_{max}} \times 100$$

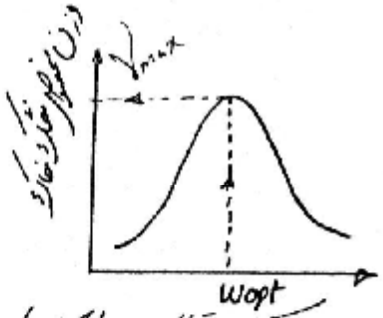
γ_d : وزن مخصوص خشک خاک در محل است.

۵

روسازی راه

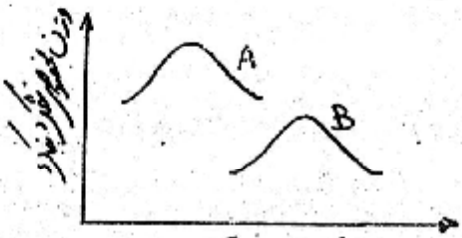
γ_{max} حداکثر وزن مخصوص خشک آن با پیشنهاد است

برای بدست آوردن γ_{max} نمونه خاک را در رطوبت های مختلف مورد آزمایش قرار میدهیم وزن مخصوص خشک را بدست آورده و در یک دستگاه رطوبت مختصات



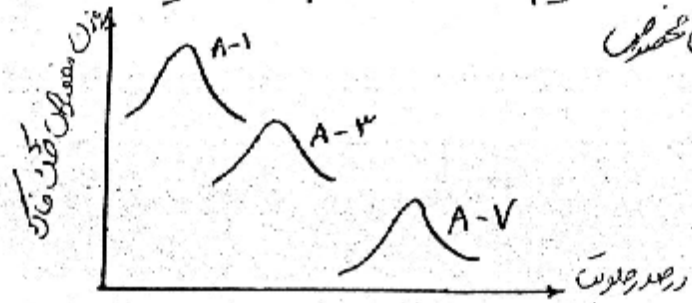
به بیشترین وزن مخصوص میرسد که این وزن مخصوص ملاک مقایسه برای ما در متراکم کردن راه خاک است در تراکم راه به ۳ عواملی که فعالیت دارند عبارتند از:

۱ انرژی تراکم: در نمودار زیر مشخص میشود که یک نمونه خاک با ۲ انرژی تراکم



توسیه شده است که مقدار وزن مخصوص A بیشتر از B بوده است بعبارت دیگر هرچقدر خاک را بیشتر بکوبیم درصد تراکمش بالاتر میرود.

۲ جنس خاک: در این جا چند نمونه خاک داریم که با انرژی تراکم یکسان کوبیده شده اند نمونه خاکی که سنگین تر بوده است وزن مخصوص خشک بالاتری هم پیدا میکند



- برای بدست آوردن درصد تراکم سه مرحله لازم است به این صورت است که ابتدا درصد خاک (W) را بدست می آوریم

$$W = \frac{W_w - W_d}{W_d} \times 100$$

(W_w: وزن خاک مرطوب، W_d: وزن خشک)

$$\gamma_d = \frac{\gamma_w}{1+W}$$

(γ_w: وزن مخصوص مرطوب)

سه مرحله اجرایی کار به این صورت است که فرضاً پیمان کار به آزمایشگاه ۱۵ kg خاک را منتقل میکند آنجا پاشش میکند و میکوبد پس از چند بار غلطک زدن متقاضی که پیمان کار تقاضا کرده به تراکم کامل رسیده است به آزمایشگاه اعلام میکند

دستگاه نظارت باید کنترل به آزمایشگاه صحرا میدهد آزمایشگاه در حاصل سه از محور راه سمت چپ و سمت راست و دوباره از محور راه هر ۵۰۰ متر یک نمونه برمیدارد نمونه ای به اینصورت است که چاله ای را در قسمت لایه تازه گسترده شده حفر میکنند و خاک را برداشت میکنند وزن خاک WW است حجم را توسط ماسه یا آب بدست می آوریم $\gamma_w = \frac{W_w}{V}$ پس از آن که γ_d بدست آمد حال γ_d با $\gamma_{d\max}$ مقایسه میشود اگر نسبت تراکم بدنی کافی باشد و مقاومتش برابر یا بیشتر از حد مجاز آیین نامه باشد دستگاه نظارت به پیمان کار اجازه میدهد لایه بعدی را پخش کند ولی در صورتیکه تراکم کمتر شود لایه باید دوباره آبپاشی شود و خاکورزی شود.

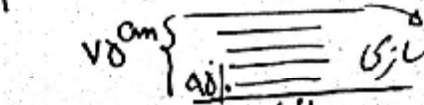
حال میخواهیم مشخص کنیم درصد تراکم (یا مشخصات فنی) چگونه مشخص میشود: پارامترهایی که در درصد تراکم دخیل اند عبارتند:

۱- جنس لایه: با توجه به وزن مخصوص خاک، درصد تراکم را مشخص میکنیم

۲- نوع راه: در راههای مختلف (راه اصلی یا فرعی) درصد تراکم لایه ها متفاوت است

۳- فاصله لایه یا محل قرارگیری لایه است: هرچه لایه پایین تر باشد درصد تراکم کمتری دارد

۴- میزان تردد و یا نوع تردد (وسایل نقلیه سنگین در تعیین درصد تراکم موثرند) مثلاً در راه های اصلی ۷۵cm های قبل از بستر روسازی که فرضاً متشکل از لایه ۱۵cm باشد معمولاً تراکمش ۹۵ درصد است در لایه های پایین تر تراکم ۹۰ درصد درخواست میشود و همین ترتیب برای راههای فرعی و یا درجه ۲ و ۳ هم درصد تراکم در آیین نامه مشخص میشود



اگر خاکریز سنگی داشته باشیم (جلوه سنگ های درشت در لایه باشد) ضخامت لایه را حداکثر حدود ۲۵cm در نظر گرفت فقط در لایه هایی برای اطمینان بیشتر حداکثر ضخامت را ۲۰cm در نظر میگیریم. در لایه هایی که سنگ های درشت دانه زیاد داریم ضخامت لایه را بر اساس سایز درشت ترین دانه مشخص میکنیم. (حدود ضخامت لایه ۲ برابر سایز درشت ترین دانه است)

روسازی راه ۹

در خاکبرداری ها در زمانی که خاکبرداری صورت گرفته و به بستر رسیدیم معمولاً ۲۰cm از ضخامت را برداشت میکنیم تا به کف ترانشه (به مقطع خاکبرداری ترانشه گوییم) برسیم. با مصالح مرغوب در ۲ لایه ۱۵cm آبپاشی کرده و با تراکم ۹۵ درصد به تقویم تا دوباره برسد به محل اولیه.

اگر ۲۰cm را برداشتیم به جایی رسیدیم که خاک نرم و سست بود در اینجا دو نظریه تصمیم میگیرند که آن را برداشت بیشتری صورت بگیرد یا نه.

- حمل به تراکم و سازش توسط غلطک که صورت میگیرد غلطک ها بنا به کاربردی که دارند در انواع مختلف بکار گرفته میشوند:

۱- غلطک چرخ فولادی ۲- غلطک چرخ لاستیکی ۳- غلطک پاچه بزی

تمام این غلطک ها میتوانند بصورت خودرو یا کششی باشند معمولاً وزن غلطک بر اساس وزن مخصوص خاک بستر انتخاب میشود (معمولاً حدود ۷ ton تا ۱۰ ton) و معمولاً با حدود ۵ تا ۶ بار رفت و آمد بر روی لایه به تراکم نهایی می رسیم هر غلطکی برای نوع خاک مخصوصی جهت بهترین بازدهی پژوهش دارد.

- غلطک های چرخ فولادی برای مصالح دانه ای یا مصالح شن و ماسه بکار گرفته میشوند معمولاً بین ۱۵ تا ۲۰cm را فشرده میتوانند بکوبند در ۳ نوع سبک، متوسط و سنگین اندکه دامنه وزنشان بین ۳ ton تا ۲۰ ton قابل تغییر است (سرعت حرکت غلطک ها حدود ۵ تا ۶ کیلومتر در ساعت است)

- غلطک های چرخ لاستیکی: چرخ لاستیکی همیشه برای مصالحی است که دانه بندیش ریزدانه همراه با شن و ماسه داریم این غلطک ها در وزن های مختلف سبک، سنگین و فوق سنگین استفاده میشوند و برای بیشتر انواع خاک مناسب هستند

- غلطک های پاچه بزی: مثل چرخ فولادی ها هستند با این تفاوت که بر روی چرخ های فولادی برجستگیهایی وجود دارد که ضخامت این برجستگی ها حدود ۱۰cm تا ۱۵cm است. این برجستگیها یا انگشت های چرخ فولادی باعث میشوند که در لایه فرو بروند و خاک را بهتر متراکم کنند این غلطک ها بیشتر و

معمولاً برای خاک ریزدانه مناسب هستند خاک هایی که ریزدانه زیاد دارند باشند
اگر با چرخ فولادی عادی متراکم کنیم قسمت فوقانی لایه متراکم شده و سطح سختی بوجود
می آورد در حالیکه قسمت زیرین لایه بصورت راست خود به باقی می ماند و لی با غلطک های
پاچه بزی این برجستگی ها داخل لایه فرو می روند و لایه از طرف پایین به طرف بالا
متراکم میشود و نهایتاً چون در این نوع غلطک زنی سطح لایه آشفته خواهد شد یکبار با چرخ
فولادی ساده روی لایه را اصطلاحاً «اتو» میکنیم که سطح صاف و هموار داشته
باشد سطح صاف و هموار جهت نمونه برداری و جهت تعیین کندار تفاضلی روی لایه
زیرین است بتمام غلطک ها میتوانند به دو سه هم وصل شوند و جود و بیره باعث
میشود که لایه سریعتر به تراکم برسد در آنشد مواقع وجود ویبره باعث میشود که با
تعداد رفت و آمد کمتری لایه بتراکم نهایی برسد چرا که باعث میشود دانه های
کوچکتر در لابلای دانه های بزرگتر قرار گیرند فقط در یک مورد که مصالح
تمیز و خشک دارید با شیم مثل ماسه ریزدانه از این معاقع ویبره خیلی کمک نمیکند
ترتیب غلطک زدن در لایه ها معمولاً از پایین دست به طرف بالادست است

یعنی اگر ۳ باند رفت و ۳ باند برگشت داشته باشیم
ابتدا باندهای کناری یا باندهای ① و سپس ② و ③ غلطک زنی میشود که هدف
جلوگیری از رویش لایه بالا به پایین است.

- مقاومت خاک:

جهت طراحی روسازی باید مشخص کنیم که مقاومت بستر چه مقدار است تعیین
مقاومت بستر روسازی میتواند توسط آزمایش تک محوری، سه محوری و یا آزمایش
CBR (California Bearing Ratio) صورت بگیرد که CBR بهترین و متداولترین
روش جهت تعیین مقاومت خاک است که در راهسازی بکار برده میشود در این
روش مقاومت خاک را به نسبت مقاومت مصالح مرغوب تحت میزنیم مصالح
استاندارد ما مصالح سنگ شکسته مرغوب است آزمایشی هم که روی نمونه
صورت میگیرد به این صورت است که نمونه تحت فشار قرار میگیرد
میزان نفوذ پیستون آزمایش را در نمونه اندازه گیری میکنیم و این میزان

۲

روسازی راه

نفوذ فشار را با مصالح استاندارد مقایسه می‌شود

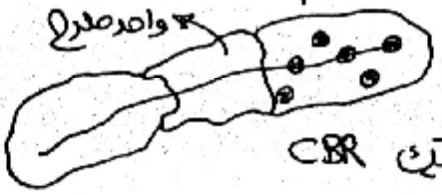
میزان نفوذ پیستون	۲/۵ mm	۵	۷/۵	۱۰	۱۲/۵
kg/cm^2	۷۰	۱۰۵	۱۳۲	۱۶۱	۱۸۲

- مصالح استاندارد: مصالحی هستند که برای ۲/۵mm نفوذ پیستون فشار ۷۰ $\frac{kg}{cm^2}$ لازم است همین عمل را برای نمونه‌های مختلف که تحت آزمایش قرار گرفته‌اند انجام می‌دهیم. فشار لازم برای یک نمونه با ۲/۵mm نفوذ پیستون آزمایش $\frac{kg}{cm^2}$ را نفوذ کرده باشد CBR همین مصالح برابر ۱۰۰ است

$$CBR=\frac{P(2/5)}{P(2/5)_s}\times 100=\frac{70}{70}\times 100=100$$

CBR هایی که کمتر از ۲ یا ۳ باشند بطور کلی برای بسترسازی مناسب نیستند تا CBR=۷ مناسب برای بسترسازی است تا CBR=۵۰ مناسب برای زیراساس و اساس هستند و از ۵۰ به بالا که جزو مصالح مرغوب محسوب می‌شوند برای لایه اساس مناسب‌اند.

در یک سیر که می‌خواهیم روسازی را اجرا کنیم ما آیم از نقاط مختلف مسیر (محور راه چپ و راست مسیر) نمونه‌برداری‌هایی انجام میدهیم طبیعتاً CBR ها با هم متفاوت هستند ما آیم توسط یک سری روابط آماری و خصوصیات ترافیکی که در پروژه یک CBR را بعنوان CBR منتخب برای مسیر در نظر می‌گیریم ولی در ابتدا مسیر را به چندین قسمت تقسیم‌بندی می‌کنیم که هر کدام از این قسمت‌ها را یک واحد صدا می‌گویند یعنی برای هر واحد صدا یک روسازی اجرا می‌کنیم یا بعبارت دیگر



مستند این است که برای هر واحد صدا یک CBR داشته باشیم.

وسعت یا طول واحد صدا را چگونه انتخاب می‌کنیم؟ هر واحد صدا باید یک سری ویژگی‌های ثابت داشته باشد از یک جنس خاک، لزوم میزان تردد و سربار

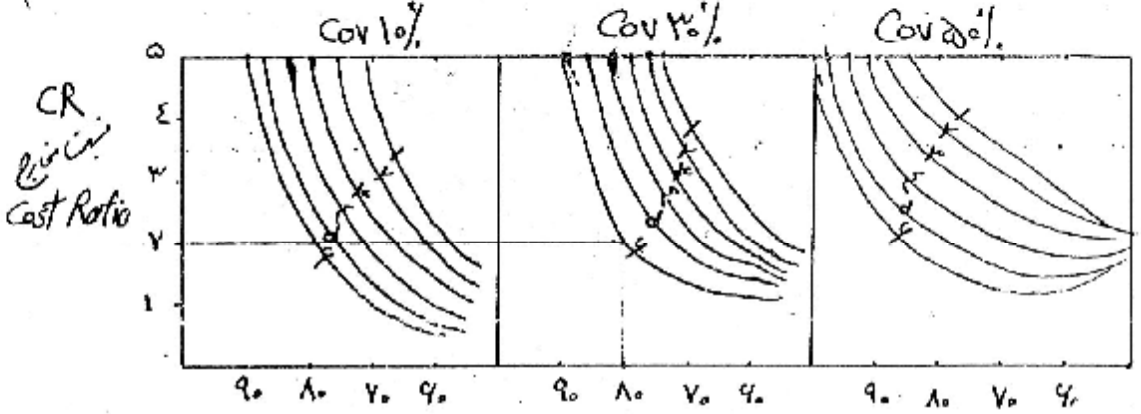
۷

شرایط همگونی (بدنه) که در حاوی واحد همگن این ۲ پارامتر یکسان هستند و متفاوت با واحد همگن بعدی.

حداقل نمونه‌های مقاومت واحد همگن باید ۱۵ عدد باشد که بین این ۱۵ نمونه CBR منتخب را در نظر می‌گیریم:

$$\text{میانگین CBR} = \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$$

$$\text{انحراف پراکندگی} = S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}} \qquad \text{ضریب تغییرات} \; COV = \frac{S}{\bar{X}} \times 100$$



شماره منحنی	۱	۲	۳	۴	۵	۶
میزان ترافیک EAL ۴۱۸۲	۱۰۰۰	۵۰۰۰	۱۰۰۰۰۰	۱M	۱۰M	۱۰۰M

با توجه به CBR میانگین، انحرافی پراکندگی و ضریب تغییرات یا COV را بدست می‌آوریم با توجه به ضریب تغییرات یکی از منحنی‌ها را انتخاب می‌کنیم اگر COV=۲۰، عدد بزرگتر یعنی ۳۰ را انتخاب می‌کنیم که حداقل میزان دقت بالا باشد (ص ۷۷)

سپس به جدول مقادیر مراجعه می‌کنیم. جدول مقادیر بدین معنی است نسبت مقادیر تعمیرات بعدی راه به مقادیر اولیه می‌باشد راه است هرچه این تعمیرات در آینده بیشتر باشد از لحاظ اقتصادی بودن راه یا هزینه نگهداری راه دورتر باشد نسبت مقادیر بالاتر خواهد رفت هر مسیری با توجه به مشخصات از روی جدول نسبت مقادیرش بدست می‌آید

نسبت مقادیر را بدست آورده COV را هم داریم یکی از منحنی‌ها را که با توجه به میزان

۸

روسازی راه

تردد ی که در جدول کل محور پروژه خواهیم داشت را به همین محور بیاور (تعداد تنی) انتخاب میکنیم. فرض کنیم ضریب تغییرات = ۲۰ و نسبت مخارج هم ۲ باشد و منفی ۲ که معرف میزان تردد راست انتخاب شده است می‌رسیم به عدد ۸۵ (یا ۸۰ یا ۹۰) که با توجه به این عدد ۸۵ درصد CBR مورد نظر را انتخاب میکنیم.

فرض کنیم ۱۵ نمونه در راستای طرح برداشت شده است (که حداقل تعداد نمونه هاست) حال این CBR ها را از کم تا زیاد مرتب میکنیم حال میگوییم ۸۵ درصد CBR ها باید بیشتر یا برابر CBR منتخب باشد در نتیجه در بین این CBR ها CBR=۶ را بعنوان CBR منتخب که بتوانیم روسازی را بر اساس آن طراحی کنیم

هرچه ضریب تغییرات بیشتر باشد و هرچه میزان تردد بیشتر باشد و هرچه نسبت مخارج بیشتر باشد CBR پایین تری بدست می‌آید. یعنی روسازی ضخیم تر و قوی تری باید طراحی کنیم.

CBR

۵ ۸ ۹ ۷ ۱۰ ۱۰ ۴ ۱۱ ۶ ۷

۴
۵
۶ — ۸۰٪
۷ → ۷۰
۷ → ۶۰
۸ → ۵۰
۹ → ۴۰
۱۰ → ۳۰
۱۱ → ۲۰٪
۱۱ → ۱۵٪

- شناسایی مصالح مناسب جهت بکارگیری در لایه های زیر اساس و اساس:

روسازی راه متشکل از ۳ قسمت است که بترتیب از روی بستر روسازی لایه زیر اساس، اساس و لایه رویه را داریم غیر از لایه رویه که معمولاً لایه آسفالتی است لایه های زیر اساس و اساس از مصالح دانه ای شن و ماسه ای تشکیل میشوند.

در طراحی این ۲ لایه: الف- ضخامت آن و ب- کیفیت مصالح مصرفی مورد نظر است

- در مصالح شن و ماسه ای کلاً ۲ نوع مختلف میتوان داشت:

۱- مصالح رودخانه ای یا اصطلاحاً گرد گوشه ۲- مصالح شکسته یا تیز گوشه

از لحاظ کیفی مصالح تیز گوشه با توجه به لبه های تیز و سطوح زبری که دارند دانه ها بهتر در یکدیگر قفل و وصل میشوند و پیوستگی، دوام و مقاومت بهتری خواهند داشت.

از لحاظ کنترل کیفیت مصالح چند ویژگی را باید در این مصالح مورد آزمایش قرار بدهیم از ویژگی های مهمی که مورد بررسی قرار میگیرند: دانه بندی، تنگی، خمیرایی خمیری

حجم زیادی ریزدانه ها فضاهای آنرا پر کرده و باعث زیادی فضاهای خالی می شود.
منظورمان از دانه بندی خوب آن است که کمترین فضای خالی با بیشترین تراکم را دارا باشد. برای این منظور می آییم از رابطه فولر استفاده میکنیم:

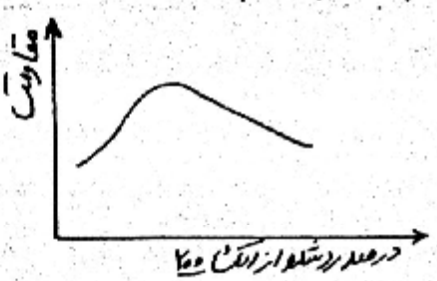
$$P_i = 100\left(\frac{d_i}{D}\right)^{0.5}$$

در رابطه فولر دانه بندی بدست می آید بر اساس سایز درشت ترین دانه، که کمترین فضای خالی و بیشترین وزن مخصوص را خواهد داشت. در این رابطه P_i درصد رد شده از الک i ام است. d_i: سایز الک i ام و D سایز درشت ترین الک است.

فرض کنیم سایز درشت ترین الک ۵۰ میلیمتر می باشد

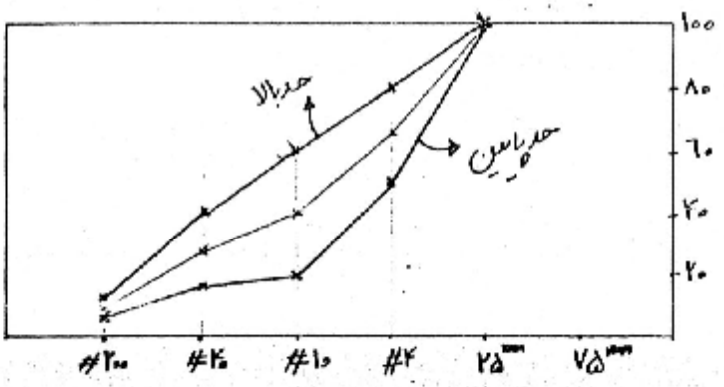
درصد رد شده (P_i)	سایز الک
۱۰۰	۵۰mm → $100\times\left(\frac{50}{50}\right)^{0.5}$
۷۰/۷	۲۵mm → $100\times\left(\frac{25}{50}\right)^{0.5}$
۴۳/۶	۹/۵
۳۵/۸	#۴ → $100\times\left(\frac{4/74}{50}\right)^{0.5}$
	#۲۰۰ → $100\times\left(\frac{0/075}{50}\right)^{0.5}$

وجود ریزدانه ها تا حدی در بستر باعث افزایش مقاومت میشود ولی با افزایش بیش از حد ریزدانه ها مقاومت مصالح شدیدا کم خواهد شد. حدود ۵ تا ۱۰ درصد ریزدانه در مصالح باعث میشود که به بیشترین مقاومت برسد. دانه بندی که توسط آیین نامه معرفی میشود معمولا بصورت حدود مجاز است. یک حد بالا و یک حد پایین خواهیم داشت.



فرض کنیم که دانه بندی توسط آیین نامه مطابق زیر باشد:

شماره الک	۲۵mm	#۴	#۱۰	#۴۰	#۲۰۰
درصد رد شده	۱۰۰	۸۰-۵۰	۹۰-۲۰	۴۰-۱۵	۱۰-۵



دانه بندی که معیاری پایه ای کار جهت استفاده به دستگاه نظارت ابلاغ میکنند باید از محدوده ی حد بالا و حد پایین معدوده ی آیین نامه قرار بگیرد فرضاً برای الک ۱۰، درصد رشد شده باید بین ۲۰ تا ۴۰ باشد ولی هرچه این منحنی کاملاً در بین ۲ خط پایین و بالا در وسط قرار بگیرد دانه بندی و وزن مخصوص بالاتر و مقاومت بیشتر میباشد فرضاً مقدار مناسب برای الک ۱۰، ۴۰ درصد و برای الک ۴، ۶۵ درصد است.

درصد ریزدانه در مناطق سردسیر برای زیراساس به ۱۲ درصد برای لایه اساس به حدود ۸ تا ۱۰ درصد محدود شده است.

- شکستگی مصالح:

مصالح باید تا حدی شکستگی داشته باشند تا بتوانند بهتر در کنار یکدیگر قفل و وصل شوند برای تعیین میزان شکستگی آزمایش شکستگی را به این صورت انجام میدهیم:

نمونه را بر روی الک ۴ ریخته و دانه هایی مانند روی الک ۴ را اگر یکی بررسی میکنیم آن هایی که حداقل دارای یک وجه شکسته باشند را جدا میکنیم. درصد وزنی دانه های شکسته را به کل مانده روی الک ۴ را درصد شکستگی میگوییم.

درصد شکستگی برای لایه زیراساس حداقل ۳۵ درصد و برای لایه اساس حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد حداقل باید باشد از نظر داشته باشید مصالح شکسته گران قیمت تر از گرد گوشه ها هستند.

- خصوصیات خمیری:

جهت تعیین خصوصیات خمیری مصالح، آزمایش های اتربرگ را انجام میدهیم این آزمایش ها بر روی مصالح رشد از الک ۴۰ صورت میگیرد. در این آزمایش ها میزان حد روانی

دوغاب ضعیفی مهم است. مقاومتی برای لایه‌های زیر اساس و اساس باید کمتر از ۲۵ باشد و دوغاب ضعیفی برای لایه زیر اساس کمتر از ۴ و برای لایه اساس ۶ تا باید در حد صفر باشد

سختی مصالح:

مصالح باید به حدی سخت انتخاب شوند تا زیر چرخ غلطک خرد نشوند برای این منظور آزمایش دانشی لوس آنجلس را روی مصالح انجام میدهیم آزمایش به این صورت است که مصالح را در داخل استوانه ای به قطر ۷۵cm و طول ۵۰cm ریخته میشود استوانه حول محورش ۵۰۰ دور گردش میکند اگر درش حدود ۲۰ تا ۳۲ درصد (درصد است) برای آن که مصالح شدید تر باشد داخل استوانه چندین پره تعبیه شده است و علاوه بر این چندین گوی فلزی داخل استوانه می اندازیم پس از گردش استوانه مصالح خارج کرده و روی الک ۱۲ قرار میدهیم درصدی که از الک ۱۲ رد میشود درصد سایندگی نامیم که این درصد سایندگی برای لایه های زیر اساس و اساس نباید از حدود ۴۵ تا ۵۰ درصد بیشتر شود والا، اصطلاحاً به این مصالح، مصالح سست و کم دوام اطلاق میشود

تمیزی مصالح:

جهت تمیزی مصالح آزمایش S.E یا هم ارزش ماسه آنرا انجام میدهیم آزمایش S.E جهت مشخص کردن میزان ریز دانه ها در نمونه است. مصالح داخل آب ریخته میشود دوشت دانه ها بلافاصله ته نشین میشود و ریز دانه ها بصورت معلق در آب باقی می مانند ارتفاع مصالح ته نشین شده به کل ارتفاع آب درصد S.E یا هم ارزش ماسه است که هرچه این درصد بیشتر باشد مصالح تمیز تر خواهد بود و حداقل S.E برای لایه زیر اساس ۲۵ درصد و برای لایه اساس حدود ۵۰ درصد است.

روسازی های انعطاف پذیر برای لایه رویه، از آسفالت استفاده میشود آسفالت یا همان مخلوط قیری تر کیبی است از مصالح سنگی و قیر. ۲ دلیل مهم قیر عبارت است از: ۱ ایجاد چسبندگی بین دانه های سنگی و ۲ غیر قابل نفوذ بودن مقابل آب از نظر شیمیایی برای قیر هنوز مدل مخصوصی معرفی نشده است ولی باید

تعریف ماده‌ای است که بیشتر از ۹۹ درصدش در دمای صفر درجه کربن حل شود.
قیر یک ماده هیدروکربوری یا هیدروکربنی است که متشکل از کربن و هیدروژن.
و بنا به نسبت کربن و هیدروژن، ساختارهای متفاوت با خواص مختلف دارد
مثلاً نسبت کربن به هیدروژن بزرگتر از ۰/۸

آسفالتین $\frac{C}{H} > 0/8$

رزین $0/6 < \frac{C}{H} < 0/8$

روغن $\frac{C}{H} < 0/6$

آسفالتین‌ها ساختار اصلی قیر یا اصطلاحاً اسکلت قیر را تشکیل میدهند
رزین‌ها چسبندگی و شکل‌پذیری قیر را در بر می‌گیرند و روغن‌ها کندروانی قیر را نشان میدهند و بر درجه قیرها در بحث روانی اصطلاحاً بر عکس آن یعنی کندروانی گویند
بنابه ساختار قیر این ویژگی‌ها در انواع مختلف قیر کم یا زیاد می‌شوند
انواع مختلف قیر به ترتیب: قیر خالص، قیر دمیده، قیر محلول (محلولها)، امولسیون قیر
قیر خالص به ۲ دسته تقسیم بندی میشود: قیرهای خالص طبیعی و قیرهای خالص پالایش شده.
قیر خالص طبیعی بصورت طبیعی از معادن قیر قابل برداشت هستند تعدادی از این معادن در سطح دنیا وجود دارد ولی مقدارشان نسبت به قیرهای پالایش شده بسیار ناچیز است.
قیر پالایش شده به اینصورت بدست می‌آید که در برج‌های تقطیر از نفت خام و بعد از فرآورده‌های سبک را جدا می‌کنیم مثل بنزین، نفت، گازوئیل ---
پس مانده تمام آن‌ها قیر خالص است. قیری که از این روش بدست می‌آید با توجه به تنظیم فشار و حرارت به دسته‌های مختلف تقسیم میشوند:

AC ۴۰-۵۰ AC ۸۰-۹۰

AC- ۶۰-۷۰

AC معرف قیر و اعداد ۴۰-۵۰ یا ۶۰-۷۰ یا --- درجه نفوذ قیر است که بر همین اساس قیرها

☆ خالص درجه بندی میشوند (درجه نفوذ)

۱۱

درجه نفوذ قیر توسط آزمایش نفوذ مشخص میشود. در این آزمایش به این صورت است که قیر را با دمای ۲۵° در ظرفی نگهداری میکنیم سوزن آزمایش را با تیغ مسدود ۱۰۰ گرمی بروی قیر قرار میدهیم و پس از ۵ ثانیه رها کردن سوزن آزمایش میزان نفوذ سوزن را در داخل قیر اندازه گیری میکنیم این میزان نفوذ برحسب دهم میلی متر درجه نفوذ قیر است. هرچه درجه نفوذ کمتر باشد معرف این است که قیر سفت و سخت است. برای آسفالت های گرم معمولا از قیرهای خاص استفاده میشود. جدیدترین نوع قیرهم قیرهای خاص است.

- نوع دوم قیرهای رقیق است: قیرهای رقیق معرف قیرهای است که در آسفالت های سطحی و بعنوان آسفالت سطحی از این نوع قیرها با توجه به ویژگی هایی که دارند بیشتر برای پوشش دادن ترک های سازه های بتنی و یا عایق کردن مخازن هستند این قیرها بیشتر شبیه لاستیک اند و عین حال که انعطاف پذیری خوبی دارند درجه نفوذشان بسیار پائین است.

- جدا کردن قیر: برروی قیر مذاب هوای گرم دمیده میشود اکسیژن داخل این هوا و هیدروژن داخل قیر ترکیب آب داده و از قیر جدا میشوند در نتیجه هیدروژن های باقی مانده در قیر نسبت $\frac{C}{H}$ شان بالا می رود و این باعث میشود قیرهای دمیده با درجه نرمی بالا و درجه نفوذ پائین بدست آید.

۲ نوع قیر دمیده متداول در ایران R۹۰/۱۵ و R۸۰/۲۵ هستند عدد اول مربوط به درجه نرمی و عدد دوم مربوط به درجه نفوذ است برای مثال درجه بندی این قیرها درجه نفوذ و درجه نرمی است. درجه نرمی قیرهای خاص یا دمیده توسط آزمایش حلقه و گلوله صورت میگیرد. به اینصورت که در یک صفحه ۲ حفره در داخل آن است این حفره ها توسط قیر پر میشوند پس روی قیر از روی هر حفره یک گلوله فلزی هم وزن قرار میدهیم این مجموعه را داخل ظرف آبی گذاشته و به این ظرف حرارت میدهیم به قدری حرارت میدهیم تا قیر مقاومت لازم و شل پیدا کرده و این گلوله ها از داخل حفره عبور کنند زمانی که گلوله ها از حفره ها عبور کردند درجه حرارت آب را ثبت میکنیم و اندازه گیری میکنیم این درجه حرارت برحسب °C درجه نرمی قیر است

این درجه نرمی برای قیرهای حاصل حدود (۲۵ تا ۵۷°C) است ولی برای قیرهای نسبه حداقل ۸۵ است

- قیر محلول یا محلوط: این نوع قیرها زمانی درست شده‌اند که خواستند قیرهایی بدهیم که با هزینه کمتر در مناطق دور افتاده هم بدون گرم کردن قابل استفاده باشد این نوع قیرها از ترکیب قیر حاص و یک حلال بدست می‌آید و سرعت تبخیر آن بستگی به نوع حلال دارد:

تندگیر	بنزین (RC)	Rapid Curing
کندگیر	نفت (MC)	Medium ~
دیرگیر	نفت گاز (SC)	slow ~

حدود ۱۰ تا ۵۰ درصد قیرهای محلول را حلال تشکیل میدهد عملکرد این قیرها به این صورت است که حلال برای روان شدن قیر استفاده میشود که کارپذیری راحت‌تری داشته باشد سپس با مصالح سنگی مخلوط شود. پس از مخلوط شدن حلال می‌پرد و قیر باقی می‌ماند. سرعت پریدن حلال بستگی به نوع حلال دارد. قیرهای محلول براساس کنترل روانی درجه‌بندی میشوند این درجه بندی قبلاً بین ۰ تا ۵ بود اما درجه‌بندی جدید بین ۰ تا ۳۰۰۰ است که با دقت بیشتری کنترل روانی مشخص شود میتوان RC۰، RC۱۰۰...RC۵۰۰۰ متداولترین قیرهای محلول MC ها هستند و بین این‌ها MC۲ کاربرد بیشتری دارد مثلاً MC۲ در درجه‌بندی جدید MC۲۵۰ است و یا MC۱ همان MC۷۰ است.

هرچه در این درجه‌بندی عدد بالاتر شد یعنی این که قیر محلول کندروان‌تر است.

- امولسیون قیر: این نوع، نوع جدیدتری از انواع قیر و پس از قیرهای محلوط هستند. یک سری محلول‌هایی که قیرهای دیلوراشیم در امولسیون پراکنده شده است (شرایط آب و هوایی). مهمترین عامل تهیه امولسیون قیر شرایط نامطلوب آب و هوایی بوده است. در شرایط آب و هوایی مرطوب و مصالح مرطوب قیر چسبندگی مناسبی را با مصالح سنگی ایجاد نمیکند در این جا امولسیون قیری تمام امولسیون قیر ساخته شده است که پایه امولسیون آب است

روسازی راه ۱۲

یعنی امولسیون آب شکن شود (آب از ذرات قیر جدا شود و آب (۴۰٪ تا ۵۵٪ وزنی)
آب با قید ترکیب مفید خود برای ترکیب کردن آب با قیر از مواد امولسیون ساز استفاده
شده است (۰/۱٪ تا ۰/۵٪) کار مواد امولسیون ساز این است که ذرات میکروسکوپی
قیر را بار دار می‌کنند یعنی این ذرات یا بار مثبت یا بار منفی پیدا می‌کنند. از این
لحاظ مواد امولسیون ساز یا کاتیونی اند و یا آنیونی اند. چون همه ذرات بار
یکسان دارند ذرات همدیگر را دفع می‌کنند و بصورت معلق در آب باقی
می‌مانند که باید سعی شود مواد با بار مخالف با امولسیون قیر همراه باشد
برای این منظور مواد باید ریشه دار اضافه می‌کنند این مواد می‌تواند از سنگدانه‌ها
یا سیم دار هم باشد ولی با این وجود این مواد در جاده‌های سردسیر در محل‌های
سایه و خنک باید نگهداری شوند استفاده کردن از این مواد به صورت
اینکه این شکاف‌ها به محض ورود به محل شده، روی مصالح ریخته شده و در درجه
حرارت محیط با مصالح مخلوط میشود و به محض این که آب از امولسیون جدا شد
اصطلاحاً میگوییم امولسیون شکسته شد. عامل تعیین کننده شکستن امولسیون تغییر رنگ
امولسیون از قهوه‌ای به سیاه است. با توجه به پارامترهای مختلف سرعت
شکستن متفاوت است:

Rapid Setting	(Rs)	ناپایدار زودشکن
Medium "	(Ms)	نیمه‌پایدار کندشکن
Slow "	(SS)	پایدار دیرشکن

هرچه سرعت آب امولسیون جدا شود امولسیون سریعتر می‌شکند از این لحاظ
تقسیم‌بندی براساس زودشکن، کندشکن و دیرشکن انجام شده است و پایداری
هم بر همین اساس است. عواملی که در سرعت شکستن امولسیون دخیل هستند
نوع ماده امولسیون ساز، نوع مصالح سنگی، شرایط آب و هوایی، و میزان تراکم
پس از پخش مصالح است. هرچه درجه حرارت محیط بالاتر و هرچه میزان رطوبت هوا کمتر
باشد آب سریعتر تبخیر شده در نتیجه امولسیون سریعتر می‌شکند.
مهمترین مزیت امولسیون قیر این است که در محیط‌های مرطوب و مصالح

۱۲

...مطلوب برخلاف قیرهای دیگر قابل استفاده اند و نیاز احتیاج به گرم کردن مثل قیر خالص را ندارند از معایب آن، این است که هزینه حمل بالایی دارد چون نصف بشکه های حمل شده آب است. دوم خطر یخ زدگی وجود دارد و در صورت یخ زدن بلافاصله قیر نخواهد شد و کارپذیری خوبی نخواهد داشت و در لایه های ضخیم همیشه مشکل زا خواهد بود یعنی پس از شکستن امولسیون آب جدا شده باید تبخیر شود و یا باید دفع شود که این دفع آب در لایه های ضخیم مشکل آفرین است. علاوه بر آسفالت سردی که از امولسیون قیر استفاده میشود از این قیر میتوان برای تثبیت مصالح بکار برد و قیر پاشی بر روی جاده های خاکی هم استفاده کرد.

آسفالت گرم:

از ترکیب مصالح سنگی و قیر که گرم مانگرم با هم مخلوط میشوند آسفالت بدست می آید که برای لایه های اساس و لایه رویه میتوان استفاده کرد.

مصالح سنگی به ۲ دسته کلی تقسیم میشوند: ۱ مصالح رودخانه ای (گرد گوشه) ۲ مصالح شکسته (تیز گوشه). طبیعی است که مصالح شکسته مصالح بهتر، مقاومت بیشتر و هم زمان هزینه بیشتری را در بر می گیرند.

در صورتی که مصالح شکسته موجود نباشد میتوان تمام مصالح تر گوشه را یک یا چند نوبت از سنگ شکن ها عبور داد تا تعدادی وجوه شکسته ایجاد شود.

یک نوع مصالح دیگر هم بنام slag در کشورهای غربی در کنار مصالح سنگی یا بجای مصالح سنگی استفاده میشود این مصالح از خرد کردن تفاله های مذاب کوره های آهن گدازی بدست می آید. این مواد از لحاظ زاویه اصطکاک بازیافت میکند و مقاومت بسیار خوبی هم دارند.

مصالح سنگی مصرفی باید از لحاظ دانه بندی، سختی، وجوه شکسته، تمیزی و مشخصات مصالح و شکل دانه ها مورد بررسی قرار گیرد. مهمترین دیگر دانه بندی مصالح که شاید بیشتر ۶ از ۹۰ تا ۹۵ درصد وزنی آسفالت را مصالح سنگی تشکیل میدهند از لحاظ حجمی ۷۵ تا ۸۵ درصد حجم آسفالت را تشکیل میدهند. در نتیجه دانه بندی بسیار مهم است. عواملی که در دانه بندی دخیل اند: نوع روسازی، محل

۱۳

روسازی راه

حداکثر اندازه دانه، مشخصات لایه و سایز دانه بندی

سایز دانه بندی که بیشترین دانه های آن دارای اندازه ای معادل حداکثر اندازه دانه ها باشد، سایز دانه بندی نامیده می شود. معمولاً برای لایه های آسفالتی بزرگترین سایز دانه ۳۷/۵ mm است (یا سایز درشت ترین الک) که برای لایه اساس استفاده می شود. دانه بندی به این صورت است که مصالح را با الک درشت تا ریز دسته بندی کرده و مصالح را عبور داده و درصد رد شده از هر الک را یادداشت می کنیم. یکی از دانه بندی های متداول که در آسفالت گرم استفاده می شود دانه بندی دانسه گراد است

سایز الک	۱۹	۱۲٫۵	۹٫۵	#۴	۸	۳۰	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
درصد رد شده	۱۰۰	۸۰-۱۰۰	۷۰-۹۰	۵۰-۷۰	۳۵-۵۰	۱۸-۲۹	۱۳-۲۳	۸-۱۹	۴-۱۰

بر روی لایه اساس که لایه های آسفالتی را تحمل می کنیم اولین سری لایه ها آستر و [redacted] لایه های بعدی رویه خود آستر یا رویه می توانند در چند لایه متفاوت بخش و پوسته شوند به لایه آستر لایه Binder گوییم و به لایه رویه توپکا Topeka گوییم. دانه بندی فوق دانه بندی توپکا است دانه بندی را یا با اسم یا با سایز درشت ترین دانه بندی بیان می کنیم. یعنی به دانه بندی توپکا دانه بندی 19 mm یا برحسب اینچ $\frac{3}{4}$" هم گفته می شود دانه بندی ها چندین نوع مختلف دارند. دانه بندی «توپر»، «توخالی» و دانه بندی تکیه اخت.

دانه بندی توپر یا دانه بندی پیوسته دانه بندی است که انواع مختلف سایزهای از درشت تا ریز در نمونه موجود است در نتیجه فضای خالی بین دانه های درشت تر توسط دانه های ریز تر پر می شود و در نتیجه وزن مخصوص نمونه بالا می رود و با توجه به این که وزن مخصوص بالایی دارد (دانه های ریز دارای جذب آب بالایی دارند) و در نتیجه در این دانه بندی بسیار رطوبت آب بندی می شود و نفوذ ناپذیر می شود. بهترین نوع دانه بندی محسوب می شود و دانه بندی های مثل binder و Topeka جزو این دانه بندی محسوب می شوند

رویه
آستر
اساس
زیر اساس

نوع دوم دانه بندی توقفی (یا باز): در این نوع دانه بندی میزان ریزدانه نسبتاً کم است و در نتیجه مصرف قیر بیشتری دارد. و همین دلیل خوب آب بندی میشود. در برخی از مواقع که نمی خواهیم لایه خوب آب بندی شود استفاده از این نوع بسیار مناسب است. در لایه های زهکش بسیار خوب عمل میکند و بطور کلی از این نوع دانه بندی بیشتر برای لایه اساس استفاده میشود یا اساس قیری میتواند از این نوع دانه بندی باشد.

- دانه بندی تکنواخت: دانه بندی تکنواخت سایز اغلب دانه ها یکسان است و سایز نسبتاً ریزی حدود ۲ تا ۳ mm دارد که به این نوع Chipping گویند. از Chipping برای لایه های مقاوم مثل لایه رویه و اساس استفاده میشود از این دانه بندی جهت روکش های نازک و یا پر کردن ترک های آسفالتی استفاده میشود.

- سنگ مصالح: مصالح باید به حدی سخت باشند که زیر بار چرخ اتومبیل ها و غلطک ها خرد و شکسته نشوند. برای تعیین سختی از آزمایش سایش لس آنجلس استفاده میشود هرچه لایه بالاتر باشد باید درصد سایندگی مصالح هم کمتر باشد.

نوع لایه	رویه	آستر	آسفالت مصلح
حداکثر درصد سایندگی	۳۰	۴۵	۳۵

برخی از اوقات که دانه های سنگی بسیار سخت انتخاب میشوند پس از مدتی پوشش قیر بر اثر عبور و مرور از بین رفته و دانه های سنگی سخت بصورت برجسته حالت دون دون و مصلح زبر خواهند داشت. این حالت زمانی که ایجاد میشود هم باعث سر و صدای زیاد وسایل نقلیه شده و هم به لاستیک اتومبیل ها صدمه وارد میکند درصد مناسبی باید باشد که قیر و مصالح سنگی همزمان با همدیگر ساییده شوند

- دوام مصالح: جهت تعیین دوام مصالح از آزمایش سلامت (یا دوام) استفاده میکنند. آزمایش سلامت یا دوام مشابه سازی شرایط بد آب و هوایی در اصول عمده پروژه است. این شرایط بد آب و هوایی، تغییر درجه حرارت

بازدانی زیاد و تکرار رنج بندان ها در محلول عمده پروژه است. آزمایش به اینصورت است که نمونه را داخل محلول سولفات سدیم قرار میدهیم برای مدت ۱۶ تا ۱۸ ساعت آن را از محلول درآورده خشک کرده و دوباره داخل محلول سولفات سدیم میکنیم. این عمل را ۵ بار تکرار میکنیم با توجه به خوردگی که محلول روی مصالح انجام میدهد مقدار افت وزنی پیدا میکنند این افت وزنی پس از هر آزمایش نباید بیشتر از ۸ درصد باشد و درصورتیکه افت وزنی بیشتر از ۸ درصد باشد به مصالح مصالح کم دوام اطلاق میشود

تمیزی مصالح: تمیزی مصالح توسط آزمایش S.E (هم ارزماسه) صورت میگیرد. هرچه لایه بالاتر باشد یا میزان تردد بیشتر باشد تمیزی مصالح مصرفی در لایه های آسفالتی هم باید بیشتر باشد

میزان تردد	رویه	اساس
سنگین	۵۰	۳۰
سبک و متوسط	۴۵	۳۵

- خصوصیات سطح و شکل دانه ها: دانه ها باید سطوح زبر و لبه های تیز داشته باشند لبه های تیز باعث میشود مصالح در یکدیگر بهتر قفل و وصل شوند و سطوح زبر باعث میشود چسبندگی قیر به مصالح بهتر باشد تا پایداری، استقامت، دوام و مقاومت آسفالت بالا رود. جهت تعیین درصد شکستگی نمونه را روی الک شماره ۸ می ریزیم. تک تک دانه ها را بررسی میکنیم برای لایه رویه یا توپکا باید ۱۰۰ درصد لایه ها حداقل در ۲ وجه شکسته باشند و برای لایه آستر حداقل ۷۵ درصد دانه ها در ۲ وجه شکستگی داشته باشند

برخی از انواع سنگ ها، مثل سنگ های سیلیس پس از شکسته شدن لبه های تیز خوبی دارند و خوب در یکدیگر قفل و وصل میشوند ولی سطوح صاف و صیقلی دارند این نوع سنگ ها چسبندگی خوبی ندارند. (قیر و مصالح سنگی چسبندگی خوبی ندارند) توصیه میشود از این سنگ ها در آسفالت استفاده نکنیم. نمونه سنگ های دیگر هستند که به آن دانه های پولکی یا سوزنی یا دانه های پهن

در آزمایش این نوع هم مقاومت فوق را نیز برای تشخیص این نوع دانه ها مصالح مانند روی الک $\frac{1}{4}$ را بررسی میکنیم. درصورتی که بزرگترین بعد دانه به کوچکترین بعد دانه بیشتر از ۵ باشد این دانه ها جزو دانه های پولکی محسوب میشوند.

انواع مختلف آسفالت های گرم:

۱- بتن آسفالت ماستیک ۲- رولد آسفالت ۳- بتن آسفالت

متداول ترین آسفالت گرم بتن آسفالت است.

از تفاوت های این انواع مختلف آسفالت میزان فیلر مصرفی و نوع فیلر مصرفی است.

میزان فیلر مصرفی	۱۱-۱۷٪	۵-۱۴٪	۴-۷٪	
درجه نفوذ	۲۰-۳۰	۴۰-۷۰	۴۰-۱۰۰	

جهت تهیه بتن آسفالتی مصالح را با درجه حرارت ۱۴۰ تا ۱۷۰ سانتی گراد میدهیم و فیلر را هم جداگانه در بشقابی به نوع فیلر تا حداکثر ۱۶۳ سانتی گراد میدهیم سپس این دو را با سانتی گراد مخلوط میکنیم پس از مخلوط شدن و حمل آن به پای کار و اولین غلطک زنی درجه حرارت نباید کمتر از ۱۰۷ سانتی گراد باشد. مصالح مصرفی جهت نگهداشتن دانه بندی و بالا بردن کیفیت دانه بندی بصورت مختلف درصدهای مختلف مصرف میشوند و از اختلاط این دانه بندی ها دانه بندی اصلی بدست می آید. این دانه بندی ها را معمولاً به ۳ دسته درشت، ریز و فیلر تقسیم بندی میکنند. دانه بندی های درشت اعلب دانه های روی الک ۸ یا ۱۰ باقی می مانند. دانه بندی فیلر اعلب دانه های از الک ۲۰۰ رد میشوند و دانه بندی ریز به حدفاصل این ۲ دانه بندی گفته میشود. فیلر نقش مهمی را در استقامت آسفالت دارد. فیلر عبارت از آن مصالح رسی ولای دار خاک است فیلر پودر سنگ یا پودر خاک سنگ است. در اغلب کشورهای غربی بجای فیلر از سیمان استفاده میشود که باعث بالا رفتن استقامت آسفالت میشود.

۱۵ روسازی راه

- فیلر: پودر خاک سنگ یا سیمان

اگر میزان فیلر به اندازه کافی انتخاب شود باعث میشود که مقاومت نهایی آسفالت بالا برود و در مقابل آب، آب بند شود. با افزایش فیلر مقطع اصطلاحاً توپُر میشود و مقاومت برشی افزایش پیدا میکند چون فیلر در خلل و فرج دانه های بزرگتر قرار میگیرد باعث میشود که وزن مخصوص آسفالت بالا برود که خوبش باعث کاهش تغییر شکل میشود و نهایتاً در برابر شکنندگی و خزیدن مقاومت و استقامت بالاتری خواهد داشت ولی در صورتیکه میزان فیلر بیش از حد مورد نیاز باشد در اینجا چون با افزایش فیلر جذب قیر هم زیاد میشود آسفالت حالت نرمی پیدا میکند و این نرم شدن باعث میشود که در موقع غلتک زدن آسفالت کارپذیری خودش را از دست بدهد یا اصطلاحاً زیر چرخ غلتک ها فیلیه شود.

با افزایش فیلر اصطکاک بین دانه ها کم میشود و پایداری آسفالت پایین می آید و مهمترین عیبی که با افزایش فیلر آسفالت پیدا میکند این است که فضای خالی آسفالت پر میشود. یکی مقدار فضای خالی در آسفالت لازم داریم بخاطر این که در فصل گرما وقتی که قیر از دیاد حجم پیدا میکند از این فضای خالی استفاده میکند و در صورتی که این فضا را نداشته باشیم اصطلاحاً قیر بالا میزند.

در مورد فضای خالی بتن آسفالتی ۳ عامل دخیل اند:

۱- تراکم پذیری آسفالت: که هر چقدر بیشتر بکوبیم این فضای خالی کمتر خواهد شد.

۲- درصد قیر مصرفی: با افزایش مصرف قیر فضای خالی کم میشود.

۳- دانه بندی مصالح سنگی: که با افزایش ریز دانه چون باعث جذب بیشتر قیر میشود این فضای خالی را محدود میکند

به همین دلیل این فضای خالی بتن آسفالتی حدوداً بین ۲ تا ۶ درصد باید باشد و معلوبش ۳ تا ۴ درصد است.

بنابراین اهمیت زیاد فیلر دانه بندی هم برای این مصالح در نظر گرفته شده است.

شماره الک	۲۰۰	۱۰۰	۳۰
درصد رد شده	۷۰-۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۱۰۰

۱۵،

سایز آرماتور	۲۵	۱۹	۱۲٫۵	۹٫۵	۴	۸	۱۰	۵۰
دانه بندی ب (توپکا)	--	۱۰۰	۸۰-۱۰۰	۷۰-۹۰	۵۰-۷۰	۳۵-۵۰	۱۹-۳۰	۱۳-۲۱
دانه بندی ج (بیندر)	۱۰۰	۸۰-۱۰۰	۹۸-۸۸	۹۰-۸۰	۴۸-۹۵	۳۵-۵۰	۱۸-۲۹	۱۳-۲۳

	۱۰۰	۲۰۰
	۸-۱۴	۴-۱۰
	۷-۱۵	۱-۸

چند دانه بندی از اهداف سازمان برنامه و بودجه توصیه شده است.

همچنین دستگاه ها با آن می توانند از این محل سایز دانه های مورد نیاز را تهیه کنند.

دستگاه های مصرف کننده چند دانه بندی (درشت، ریز و نرمال) از اهداف و برنامه کار به دستگاه نظارت معرفی میشود. با یک صورت اختلاط که چند درصد از آن ها باید با هم ترکیب شود که از اختلاط این ۳ دانه بندی، دانه بندی جدیدی بدست می آید که باید از محدوده آیین نامه قرار گیرد. بعضی وقت ها دستگاه نظارت اگر خطایی هم در اندازه های روشه از آرماتور داشته باشد قبول میکند و آن هم فقط در یک آرماتور و در محدوده مجاز که فضای مجاز بستگی به سایز آرماتور دارد (هرچه درشت تر باشد خطا میتواند بیشتر باشد.

سایز آرماتور	≥ #۱۴۵	#۴-۹٫۵	#۱۶-#۸	#۵۰-#۳۵	#۱۰۰	#۱۵۵
فضای مجاز	±۸	±۷	±۶	±۵	±۴	±۳

فرضاً در دانه بندی ۱ inch درصد رشته از آرماتور شماره ۴۰، ۷۳ باشد آیا با توجه به آنکه فقط در همین یک آرماتور خطا داریم آیا دانه بندی قبول است یا خیر؟

فضای مجاز ±۷ است که در رشته ۴ بین ۴۸-۶۵ است و محدوده مجاز بین ۴۱ تا ۷۲ باشد که ۷۳ عدد قابل قبول است (دانه بندی بیندر)

با توجه به سایز درشت ترین آرماتور حدود ضخامت پخش شده را به طور مشخص میکنیم ۲ برابر سایز آرماتور (درشت ترین آرماتور) حدود ضخامت لایه پخش شده است

بیندر ← حداقل ضخامت ۵cm توپکا ← حداقل ضخامت ۴cm

و حداکثر ضخامت لایه ۳ برابر بزرگترین آرماتور است.

بیندر ← ۷٫۵cm توپکا ← ۹cm

۱۷

روسازی بتنی

- قید مصنوعی:

مقدار قیدی که باید با دانه بندی بدست آمده مخلوط شود باید اولاً مقرون به صرفه باشد این مقدار قید باید بتواند آسفالت را آب بندی کند، در موقع پخش، کارپذیری داشته باشد نه خیلی زیاد باشد که قید بالا بزند و نه خیلی کم باشد که دانه ها از هم جدا شود و به اندازه ای باشد که مقاومت و ضخامت مورد نیاز را تامین کند حدود آ این مقدار ۴ تا ۷ درصدند و با توجه به شرایط آب و هوایی قیدی را با درجه نفوذ انتخاب میکنیم

قیدهای متعارف:

۶۰/۷۰ ← گرمسیر (تیرماه گرم)

۸۵/۱۰۰ ← سردسیر

برای مشخص شدن چند نوع درصد قیدی روش کار را در ۱۰ مرحله آغاز می کنیم

مرحله ۱: انتخاب مصالح سنگی درشت، ریزدانه و فیلر

" ۲: انتخاب حدود دانه بندی مطلوب

" ۳: درصد اختلاط که چند درصد فیلر، ریزدانه درشت دانه مخلوط شوند تا در محدوده آیین نامه قرار بگیرند

" ۴: تعیین چگالی مصالح درشت، ریز و فیلر

" ۵: تهیه نمونه بتن آسفالتی با درصدهای قید مختلف

" ۶: تعیین چگالی نمونه های ساخته شده

" ۷: انجام آزمایش استقامت (مارشال)

" ۸: محاسبه درصدهای حجمی مصالح سنگی و محاسبه درصد فضای خالی بتن آسفالتی

" ۹: رسم منحنی های آزمایش مارشال

" ۱۰: تعیین درصد قید بهینه.

- مرحله ۱: یک سری مصالح درشت، ریز و فیلر را آنالیز الک می کنیم سپس آزمایش های مثل لس آنجلس، درصد شکستگی، مقاومت، SE، حدود اتربرگ بررسی میکنیم در صورتی که مصالح مورد تایید بود چند سری دانه بندی از مصالح با کیفیت مناسب در اختیار خواهیم داشت.

- مرحله ۲: یکی از دانه بندی های آیین نامه را انتخاب میکنیم. با توجه به سرعت لایه

- مرحله ۳: درصد اختلاط

۱۶/

۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۳۰	۸	۴	۹/۵	۱۹	۲۵	
۹/۵	۲	۷	۱۲	۲۵	۳۴	۶۸	۹۰	۱۰۰	A مصالح ۹۵٪
۱	۹	۱۸	۳۵	۷۲	۹۷	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	B = ۳۰٪
۸۶	۹۲	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	C = ۵٪
۱-۸	۷-۱۵	۱۳-۲۳	۱۹-۳۰	۳۵-۵۰	۳۸-۹۵	۶۰-۸۰	۸۰-۱۰۰	۱۰۰	حدود مطلوب

مصالح A : ماندوی رنگ ۵ ریز ← درشت رانه . مصالح بیشتر از رنگ ۱۰ درشته نیز

مصالح B : بین رنگ ۸ تا ۱۰ هستند ← ریزدانه

تعیین مصالح درشت دانه :

درصد مصالح A = (درصد وزن مصالح مطلوب روی رنگ ۴ / (میزان رنگ ۸ و ۱۰ که انتخاب کرد)) = ۱۰۰ − ۵٪ / ۱۰۰ − ۳۴ × ۱۰۰ = ۶۵٪

تعیین مصالح ریز :

درصد مصالح C = (درصد وزنی مصالح مطلوب رد شده از ۲۰۰ / ۲۰۰) = ۴/۵ / ۸۶ × ۱۰۰ = ۵٪ ، B = ۸۰٪

بدین ترتیب درصدهایی را در اختلاط با فرمول کارگاه اعمال می‌شود .

حال برای این که ببینیم این دانه‌بندی مطلوب ما میدهد درصدها را امتحان می‌کنیم

۰/۱	۵	۸	۱۶	۲۲	۴۲	۵۹	۶۸
۰/۳	۵/۵	۱۱	۲۲	۲۹	۳۰	۳۰	۳۰
۴	۴/۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
----	۴۵	۵۶	۷۷	۹۴	۱۰۰		

اگر حدود اختلاط (۶۰ و ۲۵ و ۵) درصد را قرار بگیرد باز هم قابل قبول است .

بهترین دانه‌بندی آن است که در وسط محدوده قرار بگیرد .

روسازی راه ۱۷

روش مقاومت چند مجموعه ای : در این روش ملات ، آب و ۳ دانه مصالح درشت ، ریز و فیلر هستند که مجموع آن ها برابر عدد ۱۰۰ میشود برای این ۳ مصالح ۲ ترکیب انتخاب میکنیم فرضاً یک ترکیب شماره ۱ و شماره ۲ و برای هرکدام از ترکیب ها این رابطه را تکمیل میکنیم

$$aX+bY+cZ=100T$$

که a و b و c بترتیب درصدهای رد شده از الک مورد نظر برای مصالح درشت، ریز و فیلر هستند و T درصد رد شده برای دانه بندی مطلوب است

فرمول (در حالت بتن) برای ترکیب ۱ : $37X+9Y+10Z=100(57/5)$

ترکیب ۲ : $0/5X+Y+8/6Z=100(41/5)$

کارگاه : $X+Y+Z=100$

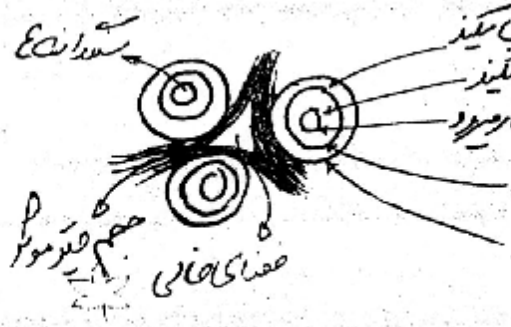
$X=48$ ، $Y=30$ ، $Z=5$

مرحله چهارم تعیین چگالی مصالح درشت، ریز، فیلر و قیر است. ابتدا چگالی مصالح درشت، ریز و فیلر را جداگانه بدست می آوریم و برای بدست آوردن چگالی مخلوط از رابطه زیر استفاده میشود:

$$G_{sb}=\frac{P_1+P_2+P_3}{\frac{P_1}{G_1}+\frac{P_2}{G_2}+\frac{P_3}{G_3}}$$

که P_1 و P_2 و P_3 بترتیب درصد مصالح درشت، ریز و فیلر هستند. G_3 و G_2 و G_1 بترتیب چگالی مصالح درشت، ریز و فیلر اند.

مجموع P_1 و P_2 و P_3 میتواند برابر ۱۰۰ باشد و میتواند برابر ۱۰۰ نباشد در حالتی که P_1 و P_2 و P_3 درصد مصالح سنگی آسفالت باشد یعنی $P_1+P_2+P_3+P_b=100$ ، P_b درصد قیر. چگالی قیر بدست می آید سنگی را که چه حجمی را برای مصالح سنگی در نظر گرفت. وزن مصالح سنگی ثابت است ولی با توجه به حفره های موجود در داخل سنگ دانه ها، حجم های متفاوتی برای مصالح سنگی میتوان در نظر گرفت.



قسمتی از حجم قابل نفوذ دانه که قیر جذب میکند

حجمی که در محاسبات اختلاط چگالی بکار میرود

~ ~ مؤثر ~ ~

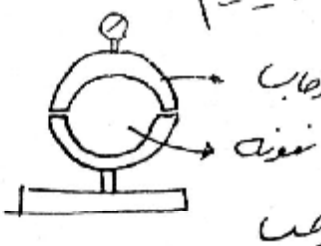
~ ~ واقعی ~ ~

آنرا حجم را در نظر میگیریم که شامل فضاهای خالی و یا حجم حفره ها در نظر گرفته
نشده باشد این حجم را بیمال حفره هوای استفاده میشود و اگر حجم را در نظر بگیریم
که تمام حفره ها هم حجمشان محسوب شده باشد این چگالی، چگالی واقعی است.
و اما چگالی موثر که در اغلب محاسبات این چگالی در نظر گرفته میشود حجمی از
سنگدانه هاست که شامل حجم خود سنگدانه و قسمتی از حفره های بافته
و نشده باشند

مرحله پنجم: تهیه نمونه های بتن آزمایشی با مصالح سنگی و درصدهای قیر مختلف
میدانیم که در تعیین مقدار بهینی قیر مصرفی در بتن آسفالتی معمولاً از ۴ تا ۷ درصد است. در
نتیجه نمونه هایی با ۴، ۴/۵، ۵، ۵/۵، ۶، ۶/۵ و ۷ درصد قیر تهیه میکنیم از هر کدام
از نمونه ها ۳ نمونه تهیه میشود (جمعاً ۲۱ نمونه). تهیه نمونه ها به این
صورت است که مصالح سنگی و قیر مورد نظر جداگانه گرم و سپس مخلوط میشوند
و در ظرف نمونه که حالت استوانه ای شکل دارد به ارتفاع ۷/۵cm و
قطر قاعده ۱۰cm داخل این ظرف ریخته میشود وزن نمونه در ابتدا ۱۲۰۰gr
انتخاب میشود با یک وزنه ۴/۵kg از ارتفاع ۴۵cm نمونه را چندین بار میکوبیم
۳۵ و ۵۰ و یا ۷۵ مرتبه کوبیده میشوند. این تعداد ضربات بستگی به محل محدوده
قیر دارد. در ترافیک کم ۳۵ و متوسط ۵۰ و زیاد ۷۵ در نظر گرفته میشود
پس از تراکم نمونه ارتفاع حدود ۶/۳۵cm اعمالاً پیدا خواهد کرد در صورتی
که کمتر یا بیشتر باشد نمونه بعدی تعداد ضربات میزان وزن بدین شکل یا کمتر
از ۱۲۰۰ یا بیشتر شد. فرضاً ارتفاع بجای ۶/۳۵ عدد ۶/۵۰ بدست آمد
وزن نمونه بعدی که کمتر انتخاب میشود $\frac{6/35}{6/50} \times 1200 = \cdots$

مرحله ۶: تعیین چگالی نمونه های ساخته شده است. نمونه های ساخته شده
که به تراکم رسیده باشند در صورتی که شکل ظاهری و هندسه منظم داشته
باشند میتوان براحتی حجم را بدست آورده از تقسیم جرم به وزن چگالی
بدست آورد. در صورتی که حجم را در نمونه بدین نامنظم شده باشد
آن ها را داخل ظرف آبی انداخته تا حجم بدست آید برای آن که آب

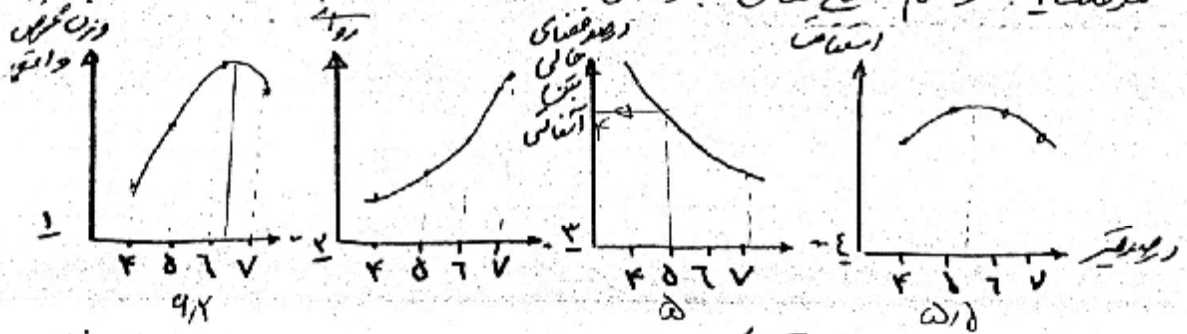
۱۸

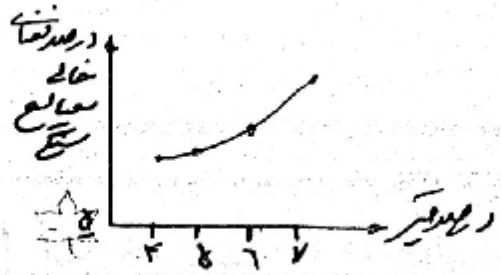


مرحله ۷: انجام آزمایش استقامت:

مرحله ۸:

مرحله ۹: رسم منحنی های مارشال:





از ۵ منحنی، ۳ تا بعنوان منحنی های اصلی اند و با راستهای تعیین کننده اند و ۲ تا منحنی کمکی یا تکمیل کننده هستند ۳ منحنی اصلی منحنی های ۱ و ۳ و ۴ هستند

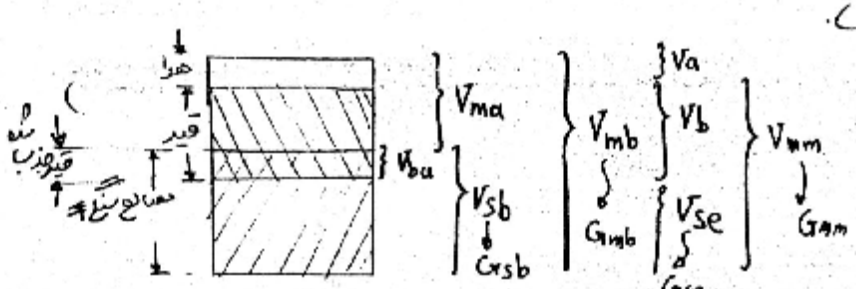
۱۸

در رسم سنفی ها هدفمان از نقاط روی سنفی میانگین ۳ عدد هستند مرحله ۱۰: تعیین درصد قیر بهینه است، در اینجا با توجه به ۳ سنفی اصلی درصد قیر بهینه مشخص میشود. ما میانگین بیشترین وزن مخصوص با درصد قیر امکان پذیر است همین کار را برای استقامت هم انجام میدهیم. درصد فضای خالی بتن آسفالتی مطلوب حدود ۲ تا ۶ درصد است (محدوده مجاز) مطلوبش حدود ۳ تا ۴ درصد است فرض کنیم ۴ درصد فضای خالی بتن آسفالتی درخواست میشود و بینیم این ۴ درصد با چه درصد قیری امکان پذیر است.

۵ ← سنفی ۳ ۵۱۵ ← سنفی ۴ ۶/۲ ← وزن مخصوص

میانگین این ۳ عدد درصد بهینه را میدهد $\frac{6/2+5/15+5}{3}=5/16$

حال عدد ۵/۱۶ را روی ۵ سنفی پیاده میکنیم باید که با درصد قیر بهینه این ۵ عامل در محدوده مجاز آئین نامه واقع شوند درصورتی که درصد قیر بهینه در محدوده مجاز آیین نامه نباشد (حتی یک مورد) باید کلاً طرح اختلاط عوض شود که میتوان این تعریف بود جنس مصالح سنگی، نوع دانه بندی و یا نوع قیر شد. عواملی که در تعیین درصد قیر بهینه موثرند علاوه بر ۵ عامل، نوع تراکم و محل قرارگیری لایه است.



بتن آسفالتی شامل قیر، مصالح سنگی و حفره‌ها داخل این ترکیب است یک مقدار از قیر مصرفی در قسمت هایی از فضای خالی مصالح سنگی نفوذ پیدا کنند که حجم قیر نفوذی V_{ba} است. V_{ma} فضای خالی مصالح سنگی است. V_{sb} حجمی است که در حجمی واقعی مصالح سنگی بکار میرود. V_{mb} حجمی است که در حجمی واقعی بتن آسفالتی بکار برده میشود. V_a: حجم فضای خالی بتن آسفالتی، V_b حجم قیر مصرفی و V_{se} حجمی است که در حجمی موثر مصالح سنگی یا G_{se} بکار می رود

19

روسازی راه

V_{mm} حجمات که برای تعیین G_{mm} چگالی آزمایشگاهی ... چگالی آزمایشگاهی
یا تئوری بتن آسفالتی بکار برده میشود و این همان چگالی بدون تخلخل بتن آسفالتی است.

$$G_{sb}=\frac{P_1+P_2+P_3}{\frac{P_1}{G_1}+\frac{P_2}{G_2}+\frac{P_3}{G_3}}\quad ,\quad G_{se}=\frac{100-P_a}{\frac{100}{G_{mm}}-\frac{P_b}{G_b}}\quad ,\quad P_{ba}=100\,\frac{G_{se}-G_{sb}}{(G_{se})(G_{sb})}G_b$$

$$P_{be}=P_b-\frac{P_{ba}}{100}\times P_s \qquad V_{MA}=100-\frac{G_{mb}\times P_s}{G_{sb}}$$

$$P_a=100\,\frac{G_{mm}-G_{mb}}{G_{mm}} \qquad P_c=100\,\frac{V_{MA}-P_a}{V_{MA}}$$

G_{sb} چگالی واقعی مصالح سنگی است P_1 و P_2 و P_3 بترتیب درصد مصالح سنگی درشت، ریزدانه فیلر است G_1 و G_2 و G_3 بترتیب چگالی مصالح درشت، ریزدانه فیلر G_{se} چگالی مؤثر مصالح سنگی و P_b درصد قیر مصرفی است. G_b چگالی قیر و G_{mm} حداکثر چگالی تئوریک یا آزمایشگاهی بتن آسفالتی است. P_{ba} درصد وزنی قیر جذب شده توسط مصالح سنگی است. P_{be} درصد قیر موثر بتن آسفالتی است V_{MA} درصد فضای خالی مصالح سنگی و P_s درصد مصالح سنگی در بتن آسفالتی است P_a درصد فضای خالی بتن آسفالتی و P_c درصد فضای خالی از مصالح سنگی که با قیر پوشانده شده است

مثال: مطلوبست تعیین درصد وزنی قیر جذب شده توسط مصالح سنگی، درصد فضای خالی مصالح سنگی و درصد تخلخل بتن آسفالتی در نمونه ای با مشخصات زیر:
چگالی قیر ۱٫۰۱، درصد وزنی قیر ۹٫۹۹، چگالی واقعی مصالح سنگی درشت ۲٫۶۰۶
درصد سنگ‌دانه مصالح سنگی درشت ۵۱٫۴۵، چگالی واقعی مصالح سنگی ریز ۲٫۷۱۱،
درصد وزنی مصالح سنگی ریز ۳۴٫۲۴، چگالی فیلر ۲٫۶۹۷، درصد وزنی فیلر ۷٫۳۵
چگالی واقعی بتن آسفالتی ۲٫۳۴۴، حداکثر چگالی تئوریک بتن آسفالتی ۲٫۴۳۸

۱۹/

$$G_{sb}=\frac{۵۱/۴۵+۳۴/۱۲+۷/۳۵}{\frac{۵۱/۴۵}{۲/۶۰۶}+\frac{۳۴/۱۲}{۲/۷۱۱}+\frac{۷/۳۵}{۲/۶۹۷}}=۲/۶۵۱$$

$\sum P_i$ ← برابر ۱۰۰ و یا مخالف ۱۰۰ (کسر تقاضی / مابقی تا ۱۰۰ قیدات)

$$G_{se}=\frac{۱۰۰-۶/۹۶}{\frac{۱۰۰}{۲/۴۳۸}-\frac{۶/۹۶}{۱/۰۱}}=۲/۷۲۶$$

$۱۵٪ < V_{MA}$ مجاز $< ۲۰٪$

$$P_{ba}=۱۰۰\frac{(۲/۷۶-۲/۶۵)}{(۲/۷۲۶)(۲/۶۵۱)}=۱/۰۴۸\ ,\ V_{MA}=۱۰۰-\frac{۲/۴۴۸}{۲/۶۵۱}(۱۰۰-۶/۹۶)=۱۷/۷۳۶$$

$P_s=۱۰۰-P_b$ $\qquad P_a=۱۰۰\frac{۲/۴۳۸-۲/۴۴۸}{۲/۴۳۸}=۳/۸۵۶$

از ۶/۹۶ رطد ۱ درصد جزب میشود و مابقی آن قیر موثر است.

$$P_{ba}=۶/۹۶-\frac{۱/۰۴۸}{۱۰۰}\times ۹۳/۰۴=۵/۹۸۵$$ قیر موثر

- تهیه و اجرای بتن آسفالتی:

در بتن آسفالتی که در کارخانه ی مرکزی تهیه میشود معمولاً به ۲ روش منقطع یا پیوسته است.

در روش منقطع تعدادی از مصالح سنگی و مقدار معینی از قیر جداگانه سرند شده با هم مخلوط شده و مقدار مشخصی آسفالت بدست می آید

در روش پیوسته مقادیر مشخصی از مصالح سنگی و قیر پیوسته با کالیبره کردن دوزی این مصالح به دستگاه آسفالت تهیه میشود و سرتاسر آسفالت در حال تهیه است. ظرفیت کارخانه ی معمولاً از $۶۰ ton$ به بالا است (تا $۱۲۰ ton$ و $۵۰۰ ton$ هم داریم) (منظور در ساعت است). اجرای لایه های بتن آسفالتی به ۲ مرحله تقسیم بندی میشود:

۱- حمل آسفالت: حمل آسفالت معمولاً توسط کمپرسی های ۲ محوره باید صورت گیرد تا حرارت آسفالت از کارخانه تا پای کار کاهش کم باشد یا از بین نرود.

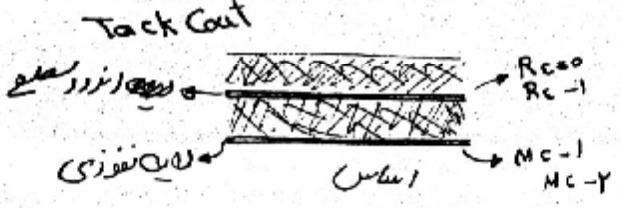
درجه حرارت آسفالت زمانی که به محل کار میرسد نباید از ۱۲۰° کمتر باشد

پخش میکنیم و در صورت بارانی بودن هوا پاشی و آسفالت بصورت میکسر و در روی زمین تر و خیس آسفالت پخش نمیکنیم

۳- پخش متن آسفالت و پخش آسفالت توسط دستگاهی بنام Finisher صورت میگیرد که خاصیت Finisher در این است که آسفالت را با ضخامت یکسان با عرض مشخص و بدون قاب کناری آسفالت را پخش میکند که Finisher متفاوت و ضخامت ها و عرض های مختلف عمل میکنند بعنوان مثال تا ضخامت 25cm و عرض 4m را در آن واحد پخش کند.

۴- به تراکم رساندن لایه ها پخش شده است، عمل تراکم توسط غلتک های ثقیل ستفاده صورت میگیرد در وهله اول از غلتک های چرخ فولادی استفاده میشود در این مرحله حداقل درجه حرارت در اولین نوبت غلتک زنی باید بیشتر از 140°C باشد. وزن این غلتک ها حدود 10 تا 12 تن است.

وهله دوم پس از چرخ فولادی از چرخ لاستیکی استفاده میشود وزن این غلتک ها حدود 17 تن است و چرخ ها داخل آسفالت فرو می روند و یک سوراخ های آسفالت را از لحاظ عرضی به تراکم میرسد در این مرحله حداقل درجه حرارت 85°C است. در وهله سوم دوباره از غلتک های چرخ فولادی استفاده میشود که حداقل درجه حرارت در این زمان 70°C باید باشد. در این قسمت هدف از غلتک زدن با چرخ فولادی به تراکم لایه نهایی در این قسمت برای از بین بردن شیار و ناهمواری هایی است که توسط چرخ های غلتک های چرخ لاستیکی بوجود آمده است.



در مورد حرکت غلتک ها، باید حرکت مستقیم باشد و تغییر جهت ناگهانی نداشته باشد روی آسفالت داغ نزنند روی آسفالت تازه پخش شده توقف نکنند برای آن که آسفالت به چرخ ها نچسبد مجهز به آبپاش باشد و سرعت حدود $5\frac{km}{h}$ باشد

۲۵

دوراوین غلتک زدن نباید از ۱۵۷°C کمتر شود

۲- آماده کردن سطح راه: بستر یک آسفالت پخش آسفالت است باید سطح صاف، هموار، متراکم و یکنواخت باشد اگر چاله‌ای مشاهده میشود آن ها باید پر شوند و فقره سنگ‌های موجود در سطح راه را باید جمع آوری کرد. و قبل از این که لایه آسفالتی بر روی لایه زیر آسفالتی اساس پخش شود باید که این بستر قیر پاشی شود. قیر مصرفی قیر های محلول MC-1 یا MC-2 است مقدار مصرفش باید $\frac{1}{2}$ تا $\frac{1}{3}$ lit/m^2 است این قیر پاشی را اندود نفوذی یا اصطلاحاً Prime Coat گوییم. باید بصورت منظم و پیوسته با رشته‌های قیر پاشی و با فشار بر سطح لایه پاشیده شود نه بصورتی که در سطح شیار پاشیده شود. پس از ۲۴ ساعت تا ۷۲ ساعت روز متوالی روی لایه قیر پاشی شده آسفالت را اجرا کرد. هدف نفوذ قیر به خلل و فرج لایه زیر آسفالتی و از بین رفتن خلل قیر های محلول است.

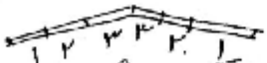
بعد از اینکه لایه پخش شد اگر قسمتی از لایه آسفالت هنوز باقی مانده باشد (معمولاً ابتدا بستر را اجرا و پس قیر پاشی را اجرا میکنیم)

و سطح لایه کثیف شود معمولاً بر اساس بارندگی و رفت و آمد اتومبیل ها و مدتی از عمر لایه اول گذشته باشد قبل از اجرای لایه آسفالتی جدید باید سطح لایه قدیم قیر پاشی شود. که به این قیر پاشی اندود سطحی یا Tack Coat اطلاق میشود. قیر مصرفی قیر محلول RC-0 , RC-1 است و مقدار مصرفش ۲۰۰ تا ۹۰۰ گرم در متر مربع است.

در مقدار اجرای لایه Tack Coat پخش نمودن آن به مراتب بهتر از زیاد پخش کردن آن است بنحوی که از این قیر Tack Coat باعث میشود خلل و فرج مصالح سنگی پر شود و در فصل گرما اصطلاحاً قیر بالا بیاید و آسفالت را چار قیر زدگی شود و پس از قیر پاشی میتوان لایه بعدی بالایی آسفالت را پخش کرد (مدت زمان چند ساعت تا نیم روز است)

در رجه حرارت کمتر از ۱۰°C قیر پاشی نکنیم و در کمتر از ۵°C آسفالت

سرعت های زیاد باعث میشود سطح آسفالت موج دار یا شسته و یا آسفالت
خیلی نرم باشد باعث قیله شدن آسفالت زیر چرخها میشود.
در حدت غلتک ها معمولا با غلتک هایی حدود 10 تا 15 تن — روی آسفالت قدیم
overlab یا همپوشانی داشته باشد. تمام غلتک ها میتوانند مجهز به دستگاه آب
باشند و غلتک زدن از پایین ترین نقطه طرف بالاترین است. اول باید از بعد ۲
و سپس ۳ غلتک زنی میشود



د - کنترل های لازم است. این سری کنترل ها و آزمایش هایی قبل از بخش
آسفالت و یک سری در حین بخش آسفالت و یک سری پس از بخش آسفالت داریم
قبل از بخش آسفالت کلا ترفیعی سطح را باید برداشت شود و سطح راه را
از لحاظ تکنواختی و هموار بودن کنترل میکنیم و حین بخش آسفالت شیب عرضی
و طولی را کنترل میکنیم (حدود ۲ تا ۲/۵ درصد) و حین بخش میتوان از آسفالت
بخش شده نمونه برداری هم کرد. و نهایتا بعد از بخش آسفالت کلا ترفیعی
سطح را به جهت تعیین ضخامت آسفالت بخش شده و نمونه برداری از آسفالت
جهت تعیین درجه تراکم میتوان برداشت کرد.

فصل ۸ بارگذاری

هدف از این فصل آشنایی با تاثیر نیروهای وارده توسط چرخ های وسایل نقلیه
بر سطح روسازی و میزان تنش ها و تغییر شکل های کلی در لایه های مختلف روسازی
است با توجه به نیروهای مختلفی که بر سطح روسازی وارد میشود یک سری
خرابی هایی پیش می آید که این خرابی ها هرچه وزن وسایل نقلیه بیشتر
باشد به نسبت توان ۴ وزن خرابی بیشتر میشود یعنی اگر وزن وسیله نقلیه ۲
برابر شود به تاثیر منفی یا خرابی ۱۶ برابر میشود برای اینکه تاثیر وسایل نقلیه
مختلف با وزن های متفاوت و محورهای مختلف یکسان سازی شوند محور معادل
یا محور هم ارز توسط آیین نامه ها معرفی شده است که مهمترین آن یک بار
هم ارز آیین نامه آشتو یا محور ساده ۸/۲ تن است یعنی

تمام وسایل نقلیه با وزن کم و محورهای متفاوت تبدیل به محور ساده ۸/۲ تن میشود (۱۸۰۰۰ lb) برای طراحی مقطع روسازی باید میزان ترافیک را در طول ۲۰ سال آینده بر حسب محور ساده ۸/۲ T معرفی کرد و با داشتن مشخصات خاک بستر و قابلیت تحمل نوع خاک بستر طراحی روسازی شروع میشود و قبل از این دو مفهوم مشخص کنیم در مقدمه از هر لایه یا خاک بستر تا شیب بارگذاری به چه صورتی است برای این منظور از سیستم های چند لایه ای استفاده میشود سیستم های چند لایه ای بنا بر این است که مقطع روسازی از چند لایه تشکیل شده اند و هر لایه ویژگی و مشخصات مخصوصی دارد (سیستم های ۱ و ۲ و ۳ لایه ای را بررسی میکنیم که بصورت دستی امکان پذیر است ولی سیستم های چند لایه ای بیشتر باید توسط نرم افزارهای کامپیوتری صورت بگیرد.

در سیستم های چند لایه ای چند فرض را باید قبول کرد:

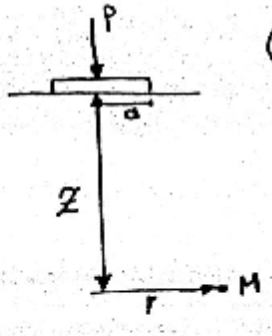
۱- ضخامت لایه در تمام نقاط یکسان است

۲- جنس لایه در کل نقاط یکسان است

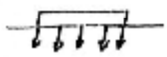
۳- اصطکاک کامل بین لایه ها وجود دارد. و هنگام بارگذاری بصورت نیروی فشاری قائم وارد میشود.

سیستم تک لایه ای:

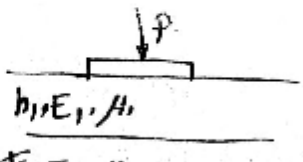
در این سیستم بارگذاری بصورت بار متمرکز بر روی صفحه بارگذاری که بصورت دایره ای شکل است به شعاع a وارد میشود. قطر صفحه بارگذاری برای طراحی روسازی های راه 30^{cm} و برای فرودگاهها 75^{cm} است. هندسه از این معرفی میشود. عمق نقطه مورد نظر Z و فاصله شعاعی نقطه مورد نظر r است تا بتوانیم نقطه مورد نظر M را مشخص کنیم در این سیستم با فاکتورهای به دست آمده تنش فشاری قائم یا تغییر شکل های لازم را بدست آورد



در روابط صفحه ۳۴۶ مقدار توابع A و B را از جداول صفحه ۳۴۷ تا ۳۵۱ بدست می آریم.
برای بدست آوردن این توابع ۲ مقدار $\frac{z}{a}$ و $\frac{r}{a}$ را داریم که شعاع تحصیل مورد نظر و فاصله از زیر محور بارگذاری و طول بارگذاری است. مقدار تابع B (a=۱۵) $B=0/۴۳۵۳۵۵$ است و مقدار تابع A $A=0/۲۹۲۸۹$ است
قطر همیشه $\frac{r}{a}$ است و مقدار $\frac{z}{a}=۲$ (زیر محور) و
در این روابط P بار گسترده است نه بار متمرکز همان بار گسترده ای است که در زیر صفحه بارگذاری داریم



سیستم ۲ لایه ای:
هدف در این سیستم توسط ضخامت h ضریب اثر جابجایی E و ضریب پواسون μ مشخص می شود



در این سیستم σ_z تنش قائم در نقطه مورد نظر مقدار P بار گسترده زیر صفحه بارگذاری Δz کل افت و خیز در سیستم دو لایه ای و Δs افت و خیز در قسمت مشترک ۲ لایه است یا بعبارت دیگر افت و خیز لایه دوم است، α، β و γ را هم میتوان از منحنی های ۳۵۷ بدست آورد شکل ۸-۵ ابتدا با توجه به نسبت $\frac{E_1}{E_2}$ یکی از منحنی ها را انتخاب میکنیم بردی محور عمودی $\frac{z}{a}$ را انتخاب میکنیم و با دانستن این ۲ مقدار روی محور افقی α را انتخاب میکنیم فرض کنیم $E_1=۲E_2$ و عمق هم برابر قطر صفحه بارگذاری باشد

$\frac{z}{a}=۲ \longrightarrow \alpha=0/۲۹$

$\sigma_z=\alpha P$

$\Delta z=A(1/۵)\frac{Pa}{E_2}$

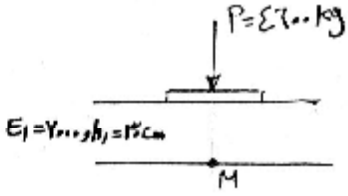
$\Delta s=\gamma\frac{Pa}{E_2}$

برای بدست آوردن β صفحه ۳۵۸ شکل ۸-۶ یکی از منحنی ها را با توجه به $\frac{E_2}{E_1}$ انتخاب و در روی محور افقی نسبت $\frac{H_1}{a}$ را داریم و β بدست می آوریم
فرضاً $E_1=۱۰E_2$ و عمق هم برابر قطر باشد $\beta=0/۳$
برای یافتن γ از ۳۵۹ و ۳۶۰ استفاده می شود ابتدا با توجه به $\frac{E_1}{E_2}$ یکی از سری منحنی ها را انتخاب میکنیم سپس از داخل این سری با توجه به نسبت $\frac{r}{a}$ یکی از منحنی های سری را انتخاب میکنیم بردی محور عمودی $\frac{z}{a}$ را داریم و مقدار γ را بدست

۴۲

تنش افقی بدست نمی آید فرضی $E_1=150$ مقدار ۲ $\frac{r}{a}=2$ و $\frac{z}{a}=2 \leftarrow \delta=0/2$

اول مطلوبست تغییر ضخامت لایه اول و تنش قائم در نقطه M



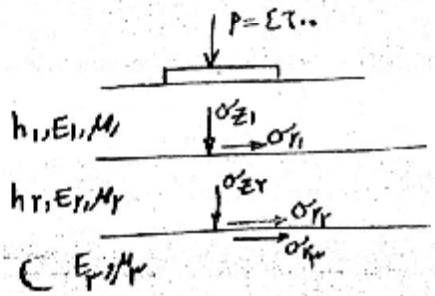
$$P=\frac{27000}{\pi a^2}=6/5\ \frac{kg}{cm^2}$$

$$\sigma_z=0/17\times 6/5=1/1\ \frac{kg}{cm^2}$$

$$\Delta z=0/33\times 1/5\times\frac{Pa}{E_2}=0/42mm$$

$$\Delta s=0/8\ \frac{Pa}{E_2}=0/51mm \quad \Big\} 0/04$$

Δz کل رفت و خیز بین ۵ و ۱۵ (برای حل سیستم قابل قبول است) . Δs که تغییر ضخامت یا نشست یا رفت و خیز فصل مشترک لایه ها است اگر از حل Δz کم شود تغییر ضخامت یا رفت و خیز لایه ای الکه بدست می آید که $E_2=200$ یعنی تنش سیستم یک لایه ای برابر است



$$\sigma_{z_1}=P(zz_1)$$

$$\sigma_{z_2}=P(zz_2)$$

$$\sigma_{r_1}=\sigma_{z_1}-P(zz_1-RR_1)$$

$$\sigma_{r_2}=\sigma_{z_2}-P(zz_2-RR_2)$$

$$\sigma_{r_3}=\sigma_{z_2}-P(zz_2-RR_3)$$

σ_{z_1} تنش قائم در فصل مشترک لایه اول و دوم

σ_{z_2} : " " " " دوم و سوم

σ_{r_1} : تنش افقی در زیر لایه اول

σ_{r_2} : تنش افقی در زیر لایه دوم

σ_{r_3} : تنش افقی در روی لایه سوم است

پارامترهای داخل پرانتز کلا یک عدد است که از روی جداول بدست می آید

برای بدست آوردن این اعداد مقادیر H و k_1 و k_2 و A را لازم داریم

۲۲

$H=\frac{h_1}{h_2}$ $K_1=\frac{E_1}{E_2}$ $K_2=\frac{E_2}{E_3}$ $A=\frac{a}{h_2}$

برای بدست آوردن (ZZ_1) از منحنی های ص ۳۶۳ تا ص ۳۷۰ استفاده میشود هرکدام از این سری منحنی ها با مقادیر k_1 و k_2 مشخص میشود فرضاً $k_1=0/2$ و $k_2=2$ باشد $A=1/2$ و $H=2$ باشد مقدار $ZZ_1=0/02$ ← مجهول قائم

برای ZZ_2 ص ۳۷۱ تا ۳۷۸ بهمین صورت بدست می آید.

۳ پارامتر بعدی از جداول ص ۳۷۹ تا ۳۸۵ هرکدام را با هم بدست می آوریم ابتدا مقدار H را مشخص میکنیم بعد K_1 را محاسبه میکنیم پس از k_1 در زیر ستون K_2 مقادیر مناسب K_2 را انتخاب میکنیم در ستون سمت چپ مربوطه $a_1=A$ است با برداشتن این ۲ مقدار پارامترهای داخل پرانتز را بدست می آوریم

$H=0/5$ و $k_1=k_2=\infty$ و $A=3/2$ بشود ۳ پارامتر به ترتیب ۳/۶۸، ۱۶/۳۸ ، ۱۸/۰ است (ص ۳۸۱)

«تعیین بارهم ارز»

برای اینکه حداقل روسازی را انجام دهیم و خواهیم تمام محورهای مختلف اعم از محورهای منفرد و مرکب همه تبدیل به محور مبنا شوند (محور مبنا محور ساده $8/2t$ است)

حال برای تبدیل هر محوری با هر وزنی برای اینکه تبدیل به محور ساده $8/2$ شود تنها شود احتیاج به ضریب بارهم ارز داریم که این ضریب بارهم ارز که با حروف F نشان میدهیم از رابطه ۸-۱۲ ص ۳۹۳ بدست می آید:

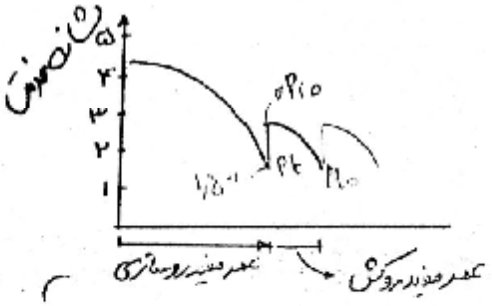
L_1 = وزن محور مورد نظر L_2 ← محور منفرد $L_2=1$ / محور مرکب $L_2=2$

L_{1D} وزن محور مبنا $8/2t$ ← L_{2D} محور منفرد $L_{2D}=1$ / محور مرکب $L_{2D}=2$

α و β و G از ۳ رابطه ۸-۲۰ و ۸-۱۹ و ۸-۱۸ بدست می آید در این ۳ رابطه ۲ پارامتر SN و P_t را داریم. SN عدد ضخامت است که بستگی به ضخامت و جنس لایه دارد. P_t نیز ضریب خدمت پذیری است.

در ابتدا که روسازی اجرا میشود آن را از لحاظ کیفیت اجرا بررسی میکنیم (از لحاظ پستی و بلندی یا ناهمواری که دستگاه ها) بررسی میشود

به این ارزش یابی نشانه خدمت اولیه گوییم با P_i نمایش میدهند که مرحله‌ی
زیر به عمر روسازی ها پس از اجرا $P_i = 5$ داشته باشند فرض میکنیم که از ۴/۲
نشانه کیفیت اولیه شروع میشود بتدریج که از عمر روسازی میگذرد
عمر روسازی کم میشود (صفحات ۴۱۰ و ۴۱۱)



تا به جایی نشانه خدمت می رسد که از نظر
ما قابل قبول نیست که باید روکش کنیم و
در نقطه ای احتیاج به روکش پیدا میشود.
این نقطه نشانه خدمت نهایی (P_t)
است. $P_t = 2$ نشانه خدمت نهایی مبهت روکش در جاده های فرعی است و $P_t = 2.5$ برای
جاده های اصلی است.

پس از روکش نشانه خدمت بالا میرود تا P_{i0} که P_{i0} نشانه خدمت اولیه
روکش است در عمر مفید روکش از کیفیت آسفالت پایین می آید تا P_{t0} که
نشانه خدمت نهایی روکش است. عمر مفید روسازی در حالت اولیه حداقل ۲۰
سال و عمر مفید روکش حداکثر ۱۵ تا ۱۷ سال است.

اگر $P_t = 2$ یا $P_t = 2.5$ و $SN = 3$ در نظر بگیریم برای بریت آوردن این ضریب بار
هم از جدول ۸-۶ صفحه ۳۴۴ استفاده میشود فرض برای یک جاده اصلی
و یک محور سنگین ۳ میلیون داشته باشیم با فرض $SN = 3$ از جدول ضریب
۲۷۶ بدست می آید.

برای حداکثر روسازی ابتدا یک سری آماربرداری نهایی در سال اول انجام میدهیم
این آماربرداری ها با پیش بینی هایی که برای طول ۲۰ سال آینده در نظر گرفته
خواهیم داشت، تعداد محور پیش بینی شده را در طول عمر روسازی به ما میدهد
که بستگی به ضریب رشد ترافیک هم دارد.

از رابطه ۸-۲۲ میتوان تعداد اکسل محور معادل در طول عمر روسازی بدست آورد (EAL_n)
که n طول عمر روسازی است که معمولاً ۲۰ سال در نظر میگیریم و ضریب
رشد سالیانه ترافیک است و EAL_1 تعداد اکسل محورها در سال اول است.

۲۴

روسازی راه

فصل ۹ روش های طراحی

چند روش بررسی میشود یکی روش اشتو دوم روش انستیتوی آسفالت که شامل روش قدیم و روش جدید است. (روش قدیم یا همان روش تجربی و روش جدید همان روش تئوری است)

برای طراحی روسازی به روش اشتو ابتدا از رابطه ۴-۹ صفحه ۴۱۴ استفاده میشود. در این رابطه W مقدار کل محور هم ارز (محور ساده ۸/۲ تنی) است منظور میشود. SN عدد ضخامت است Pi و Pt نشانه خدمت اولیه و نهایی اند R ضریب منطقه ای است و S ضریب باربری خاک است.

برای محور ساده ۸/۲ تن

طبقاً از آمارگیری روز اول ۱۰ وسیله نقلیه ۳ تنی عبور میکنند

$(10 \times 1/02 \times 2) \times 365 = EAL_1 \longrightarrow EAL_{11} = W$

ضریب R بستگی به تغییرات شرایط خاک در طول سال دارد. خاک در طول سال مقاومتش متفاوت است. در فصول مختلف با توجه به میزان آب و یخ زدگی مقاومت های متفاوتی دارد. متداولی که معرف تمام سال باشد بصورت ضریب R مشخص شده است که این ضریب از جدول ۹-۱ بدست می آید.

پارامتر S بستگی به مقاومت خاک بستر دارد که هرچه مقاومت یا CBR خاک بیشتر باشد S هم بیشتر است که این مقدار که را با توجه به CBR بستر از شکل ۹-۵ صفحه ۴۱۴ بدست می آید فرضاً برای CBR=۹۰ ← S=۹

در طول ۲۰ سال آینده میتوان W را بدست آورد یا تخمین زد مقداری که از این فرمول بدست می آید SN یا ضخامت است.

و یا میتوان مقدار SN را از نمودارهای صفحات ۴۱۵، ۴۱۶ بدست آورد.

بروی A ضریب باربری خاک را داریم (S) که از شکل ۹-۵ صفحه ۴۱۴ براساس CBR خاک بستر بدست می آید.

بروی B (دومین محور) مقدار W۱۸ یا کل محور ساده ۸/۲t بروی بستر رسانا مشخص میشود (اعداد بر حسب ۱۰۰۰ هستند) اعداد بدست آمده بروی

۲ محور را بهم وصل کرده وادامه میدهیم تا محور R را قطع کند عدد ضخامت تصحیح شده را به ما میدهد برای اصلاح SN، عدد R را روی منحنی D مشخص کرده و SN اصلاح شده را به آن وصل نموده وادامه میدهیم تا روی منحنی E مقدار SN اصلاح شده بدست آید. (اگر ضریب منطقه ای برداشت را ۱ در نظر گرفتیم حتماً $R=1$ فرض میشود). مثال فرض کنید ضریب باربری خاک برابر ۹ و حاصل تعداد محورهای ساده N_{24}، برابر ۳ میلیون باشد ضریب منطقه ای ۰/۵ است عدد ضخامت چقدر خواهد بود؟

براساس $P_t=2$ ← $SN=2$ اصلاح شده $R=0/5$ ← $SN=1/8$ تصحیح شده

پس از بدست آوردن SN حال میخواهیم ضخامت لایه های مختلف را بدست آوریم. ضخامت لایه ها متناوب با توجه به رابطه

$$SN=\frac{1}{2/5}(a_1D_1+a_2D_2+a_3D_3+\dots)$$

بدست میآید. در این رابطه a_1، a_2 و a_3 ضرایب لایه ها یا قدرت های مقاومت روسازی هستند و D_1 و D_2 و D_3 ضخامت های لایه های مقاومت بر حسب cm هستند که a_1D_1 برای رویه، a_2D_2 برای اساس و a_3D_3 برای زیراساس است از صورتی که فقط ۳ لایه داشته باشیم و اگر لایه ها بیشتر باشد بهمین صورت ادامه پیدا میکنند.

مقادیر $a_1=0/42$ که بستگی به جنس لایه ها و مصالح مصرفی دارد را از روی نوگرام های صفحه ۴۱۷ بدست میآید در صفحه ۴۱۷ ۵ نوگرام معرفی شده است. منحنی ۵ برای زیراساس و اول برای لایه رویه است.

فرضاً ضریب a_1 براساس استقامت مارشال برابر ۹۰۰، عدد ۰/۴۳ است. برای a_2، ۳ نوع لایه اساس معرفی شده است. شدت اگر لایه اساس تثبیت شده با سیمان با مقاومت فشاری ۴۱ کیلوگرم $a_2=0/2$

اگر تثبیت نشده (مصالح رودخانه ای) باشد در این حالت با $CBR=40$ ← $a_2=0/11$

برای لایه زیراساس که بصورت تثبیت نشده است فرضاً با $CBR=10$ ← $a_3=0/08$

و میتوان از جداول صفحه ۴۱۸ استفاده کرد. فرضاً اساس تثبیت شده با آهک و

داریم ضریب ۹۲٪ بین ۳ و ۱۵ سال است.

مقادیر D1 و D2 و D3 رابطه نوشتاری مدنی می‌زنیم که مقدار دقیق SN بدست آید اگر تقاریر مدنی زده شده SN بالاتری بدهد سیل صدالی کرده‌ایم و اگر کمتر شود روسازی ضعیفی صدالی کرده‌ایم که چند قابل قبول است. در شیقه میتوان چند راه حل یا چند نوع متفاوتی از روسازی را داشته باشیم. نکته ای که در نهایت باید تنزل شود حداقل ضخامت‌هایی است که هرلایه باید داشته باشد.

(مراجعه شود به ص ۴۱۹)

- استفاده آسفالت به روش قدیم:

از رابطه ص ۴۲۲ مقدار TA را بدست می‌آوریم. مقدار TA ضخامت کل روسازی است اگر تماماً آسفالتی باشد یعنی بدون فاصله روی بستر روسازی بدون آن که اساس و زیر اساس داشته باشیم لایه آسفالتی را اجرا کنیم که به چنین روسازی، روسازی تمام آسفالتی گویند که بسیار حلق خوبی است ولی مقداری پرهزینه است. در رابطه ص ۴۲۲، CBR در صفحه مقاومت خاک بستر است DTN عددی تراکمی صدالی است که DTN از رابطه ۹-۱۰ بدست می‌آید. در این رابطه n حاصل عمر روسازی (همان ۲۰ سال) است، Σ ضریب رشد سالیانه ترافیک و ITN عدد ترافیکی اولیه است که ITN معمولاً به ما داده می‌شود که باتوجه به تعداد محورهای سنگین وسایل نقلیه در سال اول بدست خواهد آمد. بجای استفاده از رابطه جهت بدست آوردن TA میتوان از نمودار ص ۴۲۳ نیز استفاده کرد. در شکل ۹-۹ مقدار TA را برحسب بدست آورید. فرض کنید DTN=۲۰۰۰ و مقاومت خاک بستر $1,78 \frac{kg}{cm^2}$ ← TA=۳۶٪

چنانچه ITN<۱۰ باشد باید اصلاح شود. اصلاح توسط ۱۰-۹ ص ۴۲۳ بدست می‌آید ITN اصلاح شده را انتخاب می‌کنیم روی محور رفیق میزان تردد را داریم و ITN اصلاحی از روی محور عمودی بدست می‌آید. مثلاً چنانچه ITN=۶ و میزان تردد ۵۰۰۰ باشد ← ITN=۷ اصلاحی

و اصولاً معمولاً تدریس از لایه‌های رانشی و لایه‌رویه را داریم

سقف را هیم یک مقدار از TA را به صفحات بالایی و پایینی و ما بقی را به لایه‌ی
اساس و زیر اساس اضافه می‌دهیم. مقداری را که برای رویه در نظر
گرفته‌ایم را از TA کم می‌کنیم. و بقیه را در ضرایب جدول ۳-۹ ص ۴۷۲
ضرب می‌کنیم

اگر T_{A30} = 10^{cm} لایه رویه باشد 20^{cm} جهت اساس و زیر اساس باقی می‌ماند

اگر بخواهیم فقط اساس و رویه داشته باشیم

ضریب = ۲ از جدول اساس شن و ماسه‌ای $20 \times 2 = 40^{cm}$ و 10^{cm} رویه

10^{cm} رویه + (10×2) + $(10 \times 2/7)$ لایه ۲

اساس شن و ماسه‌ای زیر اساس شن و ماسه‌ای