روسازی راه

سرفصل های درس :

۱) مقدمه
۲) مصالح دانه ای
۳) تثبیت مصالح دانه ای
۴) قیر
۵) مخلوط های آسفالتی
۶) تاثیر عوامل جوی در طراحی روسازی ها
۷) بارگذاری (ترافیک)
۸) طراحی روسازی ها
۹) انواع خرابی در روسازی ها
۱۰) ترمیم روسازی ها

مراجع :

۱) روسازی راه - دکتر امیر محمد طباطبایی 1364
۲) آئین نامه طرح روسازی راه
۳) راهسازی - روسازی راه و روش اجرای آن - جلد سوم - مهندس منوچهر محتشمی 1376
۴) روش های پیشرفته طراحی روسازی راه - دکتر امیر محمد کاوسی و دکتر علی خدایی 1373
۵) جزوه تکثیر شده

6. The Asphalt Institute Publications
7. Yaung H. Huang (1993), "Pavement Analysis and Design"
8. Wright P.H. (1996), "Highway Engineering" 6th Edition.

www.ttnar.ir

"مقدمه"

هدف درس: آشنایی با روش های طراحی، اجرا و نگهداری روسازی راه ها...

محدوده و پوشش این درس:

- بعد از اتمام عملیات خاکی (خاکبرداری، خاکریزی یا سنگچینی) یا هر عبارت دیگر آماده شدن خاک بستر (Subgrade)
- بعد از اتمام اجرای ابنیه فنی راه (مانند آب نما، آبرو، پل)

باید عملیات خاکی و اجرای ابنیه فنی راه به پایان رسیده باشد تا روسازی آغاز گردد.

نقش روسازی در راه:

زمین طبیعی به حالت یکی، تحمل بارهای ناشی از وسایل نقلیه و اثرات خرب زیست محیطی را ندارد.

مشکلات ناشی از اجرا نشدن روسازی عبارتند از: ۱) گسست ۲) ترک های برشی

نقش روسازی در راه مانند پی در ساختمان است. (بار وسیله نقلیه را می گیرد و در همان حد خود توزیع می کند در نتیجه تنش کاهش یافته و زمین قابلیت تحمل بار را خواهد داشت.)

روسازی از نظر سازه ای باید دو کار انجام دهد:

۱) در حالت خود بار را به گونه ای توزیع کند که خاک بستر بتواند بار کاهش یافته را تحمل کند.

۲) خود روسازی تحمل بارهای وارده را داشته باشد

هدف از اجرای روسازی:

۱) ملاحظات سازه ای

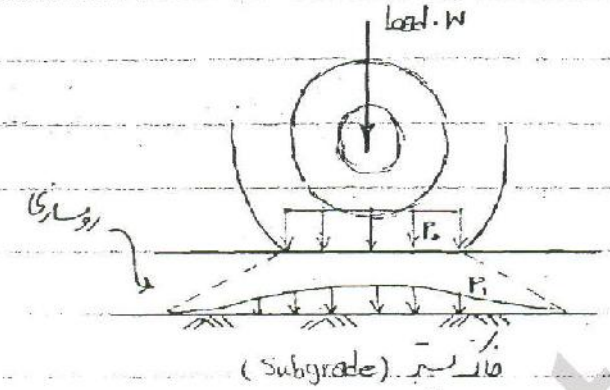
بار را در حالت خود به گونه ای توزیع کند که خاک بستر نه بیش از حد تغییر شکل های بیش

از حد مجاز ایجاد نشود.

۲) تنش بهره برداری

از نظر بهره برداری ... امکان عبور سریع سرعت و ایمن وسایل نقلیه را از روی خود فراهم کند.

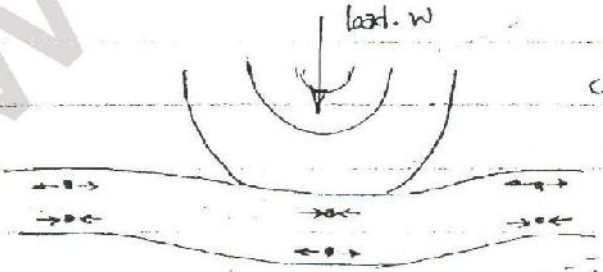
توزیع تنش در روسازی :



طرح مایل قبولی یعنی واقعبینانه :

چون در ضخامت روسازی تنش یکسان نداریم ، با طراحی برای تنش بیشتر ، طرح غیر اقتصادی خواهیم داشت . و با طراحی برای تنش کمتر ، روسازی از نظر فنی خراب خواهد داد.

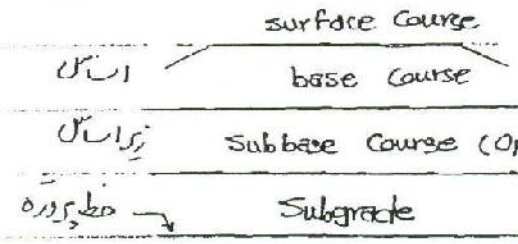
در نتیجه از نظر فنی و اقتصادی روسازی را در چند لایه اجرا می کنیم - یعنی مصالح بالایی باید مقاوم تر باشند و هرچه پایین می رویم می توان کیفیت مصالح را کاهش داد.



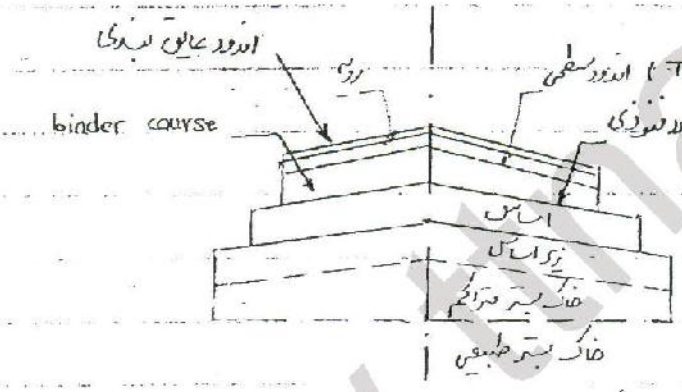
مقاومت در برابر تنش کمتر از فشار است.

عکس العمل روسازی همانند یک تیر ساده و یکپارچه است.

مقطع تیپ روسازی :



مقطع عرضی تیپ روسازی با جزئیات :



لایه اندود نفوذی بین اساس سنگی و رویه آسفالتی قرار دارد و وظایف آن عبارتند از:

۱) باعث می شود که لایه آسفالتی بعدی به لایه سنگی بهتر بچسبد.

۲) مانع نفوذ آب می شود.

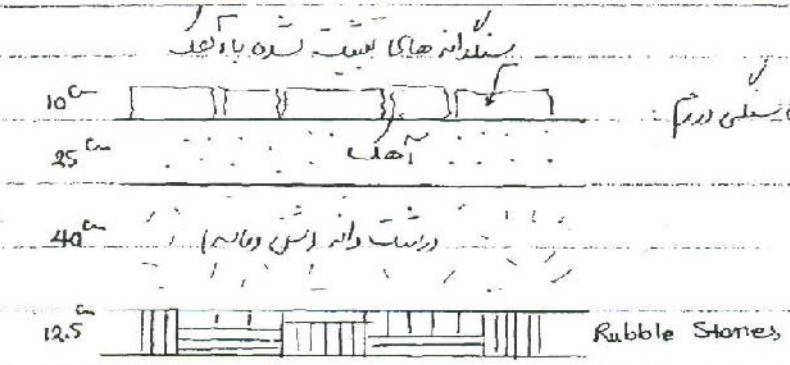
۳) دانه های سنگی اساس بهتر به هم بچسبند.

وظیفه اندود سطحی این است که فقط دو لایه را بهتر به هم بچسباند و به دو وظیفه دیگر لایه اندود نفوذی نیازی نیست.

اندود عایق بندی یا یک لایه اندود است یا نفوذی فراتر رفته.

تاریخچه روسازی :

در تمدن های بزرگ قدیم مثل ایران و روم که استفاده از ارابه و گاری که رایج بوده دیده می شود



یک نمونه روسازی نیمه‌لی در ایران

نمونه هایی از راه های قدیمی در ایران :

- یزد به شهداد (یک لایه خرده آجر)
- ساری به خرم آباد (یک لایه زغال چوب و یک لایه سنگریزه)

انواع روسازی ها :

تقسیم بندی با توجه به عملکرد مکانیکی روسازی صورت می گیرد

۱) انعطاف پذیر (آسفالتی یا نرمی) Flexible

۲) صلب (سختی) Rigid

۳) مختلط (آسفالتی و سختی) Composite

- روسازی انعطاف پذیر
- در مقابل بار، تغییر شکل می دهد.
- چون تغییر شکل می دهند، انتقال بار به صورت موضعی به خاک بستر صورت می گیرد.
- اهمیت خاک بستر در طراحی روسازی بیشتر از نوع صلب است. (به دلیل بار موضعی)
- اشکالات کوچک در اجرا کمتر بار تریم می شوند (به دلیل تغییر شکل)

از مزایای این نوع روسازی

اشکالات کوچک کمتر بار تریم می شوند ولی اثر آنها در طول روسازی زیاد می شود

www.itnar.ir

توزیع تنش در خاک بستر در روسازی های انعطاف پذیر و صلب :

• روسازی صلب :

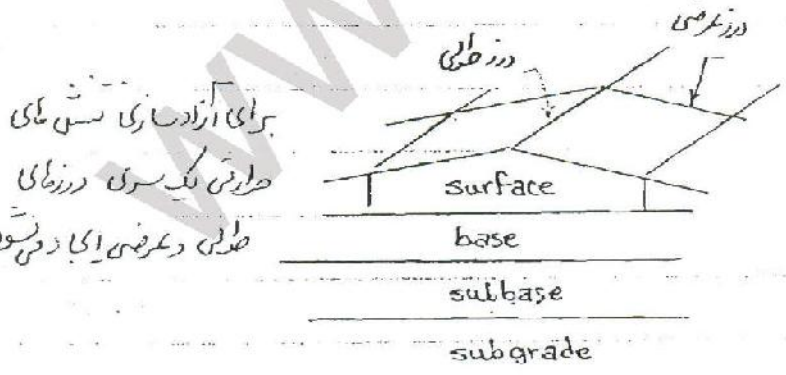
- تغییر شکل روسازی فقط بار کم است .
- بار به صورت گسترده به خاک بستر منتقل می شود .
- اهمیت خاک بستر در طراحی روسازی کمتر از انعطاف پذیر است .
- ضعف کم بین روسازی و خاک بستر باعث ایجاد تنش و ترک خوردگی در روسازی می شود .

مثال هایی از روسازی صلب :

• در مناطق پرتقیب و گرم (میدردن های زیاد صلب مثال بیدا می کند ، حرکت کرده و سنگدانه ها از هم جدا می شوند)

• آجا

• فرودگاه ها



برای آزادسازی تنش های حرارتی یک سری درزهای طولی و عرضی ایجاد می شود .

این درزها باعث می شود تا انعطاف پذیر باشند .

• روسازی مرکب :

- ترکیبی از روسازی های آسفالتی و بتنی است
- قرینه اصلی استفاده از آسفالت روی بتن ، کاهش صداست .

www.ttrar.ir

- برای ترمیم بتن روسازی ، می توان از یک لایه آسفالت استفاده کرد چون اجرای بتن جدید ، هزینه بر است .
(در محل تقاطعات بهتر است از بتن روی آسفالت استفاده شود)
- بسیاری از موارد مربوط به علائم بخشی است مانند آسفالت روی بتن

عوامل موثر در طراحی روسازی ها :
1) خاک بستر
2) مصالح مصرفی در لایه های مختلف روسازی
3) ترافیک (بارگذاری)
4) شرایط جوی (یخبندان ، رطوبت ...)
5) شرایط جغرافیایی (شیب های تند و ...)
6) هزینه (اجرا و بهره برداری)
7) عمر روسازی

فصل دوم - مصالح راه ای

برای اینکه روی آسفالتی مناسبی داشته باشیم باید مصالح مناسب جمع آوری کنیم .

ضرورت شناسایی کمی و کیفی مصالح سنگی :
- یکی از مواد اصلی روسازی هاست
- کیفیت مصالح سنگی در کیفیت روسازی اثر مستقیم دارد .

شناسایی و تامین منابع قرضه :
مرحله اول : شناسایی منابع قرضه مناسب است ... باید با حفر چند گمانه بتوانیم از نظر کمی و کیفی مصالح سنگی قابل قبول داریم .

www.tnar.ir

شکستن مصالح یا سنگ ها :

بعد از اینکه مصالح سنگی از منابع قرضه مقاومت (رودخانه ای، کوهی و ...) شناسایی شد باید با استفاده از شکن سنگ مصالح را به اندازه مطلوب برسانیم. چون مقاومت اصطکاکی مصالح شکسته بیشتر است ← مقاومت روسازی افزایش می یابد.

انتقال :

پس از شکسته شدن مصالح سنگی، آنها را توسط کامیون به محل منتقل کرده و در آنجا تخلیه می کنیم و به کمک تسمه نقاله به صورت ردیف در انبارها ذخیره می کنیم تا بتوان پس از آن راندمان مناسبی از مصالح سنگی تأمین نمود.

نحوه شناسایی منابع قرضه :

باید محل هایی را که منابع قرضه مناسب دارند، شناسایی کنیم. در این حالت نیاز به آزمایش های صحرایی داریم.

ابتدا با استفاده از نقشه ها می توانیم منابع قرضه را شناسایی کنیم. از روی جنس سنگ ها می توان به خصوصیات منابع قرضه پی برد. پس از مطالعات دفتری باید از محل بازدید کنیم.

در گام بعد مناطق شناسایی شده باید با استفاده از حفر Test pit، نمونه گیری صورت گرفته و دستگاه های لازم برای آزمایش در مورد آنها صورت می گیرد.

← آزمایش های لازم برای شناسایی منابع قرضه

۱- آزمایش تعیین درصد رطوبت

۱← چون باید مصالح سنگی را در لایه های مختلف بکوبیم و این کار در رطوبت بهینه صورت می گیرد بنابراین باید مقدار رطوبت را بدانیم.

$$\omega(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

www.tnar.ir

۲ـ آزمایش دانه بندی

۱ـ جهت تعیین نوع خاک (طبقه بندی خاک) و ارزیابی مناسب بودن دانه بندی لازم است.
باید پس از تعیین دانه بندی آن را با استانداردهای موجود مقایسه کنیم.
بسته به نوع دانه بندی می توان مصالح تودیا توخالی داشت.

ـ دانه بندی پیوسته و خوب : یعنی اینکه دانه های درشت و ریز در محدوده های مختلف وجود دارند و حجم و نسبت های مناسب بین آنها برقرار است.
ـ دانه بندی یکنواخت
ـ دانه بندی منقطع

با استفاده از سری الک ها برای تعیین درشت دانه، دانه بندی انجام می شود.
برای تعیین ریزدانه از آزمایش هیدرومتری استفاده می شود.

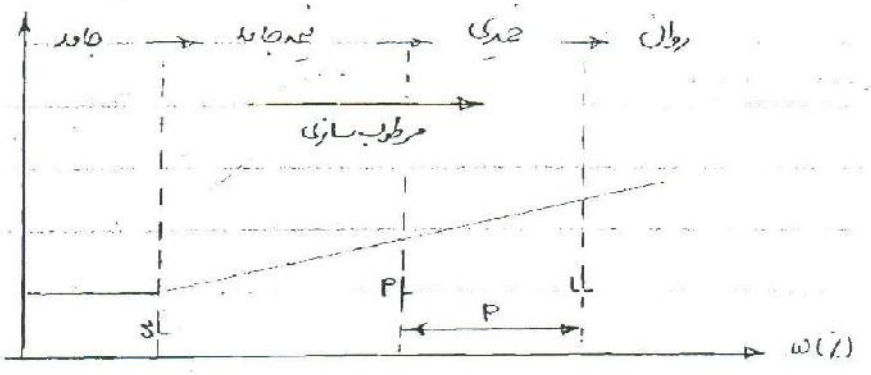
قانون استوکس

$$v = \frac{D^2 \gamma_w (G_s - G_L)}{18 \eta}$$

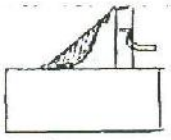
در این آزمایش دانه بندی، دانه های روی مقادیر سند دانه ها تعیین می شود.

۳ـ آزمایشات حدود آتربرگ

۱ـ برای طبقه بندی مصالح، و ارزیابی رفتار خمیری بودن آنها



تا زمانی که رطوبت از 1.4 حد روانی کمتر باشد ، رطوبت برای خاک قابل قبول خواهد بود و می توان از روابط مکانیک خاک استفاده نمود .



برای تعیین حد روانی از آزمایش کاساگرانده استفاده می شود .

یک بشقاب دو میلیمتری در وسط ماسه ایجاد می کنیم و سپس ضربه را اعمال می کنیم تا جایی که در طول $\frac{1}{2}$ in این دو قسمت به هم برسند . در اینجا تعداد ضربات را می شماریم .

رطوبتی که در آن با 25 ضربه ، دو قسمت در طول $\frac{1}{2}$ in به هم برسند . حد روانی است .

← تعیین حد خمیری

انجام این آزمایش نیاز به تجربه بیشتری است . در این آزمایش خاک را به صورت میله ای در آورده در جایی که ضخامت میله خاک حدود 3 mm و خاک شروع به ترک خوردن می کند ، آن رطوبت ، حد خمیری است .

$$\text{در حد رطوبت} = \frac{\text{وزن آب}}{\text{وزن ذرات جامد}}$$

شاخص خمیری $PI = LL - PL$

انواع طبقه بندی ها :

طبقه بندی های مختلف ارائه شده اند :

- متحده (Unified)

در مکانیک خاک و پی بیشتر از این دو مورد استفاده می شود .

- استو (AASHTO)

در راهسازی و روسازی کاربرد بیشتری دارد .

علاوه بر درجه خاک باید شاخص گروه (GI) هم تعیین شود .

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

www.tnar.ir

هدف از تعیین شاخص گروه، مقایسه بین خاک‌های یک طبقه است. هرچه GI بیشتر باشد یعنی میزان رُس‌دانه و حدخمیری بیشتر بوده و خاک نامرغوب‌تر است.

عدد شاخص گروه یک عدد صحیح و بین 0 تا 20 می‌باشد.

a : تفاضل عدد 35 از درصد وزنی مقیمت رد شده از الک #200 به صورت عدد مثبت و کامل بین صفر و 40.

b : تفاضل عدد 15 از درصد وزنی مقیمت رد شده از الک #200 (بین صفر و 40)

c : تفاضل عدد 40 از حد روان که به صورت یک عدد مثبت و کامل بین صفر و 20.

d : تفاضل عدد 10 از شاخص خمیری خاک که به صورت یک عدد " " " "

← روش دیگر تعیین شاخص گروه استفاده از دیاگرام است که اساس آن همین رابطه ریاضی است.

شاخص گروه به صورت یک عدد کامل بین صفر و 20 در داخل پرانتز در آخر گروه اصلی خاک آورده می‌شود.

A-5 (8)

۴- آزمایش معادل ماسه

← برای ارزیابی میزان خمیرشوندگی مصالح سنگی.

مصالح سنگی رد شده از الک #4 را درون استوانه‌ای که محلول کلرور کلسیم، گلیسیرین و فرمالین است، می‌ریزیم. این محلول پراکنده است و باعث جدا شدن سنگدانه‌ها می‌شود. مصالح به مدت زمان مشخص در این محلول باقی می‌مانند.

سپس با استفاده از سیلندری، محلول را هم زده و مصالح را شستشو می‌دهیم. رُس‌دانه‌ها درون به صورت گل و لای قرار می‌گیرند. زمان مشخص می‌گذرد تا گل و لای به طور کامل جدا شود.

$SE = \frac{h_s}{h_c} \times 100$ h_s : ضخامت ماسه

h_c : ضخامت کل خاک (↑ SE ⇐ مصالح تمیزتر)

www.tnar.ir

۶ـ آزمایش ساییش لوس انجلس

← برای ارزیابی مقاومت مصالح در برابر ساییش

در جاده‌ها بر اثر عبور وسایل نقلیه و ساییش چرخ آنها با جاده، سطح روسازی ساییده شده و ممکن است پس از مدتی سطح روسازی صاف شده و به اصطلاح لغزنده می‌شود. بنابراین باید مقاومت روسازی در برابر ساییش تعیین شود.

* مصالح مانده روی الک 2.36 mm را درون استوانه‌ای که محور افقی دارد می‌ریزیم. گوی‌های فلزی با وزن 390 تا 445 گرم درآن وجود دارد. دستگاه روشن می‌شود و گوی‌ها با مصالح برخورد می‌کنند. تعداد دوران 500 دور و با سرعت 30 rev/min می‌باشد. دوباره مصالح را الک کرده و وزن مصالح عبوری از الک 2.36 mm را اندازه‌گیری می‌کنیم

$$\text{درصد ساییش} = \frac{\text{کاهش وزن مصالح روی الک}}{\text{وزن مصالح روی الک}}$$

۲ـ آزمایش تعیین درصد شکستگی

← برای تعیین میزان شکسته بودن مصالح، مورد از استفاده قرار می‌گیرد.

از دانه‌های مانده روی الک 2.36 mm استفاده می‌شود.

درصد مصالح شکسته در یک، دو یا دو وجه می‌تواند تعیین شود.

$$\text{درصد شکستگی} = \frac{\text{وزن مصالح شکسته روی الک}}{\text{وزن کل مصالح روی الک}}$$

۷ـ آزمایش دوام

← برای ارزیابی مقاومت مصالح در برابر عوامل دانه محیطی کاربرد دارد.

مصالح سنگی را برداشته و دانه‌بندی می‌کنند و داخل محلول اشباع سولفات سدیم یا منیزیم قرار می‌دهند. پس از 18 ساعت مصالح را بیرون آورده و این کار را تا 5 سیکل انجام می‌دهند.

www.itnar.ir

* پس از درآوردن مصالح سنگی باز هم دانه بندی را انجام داده و میزان افت وزنی مصالح روی هر الک را اندازه گیری می کنند. افت وزنی نباید از حدی بیشتر شود.

$$\text{درصد افت} = \frac{\text{کاهش وزن مصالح روی الک}}{\text{وزن کل مصالح روی الک}}$$

اگر مصالح بر روی چند الک باشند به صورت میانگین وزن را استفاده خواهند کرد.

* محلول اسیدی بدین در ترک های ریز موجود نفوذ کرده و به صورت بلور در می آید و با عث خرد شدن سنگدانه ها خواهد شد. ⇐ افت وزنی مصالح رخ خواهد داد.

۱- آزمایش درصد ای بودن ذرات

۲- برای تعیین میزان درصد ای بودن یا طویل بودن

دانه طویل: دانه ای که نسبت طول به عرض آن بیشتر از 5 باشد.

دانه مسطح: دانه ای است که کوچکترین دانه از $\frac{3}{5}$ بعد متوسط دانه در هفت های مختلف کوچکتر باشد.

* این آزمایش بر روی دانه های مانده روی الک 6.35^{mm} انجام می شود.

$$\text{درصد درصد ای بودن} = \frac{\text{وزن سنگدانه های طویل یا مسطح}}{\text{وزن مصالح مانده روی الک } 6.35^{mm}}$$

◄ تراکم (Compaction)

هدف از عمل روش اصلاح خاک، تراکم است. مشخصات مکانیکی خاک بهبود می یابد. در نتیجه:

۱) نفوذ پذیری کاهش می یابد. (در اثر اعمال بارهای واقعی)

۲) مقاومت برشی خاک افزایش می یابد.

۳) تغییر پذیری کاهش می یابد.

www.itnar.ir

- با کوبیدن خاک (صرف انرژی)، کمی از هوای داخل خاک خارج شده و حجم حفرات در نتیجه خاک کاهش می یابد.
- در تکمیل، آب خارج شده و کاهش حجم در خاک رخ می دهد ولی در تراکم هوای داخل خاک خارج می شود.

- از تراکم بیشتر برای خاکریزی ها استفاده می شود. ولی گاهی اوقات برای خاک های طبیعی هم به کار می رود مانند تراکم دینامیکی خاک یا تراکم لایه های رویه زیر راه.

در تراکم آزمایشگاهی از انواع مختلفی استفاده شده و حداکثر تراکم می شود.

عوامل مؤثر بر تراکم خاک:

- درصد رطوبت خاک
- میزان انرژی صرف شده (افزایش میزان انرژی حداکثر را دارد)
- نوع خاک

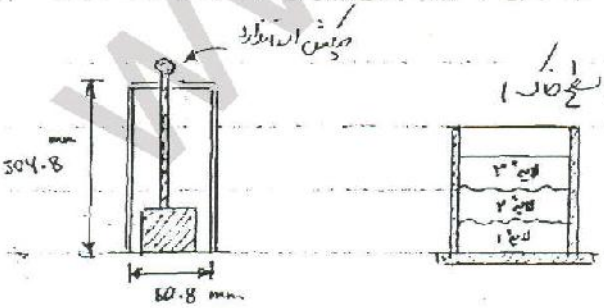
انواع مختلف آزمایش های تراکم:

- تراکم (پروکتور) استاندارد
- تراکم (پروکتور) اصلاح شده

در رویه زمان و سایلی ساخته شده که انرژی بیشتری به خاک وارد می کردند در نتیجه برش تراکم اصلاح شده

وسایل آزمایشگاهی در آزمایش تراکم:

قرص، چکش، کاردک (برای برابر کردن سطح خاک)

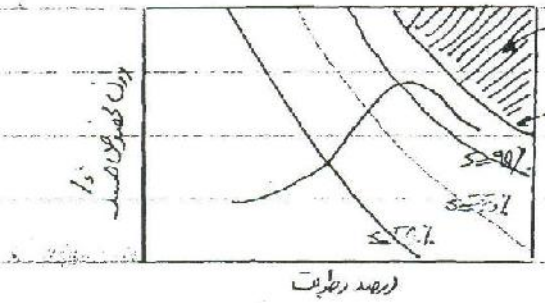


چکش { 5.5 lb
10 lb ← تراکم اصلاح شده

- در آزمایش تراکم باید وزن مخصوص خشک و وزن مخصوص مرطوب را به دست آوریم.

$$\gamma_{dry} = \frac{\gamma_{مرطوب}}{1+\omega}$$

www.ttnar.ir



- اثر میزان انرژی در تراکم :

- با اضافه شدن غلتک های سنگین تر و استفاده از آکفا در عمل ، آزمایش پروکتور استاندارد اصلاح شد . در این آزمایش انرژی بیشتری به خاک داده می شود تا شرایط محلی بهتر مدل شود .
- با افزایش انرژی تراکم ، وزن مخصوص خشک بیشتر و رطوبت بهینه کمتر می شود .

- انرژی تراکم در واحد حجم خاک :

$$E = \frac{\quad}{\quad}$$

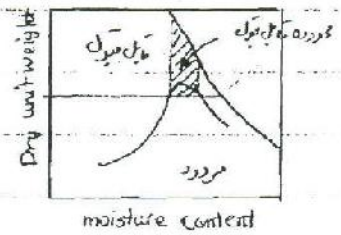
$$\text{درصد تراکم} = \frac{\gamma_d}{\gamma_{dmax}} \times 100$$

γ_d : وزن مخصوص خشک در محل

γ_{dmax} : وزن مخصوص خشک حاکم در آزمایش (پروکتور استاندارد یا پروکتور اصلاح شده)

مشخصات فیلی :

- در پروژه های اجرایی ، حداقل تراکم قابل قبول و رطوبت مشخص می شود .



- حداقل و حداکثر رطوبت (رطوبت بهینه) نیز اعلام می شود .

اگر رطوبت بیشتر از مقدار تعیین شده باشد ، خاک دیواره ای ناپایدار می شود .

www.ttmar.ir

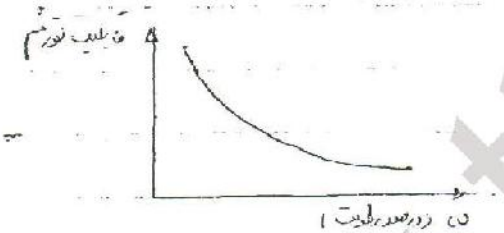
* اگر رطوبت از رطوبت بهینه بیشتر باشد حتی اگر تراکم هم تأمین شود مشکلاتی بوجود خواهد آید.

← خاک آب فضای افزایش یافته در نتیجه تنش موثر کاهش یافته و مقاومت برشی خاک کم می شود و حتی ممکن است گسیختگی برشی رخ دهد. (به فصل روسدی خاکی)

* اگر رطوبت از رطوبت بهینه کمتر باشد:

← خاک های غیری اگر آب کافی در اختیار داشته باشند متورم خواهند شد. اگر رطوبت کم خاک را متراکم کنیم با بوجود آمدن این خاک ها متورم خواهند شد.

* بهتر است در عمل، 1-2 درصد رطوبت را از رطوبت بهینه بیشتر انتخاب کنیم که در کاهش تورم موثر خواهد بود.



← روش های کنترل تراکم در محل

• روش های مستقیم:

— روش هسته ای

دستگاه سوزنی خاک قرار داده می شود و اشعه به داخل خاک فرستاده می شود. میزان فوتون های برگشتی درصد تراکم و میزان از دست رفتن های برگشتی درصد رطوبت را تعیین می کند.

مزیت: روش غیر مخرب است و سریع.

معایب: — انجام دهنده آزمایش باید از مهارت بالا برخوردار باشد.

— از نظر اشعه، مضر است.

— با توجه به پیشرفته بودن روش، وقت مطلوب را ندارد.

رابطه کلیدی در کنترل تراکم: درصد تراکم $= \frac{\gamma_d}{\gamma_{dmax}} \times 100$

www.ttnar.ir

- روش ماسه استاندارد

مقدار از خاک خشک را برداشته و درصد رطوبت آن را تعیین می‌کنیم. سپس با استفاده از ماسه‌ای با دانه‌بندی و وزن مخصوص مشخص، حجم خاک برداشته شده را به دست آورده و با استفاده از وزن آن، γ_d را محاسبه می‌کنیم.

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1+w}$$

این آزمایش، دقیق‌ترین و رایج‌ترین روش برای تعیین درصد تراکم می‌باشد.

- روش غشاء لاستیکی

مشابه روش ماسه استاندارد است. فقط برای محاسبه حجم حفره از غشاء لاستیکی استفاده می‌شود.

- روش‌های غیرمستقیم

- سیلندر مدرج

$$\text{درصد تراکم} = \frac{\gamma_d}{\gamma_{d\max}} \times 100 = \frac{w_s/\gamma}{w_s/\gamma_{min}} \times 100 = \frac{V_{min}}{\gamma} \times 100$$

با فرض وزن استاندارد، قرائت پیچ و استفاده از نمودار مربوطه، تراکم تخمین زده می‌شود.

- سنجش‌های تراکم اوصافی

- آزمایش‌های زیادی روی خاک‌ها انجام شده و سنجش‌های درصد رطوبت - وزن مخصوص ماکزیمم مرطوب رسم می‌شود. در این روش نیازی به محاسبه درصد رطوبت نیست.

- انواع غلتک‌ها:

- چرخ فولادی

- 100٪ پوشش در زیر چرخ
- نحوه کوبش استاتیکی
- برای اغلب خاک‌ها به غیر از خاک‌های حاوی مصالح سنگی درشت مناسب است.

www.ttnar.ir

- برای تراکم روسازی مناسب است.

• چرخ لاستیکی

- میزان پوشش در زیر چرخ ها 80٪.

• پاچه بزی

- میزان پوشش در زیر چرخ ها 8 تا 12٪.
- برای خاک های رسی مناسب می‌باشد.
- نحوه کوبش استاتیکی و ویبراتور.

• پاچه بزی پشم

- میزان پوشش در زیر چرخ ها 40٪.
- برای خاک های دانه ریزدانه (لای دار) مناسب است.
- نحوه کوبش استاتیکی و ویبراتور.

• غلتک های سنگین

- میزان پوشش در زیر چرخ ها 50٪.
- برای خاک های سنگ دار بکار می‌رود.
- نحوه کوبش استاتیکی و در سرعت های بالا ضربه.

• چرخ فولادی و ویبره

- نحوه کوبش استاتیکی به همراه ضربه.
- برای خاک های دانه ای مناسب است.

www.ttnar.ir

آزمایشات مقاومتی

۱) سه محوری

۲) برشت مستقیم کانفینمنت ... روشهای روز سازی کار این آزمایش مکانیک خاک بررسی شود

۳) مقاومت صفحه ای ...

آزمایش سه محوری

راجع به این روش برای تعیین مقاومت برشی خاک ها

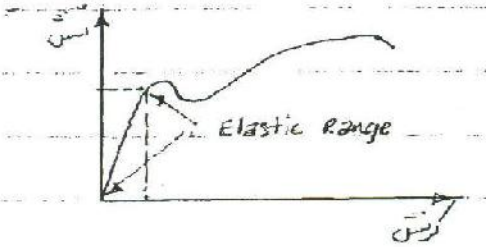
- ابتدا نمونه تحت فشار همه جانبه قرار گرفته و سپس فشار محوری اضافه می شود.
- در صورت لزوم توسط پمپ فشار مذبوره اشباع می شود.
- نیروی قائم توسط یک رینگ نیرو یا Load cell تعیین می شود.
- محور زهکشی به یک بورت وصل می شود تا تغییر حجم نمونه اندازه گیری شود.
- σ_3 را افزایش می دهیم تا خاک گسیخته شود.

• رسم دایره موهر و پوش گسیختگی

- مقاومت خاک تابع عوامل مختلفی است. برای اینکه بتوان از نتایج آزمایشگاهی در طراحی استفاده کرد باید سعی شود که شرایط آزمایش به شرایط واقعی خاک نزدیک شود.
- یکی از این عوامل سطح تنش است. برای سازگاری شرایط محل و آزمایشگاه باید سطح تنش نزدیک به واقعیت را تعیین کنیم.
- معمولاً سه دایره موهر رسم کرده (نتایج حاصل از سه آزمایش) و دایره وسط را مبنا قرار داده در محاسبات می گیریم.

www.itnar.ir

* نقطه گسیختگی لرزه‌ای



نقطه گسیختگی به تعریف مهندسی طراح بستگی دارد.

گاهی اوقات نقطه پیک را انتخاب می‌کنیم.

که به آن پارامترهای بدست آمده، پارامترهای مقاومتی متناظر با تنش ماکزیمم می‌گویند.

گاهی اوقات نیز تنش متناظر با یک کرنش خاص را در نظر می‌گیریم و یا می‌توان از نمودار مانا استفاده کرده و مقاومت باقیمانده یا حالت جریانی را تعیین کرد. در این صورت آن را پارامترهای مقاومت پرتنش متناظر با تنش باقیمانده می‌نامند.

نسبت به ظرفیت مسئله نقطه گسیختگی تعریف شده و پارامترهای مقاومت برشی خاک تعیین می‌شود.

- نقطه ماکزیمم
- درصدی از کرنش
- مقاومت باقیمانده (یا حالت جریانی)

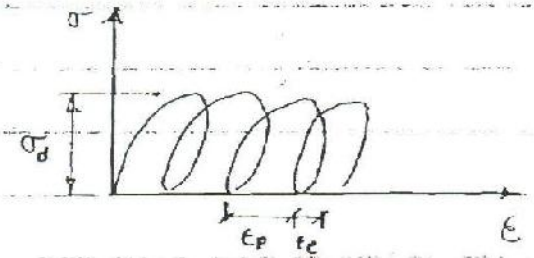
از آزمایش سه محوری در طرح‌های روسازی اندرکنش استفاده می‌شود. بهترین آزمایش در طرح‌های روسازی تعیین ضریب برجهندگی است.

← ضریب برجهندگی

$$M_r = \frac{\sigma_d}{\varepsilon_e}$$

آزمایش سه محوری سیکلیک

تنش‌ها با شرایط واقعی بارگذاری



← امروزه ضریب برجهندگی بهترین فیزیکی است که در طراحی‌های روسازی استفاده می‌شود.

www.ttnar.ir

مشکل این آزمایش این است که دستگاه مورد نظر آن به آسانی قابل دسترس نیست. چون شرایط مورد استفاده در آزمایش به واقعیت نزدیک است بیشتر از این ضریب در طراحی استفاده می‌شود.

آزمایش نسبت باربری کالیفرنیا (CBR)

← رایج‌ترین روش جهت تعیین مقاومت مصالح سنگی و خاک بستر جهت استفاده در طراحی روسازی‌ها است.

← از قالب بزرگ برای آزمایش استفاده می‌شود چون قالب کوچک تحت شرایط مرزی قرار می‌گیرد. با همان رطوبت بهینه خاک را در قالب تراکم بزرگ می‌کوبیم و آن را در دستگاهی قرار می‌دهیم که پیستون با سرعت مشخصی بر روی خاک فشار وارد می‌کند. در بالای این پیستون یک گیج نیروسنج هم وجود دارد.

← در این آزمایش باید خاک کاملاً اشباع باشد چون:

۱) از این طریق حداقل مقاومت خاک تعیین می‌شود.

۲) بعضی از خاک‌ها با وجود رطوبت کافی، متورم می‌شوند. به همین دلیل برای در نظر گرفتن این پدیده باید خاک اشباع باشد. برای مشاهده‌ی این پدیده از یک گیج تغییر مکان سنج استفاده می‌کنیم.

خاک را چند روز در آب قرار می‌دهیم تا اشباع شود. سپس بر روی آن چند صفحه‌ی سوراخ‌دار قرار می‌دهیم تا نقش سربار را ایفا کنند و شرایط به واقعیت نزدیک شود.

$$CBR = \frac{\text{نیرو (تنش) لازم برای نفوذ پیستون استاندارد با سرعت ثابت به میزان } 25^{mm}}{\text{نیرو (تنش) '' '' '' '' '' '' '' '' '' ''}}$$

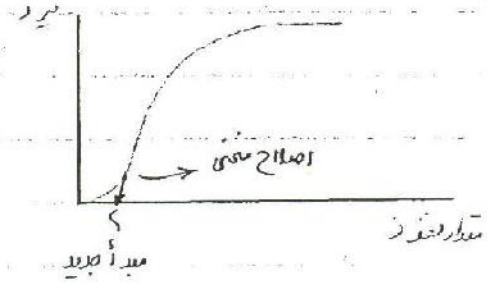
در مصالح استاندارد

این مقدار مشخص است

هرچه CBR بیشتر باشد، مقاومت خاک بیشتر است.
این نسبت را هم برای 25 mm و هم برای 50 mm تعیین می‌کنیم. هرکدام بیشتر شد به عنوان CBR مصالح گزارش می‌کنیم.

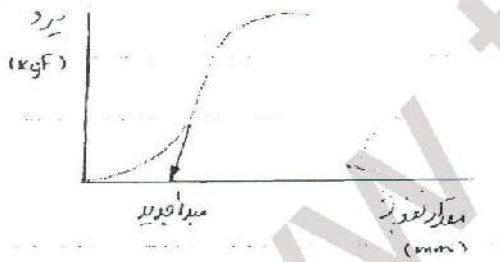
← اصلاح منحنی به علت تغییر شیب اولیه

علت ۱) تراکم‌پذیری ناقص سیلندر فلزی یا ورودی خاک



← اصلاح منحنی به علت وجود نقصی ظاهری

علت ۲) رفتار ذاتی خاک



وجود نقصی ظاهری

چون دستگاه سه‌محوری سیکلیک در هند ما
نداریم رابطه‌ای بین CBR و ضریب برجهندگی به دست آورده‌اند. چون ضریب برجهندگی آزمایش مطلوب است و CBR ضریب بحرانی که تعیین آن ساده‌تر است.

آزمایش مقاومت صفحه‌ای

ضریب عکس العمل خاک بهتر تعیین می‌شود ولی آزمایش خطی است.
در این آزمایش صفحات را به صورت دایره در نظر می‌گیریم و آنها را بارگذاری می‌کنیم.

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

P : باری است که اگر 10 بار بگذاریم و برداریم و حذف کنیم تا تغییر شکل با نوع کم رخ دهد، باید در بار 10 ام تغییر شکل

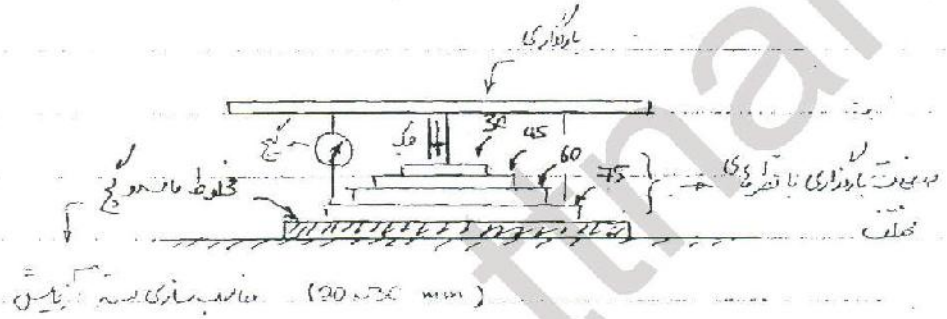
ایجاد شده به اندازه ضریب مشخصه (Δ) باشد.

حداقل باید سه آزمایش با بارهای مختلف انجام شده و منحنی P-Δ رسم شود و P متناظر با ضریب مشخصه (Δ) به دست آید.

x : ضریب عکس العمل خاک بستر

برای روسازی راه ..... $\Delta = 5$ mm

برای روسازی فرودگاه ..... $\Delta = 12.5$ mm



صفحه بارگذاری به قطر (750 mm)

← اصلاحات لازم :

۱) برای شرایط آزمایش

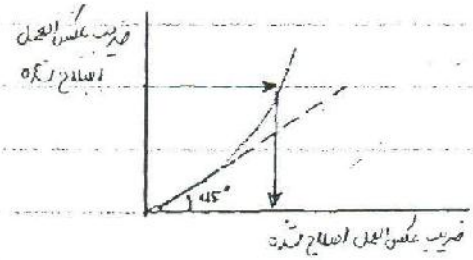
$$K = \frac{d}{ds} \times Ku$$

Ku : ضریب عکس العمل اصلاح نشده

d : تغییر شکل در شرایط محلی

ds : تغییر شکل پس از تراکم و اشباع

۲) برای تعیین ضخامت



اگر خاک مقاومت بالایی داشته باشد برای ایجاد ضریب مشخصه باید بار زیادی وارد کنیم که موجب تغییر شکل زیادی شود.

پس باید از یک نمودار برای اصلاح استفاده کنیم.

www.tnar.ir

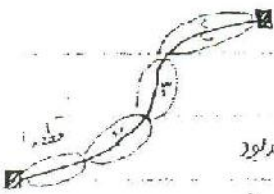
← اگر هم شرایط جرانی باشد و هم حس صعوبت رخ دهد باید ابتدا اصلاح برای شرایط جرانی انجام شود و بعد وارد این گراف می شویم.

از این آزمایش در طراحی زیاد استفاده می شود.

← تعیین مقاومت طرح :

پارامترهای موثر بر طراحی در طول یک راه ثابت نیستند.

زیرا زدهای خط که طول زیاد است در طراحی مستقل داریم.



هزینه ← در بعضی نقاط مقاومت بالایی خواهد بود

هزینه ← در بعضی نقاط طرح غیر اقتصادی می شود

بهتر است راه را به قطعاتی تقسیم کنیم که در هر قطعه پارامترهای موثر تقریباً ثابت باشند به طوریکه در هر قطعه بتوان از یک روش برای استفاده نمود.

مقاومت های اندازه گیری شده در یک قطعه طرح یکسان نیستند.

راه حل : یک سطح اطمینان برای مقاومت در نظر گیریم که با توجه به اهمیت راه تعیین می شود. هرچه ترافیک بیشتر باشد، اهمیت راه بیشتر شده و طراحی محافظه کارانه خواهد بود.

⇐ از روش آیین نامه ایران می توان استفاده کرد.

جدول به شکل زیر باید تنظیم کرد :

مقاومت CBR بدست آمده	تعداد نمونه هایی که مقاومت مساوی یا بیشتر	درصد تعداد نمونه ها
مقادیر مقاومت از کوچک به بزرگ		

منحنی تغییرات مقاومت بر حسب درصد نمونه های با مقاومت مساوی یا بیشتر رسم می شود. به کمک این منحنی و جدول ذکر شده در آیین نامه می توان مقاومت طرح را تعیین نمود.

www.tnar.ir

مثال) در قطعه راهی ۸ آزمایش CBR انجام شده و نتایج به شرح زیر می باشد:

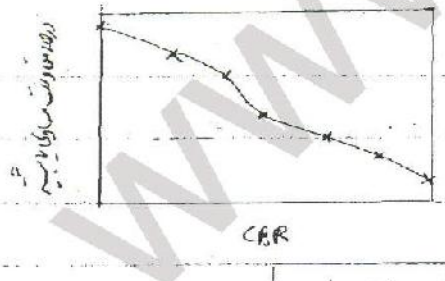
5, 4, 6, 3, 2, 4, 8, 10

مطلوبست مقاومتی که طراحی برای ترافیک های مختلف باید در نظر گرفته شود.

۱) تهیه جدول

مقدار CBR بدست آمده	تعداد نمونه های با مقاومت مساوی یا بیشتر	درصد نمونه ها با مقاومت مساوی یا بیشتر
2	8	(8/8) × 100 = 100
3	7	(7/8) × 100 = 87.5
4	6	(6/8) × 100 = 75
4	-	-
5	4	(4/8) × 100 = 50
6	3	(3/8) × 100 = 37.5
8	2	(2/8) × 100 = 25
10	1	(1/8) × 100 = 12.5

۲) ترسیم منحنی درصد



۳) استفاده از جدول ۲-۲

میزان ترافیک	درصد CBR ها	CBR مورد نظر	CBR طرح
10^4 یا کمتر	60	4.7	4.5
بین 10^4 و 10^6	75	4.0	4.0
بیش از 10^6	87.5	3.0	3.0

www.ttnar.ir

فصل سوم - مشخصات فنی مصالح

انواع لایه های روسازی :

۱) خاک بستر Sub grade

۲) زیراساس Sub Base

۳) اساس Base

◄ انواع خاک بستر :

- خاکریزی

دو متر بالای ۱۵ cm عمق الامکان از خاک های نوع A-4 تا A-7

(استفاده از این نوع خاک اجباری نیست چون هزینه بالا می رود)

- خاکبرداری

در صورت لزوم تعویض و لایه ۱۵ cm

(اگر لایه های آخر کیفیت مطلوب نداشت، در صورت لزوم باید اصلاح شوند)

- برش های سنگی

معمولاً مقاومت خوب است

استفاده از سنگ لایه ۱۵ cm از مصالح مرغوب

اگر جنس سنگ نرم باشد مانند مارن ممکن است از دو لایه استفاده شود.

- راه های موجود

الف) راه های خاکی : تا عمق ۱۵ cm شخم زده شود

ب) راه های آسفالتی : اگر مناسب باشد، برداشته می شود

◄ در صورت مناسب بودن خاک بستر می توان از تثبیت مصالح استفاده کرد. (اصلاح خاک)

تراکم بستر روسازی :

خاک بستر جزء لایه روسازی نیست ولی چون روسازی روی آن اجرا می شود، اهمیت دارد.

www.ttnar.ir

- حداکثر ضخامت لایه کوبیده نشده 15cm . مگر . در راه‌های فرعی 20cm
- حداقل تراکم لایه‌ها باید مطابق جدول آئین نامه باشد .
- رطوبت در حین تراکم مهم است . $w_{opt}-2 \leq w \leq w_{opt}+2$

کنترل سطح بستر روسازی :

مواردی که باید توسط کارشناسان بررسی و کنترل شوند ، عبارتند از :

۱) حداکثر اختلاف رقوم 2cm باشد .
۲) کنترل با شمشه 4 متری (حداکثر تولرانس 1.5cm)
۳) کنترل تراکم (طبق جدول جزوه براساس نوع راه)

زیراساس :

الف) انواع زیراساس

۱) زیراساس باشن رودخانه‌ای

محل تهیه بستر رودخانه ، سیل‌های قدیمی ، پی‌های کنار رودخانه یا واریزه‌ها

۲) زیراساس از سنگ شکسته کوهی یا تلوه سنگ شکسته

۳) زیراساس تثبیت شده (اگر مصالح مناسب نباشد آنها را اصلاح می‌کنیم)

ب) دانه‌بندی توصیه شده برای زیراساس

طبق جدولی که در جزوه آمده . و با کم‌ترین هزینه باید به دانه‌بندی استاندارد برسیم .

ج) مشخصات فیزیکی و مکانیکی زیراساس

نشانه خمیری ، حد روانی ، ارزش ماسه‌ای ، درصد سایش با روش لوس آنجلس و ...

www.ttnar.ir

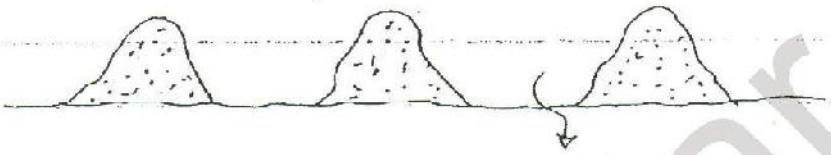
اجرای زیراساس

۱) شناسایی منابع تهیه (قبلاً باید شناسایی شده باشند)

↓

بازدید دیداری ... test pit ... آزمایشات فنی منابع تعیین می‌شود

۲) حمل و پخش نمودن مصالح بر روی خاک بستر با فاصله مناسب



فاصله پخش به گونه‌ای تعیین می‌شود که مصالح ریخته شده همدیگر را پوشش دهند

۳) پخش مصالح با ضخامت حدود بیش از 25 تا 30 درصد ضخامت نهایی

۴) تسطیح و رطوبت

۵) تراکم مصالح با غلتک مناسب

۶) کنترل تراکم ← کار دستگاه نظارت از اینجا شروع می‌شود

- هر 1500 m^2 یا حدود 350 تا 400 متر از یک حد عبور و یا هر 200 m^3 یک لایه
- 100٪ لایه اصلاح شده (حداقل تراکم قابل قبول)

۷) کنترل رقوم (حداکثر 2 سانتی‌متر)

۸) کنترل تغییر شکل موضعی با شمشه ۴ متری (حداکثر 2 سانتی‌متر)

۹) عبور ترافیک حتی الامکان تا 24 ساعت ممنوع

↓

اگر مجبور شدیم ... سرعت را محدود می‌کنیم (حداکثر 30 km/h)

اساسی

انواع اساس

۱) اساس باشن و ماسه رودخانه‌ای ... (حتی الامکان مصالح باید شکسته باشند)

www.tnar.ir

۲) اساس از سنگ شکسته کوهی یا قلوه سنگ شکسته

۳) اساس ماکادمی

در مواقعی که دانه بندی مناسب در اختیار نیست از آن استفاده می شود.

انواع اساس ماکادمی : خشک ، مرطوب و قیری

در این نوع اساس ابتدا درشت دانه ها ریخته شده و سپس ریز دانه را در بین آنها می ریزیم یعنی دانه بندی پیوسته نیست.

در ماکادمی خشک ، رطوبت نداریم ، در ماکادمی مرطوب ، به اساس رطوبت اضافه می شود و در ماکادمی قیری ، به مصالح سنگی قیر اضافه می کنند.

۴) اساس تثبیت شده

* اجرای اساس

۱) شناسایی منابع قرضه

۲) حمل و ریسه نمودن مصالح بر روی اساس با فاصله مناسب

۳) پخش مصالح با ضخامت حدود بیش از 25 تا 32 درصد در ضخامت های نهایی

۴) تنظیم رطوبت

۵) تراکم مصالح با غلتک مناسب.

۶) کنترل تراکم (مشابه روی اساس)

۷) کنترل رقوم (حداکثر 15 mm از اساس)

۸) کنترل تعیین شکل موضعی با شعشه 4 متری (حداکثر 15 mm)

۹) عبور ترافیک حتی الامکان تا 24 ساعت ممنوع

* اساس ماکادمی :

از دو نوع مصالح درشت دانه و ریز دانه تشکیل شده است.

www.ttnar.ir

• مصالح درشت دانه :

- دانه بندی ... (جدول ۴-۳)
- ساییش لوس آنجلس حداکثر درصد لغت وزنی مشابه جدول ۴-۲
- حداکثر درصد دانه‌های ورقه‌ای ۸٪
- حداقل ۷۵٪ دانه‌ها دارای دو وجه شکسته

• مصالح ریزدانه :

- دانه بندی (جدول ۴-۴)
- حد روانی حداکثر ۳۰٪
- شاخص خمیری حداکثر ۶٪
- ارزش ماسه حداقل ۳۰٪

۱- اجرای اساس ماکادمی :

۱- آماده کردن زیر اساس

۲- اجرای یک لایه مانده‌ای ۱۵ cm (حداقل ریزدانه ۷۵٪ و حداکثر ریزدانه ۸٪)
(درون‌یابی) آنچه از الک #200 می گذرد

۳- اجرای لایه درشت دانه

• دو برابر حداکثر درشتی مصالح ≤ ضخامت لایه کوبیده شده ≤ ۱½ برابر حداکثر درشتی مصالح

دو وسیله برای حداکثر درشتی مصالح ... اگر از غلتک ویبره استفاده شود

• غلتک زدن تا عدم جابجایی دانه‌ها

۴- اجرای لایه ریزدانه

• چسبش درصد تورنت ۱۲۵ - ۱۵۰ - ۱۲۵٪

۱- کنترل اساس ماکادمی :

۱۱ کنترل تراکم

• هر 2000 m^2 یک آزمایش

www.ttnar.ir

- کنترل تراکم توسط آزمایش مقاومت صفحه‌ای (حداقل 2500 kN/m²)

۱۲. کنترل رقوم (حداکثر 1.5 cm اختلاف)

۱۳. کنترل تغییر شکل موضعی با شمشه ۹ متری (حداکثر 1.5 cm)

فصل چهارم - تثبیت مصالح

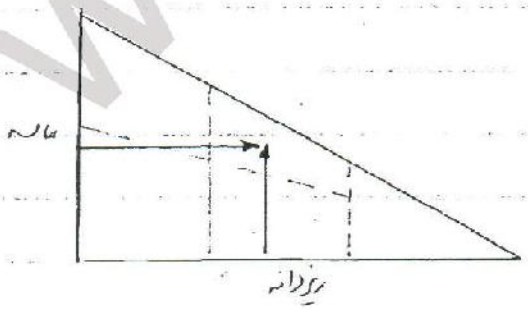
- تثبیت مصالح یعنی بهبود شرایط مصالح.

تثبیت: اصلاح خواص مکانیکی و فیزیکی مصالح سنگی با استفاده از یک مادهٔ مضاف.

- معمولاً از مصالح زیر جهت تثبیت استفاده می‌شود:
  - آهک
  - سیمان
  - قیر

- انتخاب نوع مادهٔ تثبیت‌کننده تابع خواص مصالح و هزینه است.
- از جدول راهنما (نظیر سخی‌های مؤسسه FAA) برای انتخاب اولیه مصالح مناسب می‌توان استفاده کرد.

سخی راهنمای مؤسسه FAA



انتخاب مادهٔ مضاف مناسب

با تعیین رده خاک با استفاده از سخی بالا

با استفاده از جدول زیر، نوع مادهٔ مضاف مناسب را تعیین می‌کنیم.

www.tnar.ir

! آیا تثبیت بهترین راه است ؟

- تثبیت گران است .
- تثبیت زمان بر است .
- تمامی راه حل های ممکن بررسی شود . (مثلاً مسیر راه را تغییر دهیم)
- با توجه به تمامی مسائل اگر تثبیت بهترین راه حل است ، اقدامات بعدی باید انجام پذیرد .

* تثبیت خاک با آهک :

← واکنش خاک با آهک

• کوتاه مدت ← تغییر کلایه دوگانه

• دراز مدت ← واکنش پوزولانی ، تشکیل سیلیکات و آلومینات کلسیم

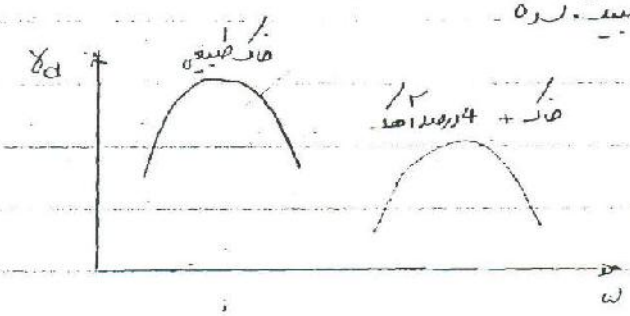
← خاک ها را به دو دسته تقسیم می کنیم :

• خاک های با واکنش با آهک

افزایش مقاومت آن پس از عمل آوری در طول ۲۸ روز در دمای 20°C بیش از $3.5\ kg/cm^2$ باشد . (یعنی افزایش مقاومت معنی دار است .)

• خاک های بدون واکنش با آهک

تغییرات خواص خاک های تثبیت شده

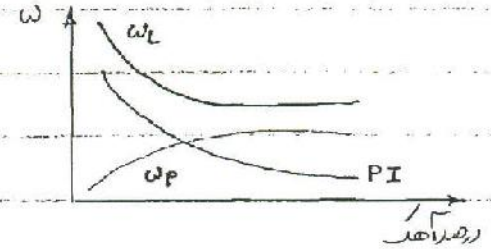


۱) اثر بر روی تراکم

این اثر مطلوب است و کاهش دانسیته مطلوب است .

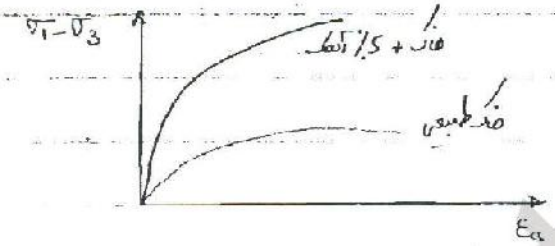
www.itnar.ir

۱۲) اثر بر روی خواص خمیری



خمیری بودن خاک به شدت کاهش می یابد.
(PI شاخص اصلی ماست)

۱۳) اثر بر روی مدول - کرنش



مقاومت خاک بیشتر می شود.

۱۴) کاهش قابلیت تحمل بار

۱۵) افزایش مقاومت (کوتاه مدت و دراز مدت)

۱۶) کاهش رطوبت (واکنش خاک با آهک ایجاد حرارت می کند و این امر باعث کاهش رطوبت خاک می شود)

۱۷) افزایش مقاومت در برابر خستگی

۱۸) افزایش دوام (مقاومت در برابر عوامل محیطی افزایش می یابد)

رده بندی لازم برای خاک ها جهت تثبیت آنها با آهک

برای تثبیت خاک ها، رده بندی مشخصی لازم است که در استانداردهای مختلفی ذکر شده است مانند US Army 1994

www.ttnar.ir

۱- اشکال های استفاده از آهک

- آهک زنده
- آهک شکفته
- دوغاب آهک (آهک شکفته را در آب حل می‌کنیم)

آهک زنده :

- مزایا: کاهش بیشتر رطوبت (رطوبت ناشی از واکنش آهک با آب)
  تأثیر بیشتر (۳ برابر آن معادل ۹ آهک شکفته) در نتیجه ارزانتر
  حجم مخصوص کمتر (نیاز به فضای کوچکتر برای نگهداری)
  تأثیر سریعتر
- معایب: آلودگی بیشتر محیط زیست
  ایمنی کمتر (بیشتر برای سوزاندن)
  در مناطق خشک مناسب نیست (چون رطوبت را زیاد کاهش می‌دهد)
  خمیر یکنواختی

آهک شکفته :

- مزایا: یکنواختی بیشتر
  ایمنی بیشتر
  کاهش کمتر رطوبت (در مناطق خشک مناسب تر است)
  آلودگی کمتر محیط زیست
- معایب: گرانتر است
  تأثیر کمتر

www.ttnar.ir

روغاب آهک :

- مزایا
  - یکنواختی بیشتر
  - ایمنی بیشتر
  - کنترل همزمان آب و آهک
  - آلودگی محیط زیست (از آهک شفته کم تر است چون سریع با خاک مخلوط می شود)
  - در مناطق خشک مناسب تر است

- معایب
  - گرانتر است (نسبت به دوغاب)
  - در فصول سرد در مرطوب مناسب نیست (چون خود دارای رطوبت است)
  - نیاز به تلمبه قوی دارد

* روش های طرح مخلوط خاک و آهک

* منظور از طرح مخلوط این است که چه نوع موادی را با چه نسبتی با هم مخلوط می شوند
محدوده استفاده از آهک زیاد نیست (۴٪ - ۵٪ وزن مصالح سنگی)

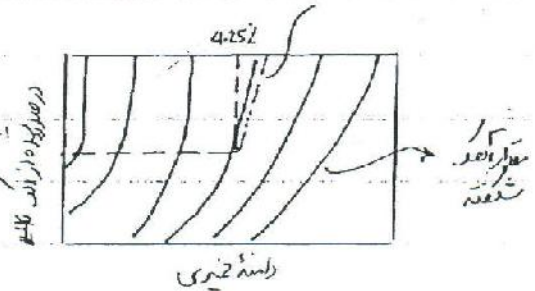
۱) روش PH (PH = 12.4 شروع واکنش های پوزولانی)

۲) روش شاخص خمیری (PI)

تغییرات شاخص خمیری با درصد آهک را رسم کرده و درصد آهک متناسب با شاخص خمیری مورد نظر را بدست می آوریم. و یا در جایی که مخلوط اخیر می شود، درصد آهک را معلوم می کنیم

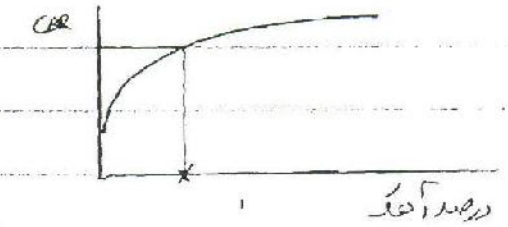
۳) روش اسمو

نکته مهم این است که در این طرح مواری سنگی خرد نرم شده است



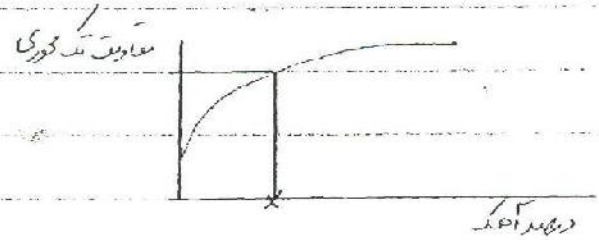
www.ttnar.ir

۱۴ روش CBR



برای خاک بستر یا زیر اساس آهکی
حداقل CBR ، 25٪ است

۱۵ روش تک محوری



این دو روش برای طراحی اولیه هستند و باید در پروژه ها ، آزمایش های مختلف را انجام داده و براساس مقاومت نهایی ، درصد آهک را تعیین کنیم . فقط باید به شرایط طراحی محل هم توجه داشته باشیم .

حداقل الزامات مقاومتی برای تثبیت با آهک و سیمان

Ref.. US Army 1994

لایه روسازی	حداقل مقاومت تک محوری
اساس	750
زیر اساس و بستر	250

مقاومت تک محوری برای تثبیت با سیمان پس از 7 روز و برای تثبیت با آهک پس از 28 روز تعیین می شود .

حداقل الزامات دوام برای تثبیت با آهک و سیمان

برای تعیین دوام ، از آزمایش ذوب یخ استفاده می کنیم . نمونه استوانه ای متراکم شده را برداشته و در داخل فریزر به مدت 24 ساعت (دمای 28- ℃) قرار

www.tnar.ir

می دهیم و عدونه را بروی سنگ متخلخلی که آب درون آن قرار دارد، می گذاریم تا خاک آن
رطوبت شود و آن را وزن می کنیم.
سپس بر روی هر دو نمونه ماسه برس می کشیم و این کار را 12 بار ادامه می دهیم و در نهایت
افت وزنی را اندازه گیری می کنیم.

نوع خاک	حداکثر افت وزنی مجاز (٪)
دارای PI < 10	11
دارای PI > 10	8
ماسه	8
ماسه ای	6

در روش تر و خشک کردن ابتدا نمونه را بروی سنگ متخلخلی که آب درون آن قرار دارد
می گذاریم تا خاک آب جذب کند. سپس آن را داخل oven گذاشته و بعد
از خشک شدن آن را وزن می کنیم و دوبار برس مسی را در هر دو نمونه آن می کشیم
و این سیکل را نیز 12 بار انجام می دهیم و افت وزنی را بدست می آوریم.
(افت وزنی نباید کمتر از مقادیر ذکر شده در بالا باشد)

اجرای زیر اساس آهکی

۱- کنترل بستر و ساری راه
۲- آماده کردن خاک (ذرات بزرگتر از 63 mm جدا می شوند)
۳- آماده کردن آهک
- حداکثر اختلاف با مقدار طراحی 5٪
- کنترل توسط بولدزر یا سیمی
- دما بیشتر از 5°C
- در هوای بارانی پخش نشود

www.tmar.ir

برای کنترل مقدار آهکی که به مجموعه اضافه می‌شود از سینی استفاده می‌کنیم. این سینی را زیر ماشین پخش آهک قرار می‌دهند و میزان آهکی که در واحد سطح وارد به خاک اضافه می‌شود، را به دست می‌آورند.

۴- اختلاط و آبپاشی

۵- کوبیدن (۹۵ درصد اشتو اصلاح شده : برای قابل قبول)

- در مراحل اولیه غلتک پاچه بزی و در مراحل بعدی چرخ لاستیکی

۶- ۰.۵ فوعاتی برداشته شود

۷- کنترل سطح انجام شده

- حداکثر تلرانس 2^{cm}

- کنترل با هشته 4 متری (حداکثر 2^{cm} تلرانس)

◀ تثبیت خاک با سیمان

- اثر سیمان بر خصوصیات فیزیکی و مقاومتی خاک‌ها مشابه اثر آهک است.

- برای تثبیت با سیمان نیاز به نوعی دانه‌بندی توصیه شده داریم.

PI < 18 ، W_L < 40

طراحی مخلوط خاک و سیمان (US Army-94)

- برای طراحی مخلوط خاک و سیمان گام‌های زیر برداشته می‌شود.

۱) طبقه‌بندی خاک تعیین می‌شود.

۲) با استفاده از جدول زیر مقدار تقریبی درصد سیمان مشخص می‌شود.

- در این زمینه US Army موجود است.

www.tnar.ir

۳) با استفاده از درصد قوی سیمان، آزمایش تراکم جهت تعیین رطوبت بهینه و وزن مخصوص خشک ماکزیمم مخلوط انجام می‌شود.

۴) سه نمونه با درصد سیمان بند ۲ و دو درصد بیشتر و کمتر، منطبق بر تراکم و رطوبت محلی برای آزمایش تک محوری، دوام در برابر یخبندان و ذوب یخ و تر و خشک کردن ساخته می‌شود (در مجموع ۹ نمونه).

۵) نمونه‌ها در طاق ۷ روز در اتاق مرطوب نگهداری می‌شوند.

۶) مقاومت تک محوری و دوام نمونه‌ها را تعیین می‌کنیم.

۷) کمترین درصد سیمان که شرایط جدول حداقل مقاومت را تأمین نماید، درصد سیمان طراحی است.

۸) درصورت لزوم باید درصد سیمان افزایش یافته و گام‌های از ۳ به بعد دوباره تکرار می‌شوند.

اجرای خاک‌های تثبیت شده با سیمان

۱- کنترل رطوبت رویه‌سازی مزان

۲- آماده کردن خاک (خاک به شکل مناسبی پخش شود)

۳- اضافه کردن سیمان

- برای یک نمونه
- حداکثر اختلاف با مقدار طراحی ۱٪ (برای متوسط 6 نمونه ۰/۵٪)
- دیا بیش از ۵٪

۴- اختلاط سیمان و خاک حداکثر در طول ۲ ساعت

۵- کوبیدن (۱۰۰٪ اشتو اصلاح شده) - کوبیدن حداکثر در طول ۲ ساعت

۶- در طول اولیه عمل‌آوری و جدا کردن چرخ لاستیکی و چرخ فولادی

www.tmar.ir

۱۶. حداکثر ضخامت لایه کوبیده شده 15cm به شرط رعایت تراکم تا 30cm

۱۷. کنترل سطح عام شده

- حداکثر تولرانس 2cm
- کنترل با شمشه 4 متری

۱۸. مرطوب نگهداشتن سطح با

- مالچ مرطوب
- میت (مقدار تقریبی 0.7 kg/m²)

← اگر از مالچ مرطوب استفاده می‌کنیم باید بعد از چند ماه راجع کنیم. ولی برداشتن میت لازم نیست

۱۹. عدم عبور آمد و شد تا ۳ روز

◄ تثبیت خاک باقیر

← کمتر از سیال و اهک استفاده می‌شود و بیشتر برای غلیق بندی مورد مصرف قرار می‌گیرد.

نحوه تعادل تثبیت خاک با اهک و سیال و قیر SS

اهک و سیال روانش سمیایی می‌دهند ولی قیر روانش نمی‌دهد.

از قیر بیشتر برای تثبیت درشت دانه‌ها استفاده می‌شود و برای خاک‌های ریزدانه و خمیری مناسب نیست. چون بین دانه‌های آن نفوذ نمی‌کند و فقط دور حوضه‌های آن می‌رود که از نظر نفوذ اثری ندارد ⇐ برای غلیق بندی از آن استفاده می‌شود.

- دانه‌بندی توصیه شده برای خاک پشت غلیق US Army 1994
- برای اساس و زیر اساس هم بر طبق بزرگترین اندازه دانه‌های مصالح دانه‌بندی ارائه شده است.

www.ttnar.ir

طراحی مخلوط‌های قیر و خاک

- طراحی مخلوط‌ها توسط آزمایش هوبارد فیلد و آب ماندگی انجام می‌شود.

خاک و قیر را مخلوط کرده (با هم زن) و آن را در استوانه‌ای ریخته و متراکم می‌کنیم.
بلنگ پیستون این نمونه را از روزنه انتهایی استوانه خارج می‌کنیم. حداکثر فشار لازم برای این امر به عنوان مقاومت هوبارد فیلد شناخته می‌شود.

- برای خاک‌های ریزدانه:
  - مقاومت هوبارد فیلد قبل از غلیان آب 450 kgf
  - " " " بعد " " " 180 kgf
  - انبساط حداکثر 5٪
  - حداکثر میزان جذب آب 7٪

- حداقل مقاومت هوبارد فیلد برای ماسه‌ها: 550 kgf
- برای شن‌ها از CBR یا سه محوری استفاده می‌شود. (به ندرت از قیر برای تثبیت شن استفاده می‌شود مگر برای عایق بندی)

آزمایش آب غلیان

اجرای مخلوط‌های خاک و قیر

تراکم نمونه‌های تثبیت شده با قیر عملی هم اسفت چون قیر تراکم را حفظ می‌کند.

www.ttnar.ir

فصل - قیر (Asphalt)

تعریف : مخلوط سیاه رنگ و چسبنده متشکل از هیدروکربورهای مختلف

قطران (Tar)

- ماده ای سیاه رنگ مشابه به قیر که از تقطیر کانی های حاصل از زغال سنگ بدست می آید.
- در ایران و در راهسازی کاربردی ندارد.

انواع قیرها

۱) قیرهای طبیعی یا معدنی

- سنگ های قیری (لرستان)

نفت خام در داخل یک سری سنگ های مخلخل نفوذ کرده و طلل هاز دل جدا می شود.

- قیرهای دریاچه ای (خوزستان، ایلام، کرمانشاه، دشت مغان و ...)

به خاطر شکستگی های لایه های بالایی زمین، نفت خام به سطح زمین آمده و دریاچه ای از قیر را به وجود آورد.

در ایران از این قیرها استفاده نمی شود چون قیر با کیفیت بالا در ایران در اختیار داریم.

۲) قیرهای نفتی

- در اوایل قرن بیستم جانشین قیرهای طبیعی شد.
- از پالایش نفت خام در برج های تقطیر بدست می آید.
- با کنترل روند تولید، درجه حرارت و فشار انواع قیرهای نفتی تولید می شود.

انواع قیرهای نفتی

۱) قیرهای خالص ۳) قیرهای محلول

۲) " دمیده ۴) قیر آبی ها

www.tiran.ir

آنچه در انتهای برج تقطیر می ماند، قیر خالص می باشد که اگر استفاده نشود همان قیر خالص است.
اگر تحت فرآیندی هوا به این قیر خالص دمیده شود، قیرهای دمیده و اگر به آن
حلال افزوده شود، قیرهای محلول تولید می شوند.
اگر قیر خالص را به ذرات ریز تبدیل کرده و به آنها بار الکتریکی داده شود امولسیون قیری بدست می آید.

قیرهای خالص (Asphalt Cements)

- مستقیماً در برج تقطیر به دست می آیند.
- براساس درجه نفوذ تقسیم بندی می شوند:

(40 - 50) (60 - 70) (85 - 100) (120 - 150) (200 - 300)

- انواع قیر با توجه به شرایط آب و هوایی محل انتخاب می شود.
- این قیرها باید خشک و خاکستر بوده و در دمای 175°C کف نکنند.
- با توجه به آزمایشات استاندارد کیفیت آنها کنترل می شود.

توسط واحد کنترل کیفیت پالایشگاه انجام می شود

قیرهای دمیده (Air Blown Cements)

- قیرهای خالص را در دمای 200°C تا 300°C حرارت می دهند. سپس درون قیر با اکسیژن هوا ترکیب می شود.

درجه نفوذ آنها از قیر اولیه کمتر و حساسیت آنها در برابر حرارت نیز کمتر است.

برای پوشش کانال های انتقال آب از قیرهای دمیده استفاده می شود.
در راهسازی کمتر کاربرد دارد.
برای پر کردن درزهای روسازی های صلب نیز استفاده می گردد.
براساس درجه نفوذ و نرمی نامگذاری می شوند:

R 80/25 ، R 90/15 ، R 110/10

نفوذ نرمی

www.tnar.ir

۱- قیرهای محلول (Cutbacks)

از حل کردن قیر خالص در یک محلول نفتی ساخته می‌شوند.

انواع بر حسب گیرش:

۱) قیرهای زودگیر Rapid Curing (RC)

نوع حلال: بنزین

۲) قیرهای کندگیر Medium Curing (MC)

نوع حلال: نفت سفید

۳) قیرهای دیرگیر Slow Curing (SC)

نوع حلال: گازوئیل

- قیرهای زودگیر چهار دسته تقسیم می‌شوند:

(RC-70) (RC-250) (RC-800) (RC-3000)

ویسکوزیته (بر حسب سانتی استوکس)

- قیرهای کندگیر:

(MC-30) (MC-70) (MC-250) (MC-800) (MC-3000)

- قیرهای دیرگیر:

(SC-70) (SC-250) (SC-800) (SC-3000)

۲- قیرابه‌ها یا امولسیون قیر (Emulsions)

نحوه ساخت:

(۵٪) قیرابه‌ساز + (۳۵-۴۵٪) آب + (۶۵-۵۵٪) قیر خالص

- مادهٔ قیرابه‌ساز به ذرات قیر بار الکتریکی مثبت یا منفی می‌دهد (همان ذرات بارهای همنام دارند و یکدیگر را می‌چسبند) و ذرات قیر را به هم نمی‌چسباند.

www.tnar.ir

انواع قیرآبه‌ها :

۱) آنیونیک (بارمنفی) ... با استفاده از املاح قلیایی تولید می‌شوند ... مناسب برای سنگ‌های آهکی و دولومیت‌ها ... (بارمثبت)

۲) کاتیونیک (بارمثبت) ... با استفاده از امین‌ها ... مناسب برای سنگ‌های سیلیسی و گرانیتی (بارمنفی)

آنیونیک :

- زودشکن ... Rapid Setting (RS)
- کندشکن ... Medium Setting (MS)
- دیرشکن ... Slow Setting (SS)

کاتیونیک :

- زودشکن ... Cationic Rapid Setting (CRS)
- کندشکن ... Cationic Medium Setting (MS)
- دیرشکن ... Cationic Slow Setting (CSS)

نامگذاری تکمیلی قیرآبه‌ها :

- پسوند HF پوشش قیر با ضخامت بیشتر روی سنگدانه‌ها
- پسوندهای 1 و 2 معرف درصد قیر خالص کمتر و بیشتر
- پسوند h کاربرد قیر خالص سخت‌تر (درجه نفوذ کمتر)
- پسوند S کاربرد امولسیون قیر برای ماسه‌ها

نکات راجع به قیرآبه‌ها :

- ماندهٔ تقطیر قیرآبه تغییر رنگ آن از قهوه‌ای به سیاه است.
- ارزانتر از قیرهای محلول است.

www.ttnar.ir

- بخش آن در شرایط مرطوب (بارندگی یا شستشو ندهنده) امکان پذیر است.
- از نظر محیط زیست بهتر است.
- آب همراه امولسیون باید زهکشی شود.
- آب همراه امولسیون باید جمع آوری و تصفیه شود.
- نگهداری قیرآبه ها در انبار امکان پذیر است مشروط به:
  - ممانعت از سرمای کمتر از 2°C
  - ممانعت از ته نشینی ذرات قیر

* اصولاً برای قیرهای کاتیونی امولسیون قیری تهیه شده آزمایشات استاندارد هم توصیه شده است چون بیشتر از قیرهای خالص مورد استفاده قرار می گیرند.

از جمله آزمایشات امولسیون قیری اندازه گیری میزان ته نشینی ذرات می باشد.

اگر ته نشینی از حد استاندارد بیشتر باشد باید قبل از انبار کردن بشکه ها را بغلتانیم

روش های ساخت امولسیون

۱) مخلوط کن سریع

ذرات ها بین ۱ تا ۱۵ میکرون است

غیر یکنواخت تر است (نسبت به روش دوم)

۲) آسیاب کلوئیدی

دانه ها با فاصله کم و به سرعت می چرخند و حجیم تر از بین آنها موجب پاره شدن ذرات می شود

ذرات ها بین ۱ تا ۲ میکرون است.

یکنواخت تر است.

www.tnar.ir

◄ خواص فیزیکی قیرها

حدود قیر موجود در آسفالت گرم و 3.5 تا 4 درصد می باشد ولی انتخاب همین درصد کم بسیار مهم است چون خواص مکانیکی قیر تاثیر زیادی بر خواص آسفالت خواهد داشت.

قیرها معمولاً توسط خواص فیزیکی خود شناسایی می شوند.
تلاش زیادی در رابطه با ابداع آزمایش های مناسب انجام شده است.
۳ آزمایش جدید پروژه SHRP موفقیت فوق العاده کسب کرده اند.
هزینه 300 میلیون دلار برای انجام این پروژه در نظر گرفته شده بود!
150 میلیون دلار آن مربوط به قیر و آسفالت بود.
هنوز ۳ آزمایشگاه ها به وسایل آزمایشات SHRP مجهز نشده اند.
در اینجا فقط به آزمایشات قیر خواص اشاره می شود.

۱- دوام

از جمله خواصی که همواره از قیر در درازمدت مطلوب می شود.

دوام: معرف تغییرات خواص قیر با زمان (پیری قیر است).
با گذشت زمان از جمله قیر افزوده، سخت تر و شکننده تر می شود.
سخت شدگی نتیجه عوامل زیر است:

۱۱ اکسیداسیون قیر
۱۲ تبخیر مواد سبک تر قیر
۱۳ پلیمریزاسیون (مولکول های قیر به هم می چسبند)
۱۴ تیکسوتروپی
۱۵ جدا شدگی مایعات با وسیکولیته کمتر از قیر
۱۶ جدا شدگی مواد روغنی از قیر توسط جذب سنگدانه های متخلل

www.ttnar.ir

انواع پیرشدگی :

۱) کوتاه مدت

درزمان اعتلاط قیر با سنگدانه داغ در کارخانه آسفالت ایجاد می‌شود

۲) درازمدت

بعداز اجرای روسازی و تحت اثر باد و عوامل محیط زیستی ایجاد می‌شود

۲ آزمایشات برای ارزیابی دوام پیرشدگی قیر :

- لغاب نازک قیر
- لغاب نازک دورانی
- ویسکوزیته مویینگی فشار

• لغاب نازک قیر

- پیرشدگی کوتاه مدت

- یک لایه نازک قیر با ضخامت کمتر از 3mm در ظرف استاندارد ریخته و به مدت 5 ساعت در دمای 163°C نگهداری کرده و درصد افت وزنی آن را اندازه گیری می‌کنند.

درجه نفوذ و نقطه نرمشدگی قیر نیز اندازه گیری می‌شود

• لغاب نازک دورانی (THIN FILM OVEN)

- پیرشدگی کوتاه مدت

- لایه نازک قیر را در ظرف استاندارد ریخته و در دستگاهی با دمای 163°C به مدت 85 دقیقه نگهداری می‌کنیم که در چرخ است.

اندازه گیری می‌شود (پرش رینگ و بال)

- فرایند این آزمایش به آزمایش لغاب نازک

زمان کوتاه تر

از عمل دورانی استفاده می‌کند در نتیجه :

www.ttnar.ir

قیر به طور مستقر حرارت دیده و در معرض جریان هوا قرار می گیرد.

اکسیژن اصلاح کننده استفاده شده باشد، اینجا در قیر پخش می شوند.

که در آزمایش لایه نازک این اصلاح کننده تشکیل می شود.

مانع ایجاد لایه سطحی می شود.

که در آزمایش لایه نازک سطح رویی حرارت بیشتری می بیند.

- فرسوده کن قیر تحت فشار "(SHRP)" (PAV)

پیرشدگی درازمدت (5 تا 10 سال)

از قیر فرسوده شده در آزمایش لایه نازک دورانی استفاده می شود.

فشار هوا: 270 kPa

دما 90 یا 100 یا 110°C بسته به شرایط آب و هوایی

زمان نگهداری: 20 ساعت

بر روی قیر فرسوده شده آزمایش برش دینامیکی انجام می شود.

- مزایای آزمایش تحت فشار:

هلال ها تحت از دست می روند.

اکسیداسیون بدون نیاز به دماهای بالا به سرعت انجام می شود.

پیرشدگی درازمدت تعیین می شود.

- رئولوژی

- در مورد تغییر شکل و جاری شدن مواد بحث می کند.
- محلول های آسفالتی که رفتار جاری می شوند:

در برای تغییر شکل های دائم (Rutting) ضعیف هستند

دچار قیر زدگی (Bleeding) می شوند (قیر از سنگدانه جدا می شود)

که اگر مقدار قیر زیاد باشد یا نوع قیر برای منطقه گرم مناسب نباشد اتفاق می افتد

- محلول های آسفالتی به پیش از حد سخت هستند.

www.tnar.ir

برای ترک های ناشی از خستگی (Fatigue) ضعیف هستند

برای ترک های حرارتی مساعد هستند.

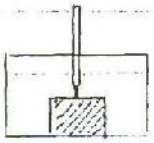
- معیار مقایسه نتایج (مهمترین)

⇐ رئولوژی قیرها اهمیت زیادی دارد.

- آزمایشات مربوط به رئولوژی

- چسبندگی (قدیمی، غیربهداشتی و مسموم)

- نفوذ Penetration


شرایط اولیه

مقدار نفوذ سوزن بصورت 5 پایه (مقدار نفوذ سوزن) اندازه گیری می شود. (نفوذ بر حسب 0.1^{mm})

- نقطه نرمی (درجه نرمی) Softening Point

اگر درجه نرمی قیر کمتر از $80^{\circ}C$ باشد از آب و اگر بالاتر باشد از گلیسیرین استفاده می شود.

درجه نفوذ عام قیرها در دمای نظیر نقطه نرمی 800 می باشد.

- ویسکوزیته مطلق (دینامیکی) در $60^{\circ}C$ ← دمای ماکزیمم روسازی (آسفالت)

شاخصی برای مقاومت قیر در برابر جاری شدن

زمان عبور ثبت می شود.

www.tnar.ir

- ویسکوزیته سیمانیلی در دمای 135°C

ویسکوزیته سیمانیلی

- 135°C معرف شرایط اختلاط مصالح با مصالح قیر دیش آنهاست.

- تعیین ویسکوزیته به روش سی بولت فنیرول

در این روش زمان لازم برای عبور حجم مشخصی از قیر از روزنه ظرف استانداردی تعیین می‌شود. دمای قیر 135°C می‌باشد.

- تغییر شکل پذیری Ductility

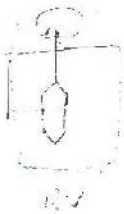
قیر را در قالب مخصوص ریخته و در داخل دستگاه کشش با سرعت ثابت 5 cm/s قرار می‌دهیم (آزمایش در دمای 25°C یا 15.6°C انجام می‌شود و سطح مقطع نمونه 1 cm² است) قیر را آنقدر می‌کشیم تا پاره شود و تغییر شکل قیر را اندازه‌گیری می‌کنیم.

- میزان تغییر شکل قیر خالص در دمای 25°C ..... 100 cm خواهد بود.

- ویسکوزیته دورانی Rotational Viscometer (SHRP)

در دمای 135°C آزمایش انجام می‌شود.

برای قیرهای اصلاح شده بهتر از سایر روش‌هاست.



پیرن مخصوص در قیر فرو برده و با سرعت مشخص می‌چرخاند و میزان دوران لازم را اندازه‌گیری می‌کنند.

www.ttnar.ir

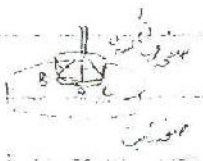
www.ttnar.ir

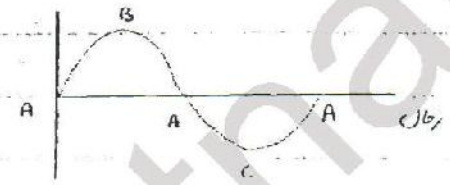
— برش دینامیکی

نمونه کوچک فیزیکی را تحت دوران با پریود مشخص قرار می دهیم.

$$\tau_R = \frac{2M}{\pi R^3} \quad , \quad \gamma_R = \frac{R\theta}{h}$$

θ : مقدار دوران h : ضخامت نمونه

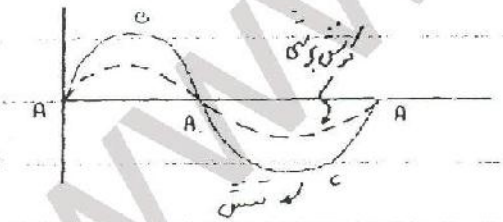




سرعت دوران : 10 rad/s ≈ 1.59 Hz

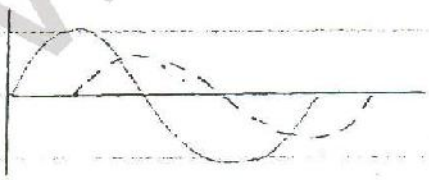
(برای وسایل دقیق) معادل 90 km/h

مصالح : الاستیک کامل :



(زاویه اختلاف فاز $\delta = 0^\circ$)

مصالح : ویسکوز کامل

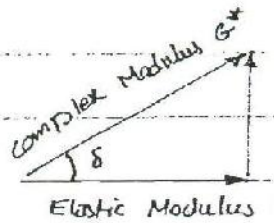


(زاویه اختلاف فاز $\delta = 90^\circ$)

$$G^* = \frac{\tau_{max}}{\gamma_{max}}$$

مصالح نه الاستیک کامل است و نه ویسکوز کامل بلکه بین این دو بوده و زاویه اختلاف فاز آن بین 0 تا 90 درجه است.

www.ttnar.ir



مدول برشی مرکب جمع برداری کشش الاستیک و ویسکوز است.

$$G^* = \frac{\tau_{max}}{\gamma_{max}}$$

هزینه آزمایش SHRP این است که روابط تنش و تغییر شکل که در طراحی مورد نیاز است به ما می‌دهد درصورتی که در آزمایش‌های قدیمی در مورد تغییر شکل بحث نمی‌شد.

با اندازه‌گیری G^* و δ می‌توان مدول برشی مرکب و مولفه‌های الاستیک و ویسکوز آن را تعیین کرد.

از G^* و δ برای ارزیابی دو پدیده زیر استفاده می‌شود:

- تغییر شکل دائم (Rutting)

برای کاهش تغییر شکل، باید کشش الاستیک بزرگ باشد یعنی $G^*\sin\delta$ باید بزرگ باشد (G^* بزرگ و δ کوچک بهتر است).

برای سنگ‌های اولیه بهره‌برداری:

for unaged binder $G^*/\sin\delta \geq 1$ kPa

for RTFO aged binder $G^*/\sin\delta \geq 2.2$ kPa

- ترک ناشی از خستگی (Fatigue)

برای جلوگیری از ترک خوردگی ناشی از بار ترافیک، باید مولفه ویسکوز $G^*\sin\delta$ یعنی ضلع بزرگ باشد. (برای اینکه انرژی به‌طور مستهلک شود)

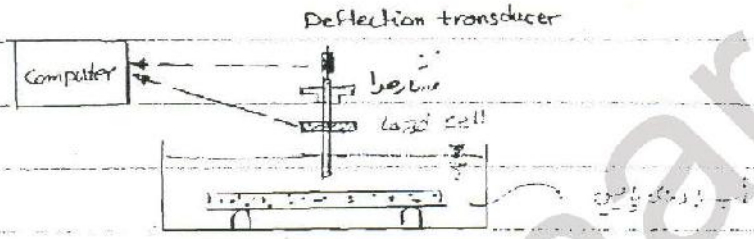
for RTFO and PAV aged binder $G^*\sin\delta \leq 5000$ kPa

برای تأمین همزمان هر دو شرط بالا، باید δ کوچک باشد ولی G^* در یکی بزرگ و در دیگری باید کوچک باشد.

www.tnar.ir

Bending Beam Rheometer (SHRP) — رئومتر تیر خمشی

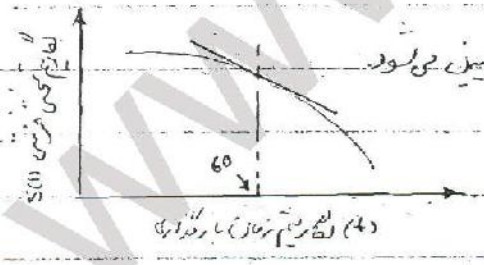
دمای های پایین تیر فلزی یکسره است. در مرحله اول این آزمایش برش دینامیکی اندازه گیری می شود.
سپس از این آزمایش برای ساده ترک استفاده می شود.
جهت ارزیابی تیر در برابر ترک های خزشی در دمای پایین مورد استفاده قرار می گیرد.



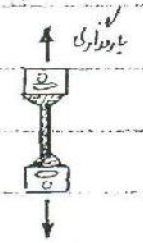
در این آزمایش مکانی خزشی تیر $S(t)$ (حرکت خزشی) اندازه گیری می شود و برای تعیین این سختی m (شیب منحنی) قابلیت انعطاف از روابط زیر تعیین می شود.

$$S(t) = \frac{PL^3}{4bh^3\delta(t)}$$

$\delta(t)$ مقدار خیز در لحظه t



Direct Tension Test (SHRP) — کشش مستقیم



مکانیزم آزمایش همانند تیر یک است.
اگر $S(t) < 300\,MPa$ باشد می توان این آزمایش را انجام داد.
این آزمایش در دماهای پایین انجام می شود.

www.tmar.ir

آزمایش آسفالتی

- تعیین نقطه اشتعال (Flash point) و اشتعال (Fire Point)

در نقطه اشتعال بخارات روی قیر شعله ور می شوند.
در نقطه اشتعال خود قیر نیز شعله ور می شود.
زمان دوام شعله در نقطه اشتعال حداقل 5 ثانیه است.

آزمایش درجه خلوص

مقداری قیر را داخل حلال مانند تترا کلرید کربن حل می کنیم و از صافی عبور می دهیم.
مقدار مواد باقیمانده بر روی صافی همان ناخالصی قیر می باشد.

آزمایش تعیین وزن مخصوص

هدف برقراری ارتباط بین وزن و حجم قیر است.
مشابه آزمایش بیکنومتر در خاک است.

مشخصات قیر و نحوه انتخاب براساس SHRP

طبقه بندی قیر براساس شرایط آب و هوایی است.

PG 64 - 22
- 22 ← حداقل دمای سال (قاره)
- 64 ← متوسط دمای گرم ترین هفته سال
- PG ← Performance Grade

قیر دما اثر هدی بر خواص قیر دارد. بنابراین پارامتر بسیار مهمی خواهد بود.

← بنابر توصیه SHRP انتخاب قیر براساس دمای منطقه خواهد بود.

قیر مورد استفاده باید مشخصات آزمایش های SHRP را داشته باشد.

برای مثال ... FP ≥ 230°C ... G*/sinδ ≥ 1 kPa

- اثر سرعت برای انتخاب درجه مناسب

آزمایشات براساس سرعت (99 km/h) 10 rad/s طراحی و انجام شده است

راجع به سرعت های دیگر چه باید کرد؟

در سرعت های پایین از ضریب کمتر استفاده می شود

در سرعت کم ... دمای max را یک درجه افزایش می دهیم

در محل های توقف ... دمای max را دو درجه افزایش می دهیم

بررسی دمای پایین اثری ندارد

مثال) جاده محلی ... 90 km/h ... PG 64-22

دوگل افت و خواص ... PG 70-22 ... آهسته

دوگل با سکول ها ... PG 76-22 ... توقف

- اثر ترافیک بررسی انتخاب درجه

محور استاندارد در آیین نامه ایران یک خودرو با چرخ عقب به وزن 8.2 ton می باشد.

اگر گذر از 10×10^6 ESAL (محور استاندارد) داشته باشیم نیازی به افزایش درجه نداریم

اگر $10-30 \times 10^6$ ESAL داشته باشیم افزایش یک درجه دمای max بررسی می شود

اگر بیشتر از 30×10^6 ESAL ... دمای max یک درجه اضافه شود

محور استاندارد ... Equivalent Single Axel Load

www.ttnar.ir

فصل پنجم — رویه ها

۱) اندودهای نفوذی و سطحی — Prime Coat & Tack Coat

تعریف: پخش یک لایه قیر روی سطح قشر راه را اندود نفوذی و روی سطح آسفالتی یا بتنی راه را اندود سطحی می نامند.

عملکرد اندود نفوذی:

- آب بندی
- چسبیدن مصالح سنگی به هم
- چسبیدن لایه آسفالتی بعدی به مصالح سنگی

عملکرد اندود سطحی:

- چسبیدن لایه آسفالتی بعدی به لایه آسفالتی یا بتنی قبلی

علاوه بر هدفی که در جزوه ارائه شده، روش مناسب پخش رقیق است که ویسکوزیته قیر آن 20-120 ثانیه استوکس باشد.

مقدار مناسب قیر:

- برای اندود نفوذی

• قیر محلول	1-2 kg/m²	بسته به بافت رویه و نوع مصالح
• قیر آبی	0.6-1.2 kg/m²	

- برای اندود سطحی

• قیر محلول	200-900 kg/m²
• قیر آبی	300-600 kg/m²

www.ttnat.ir

اجرای اندودهای قیری :

- وسایل

• جاروی مکانیکی یا سیستم هوای فشرده ـــــ • قیرپاش

- قیرپاش

• باید کنترل و هنرل داشته باشد

• باید دارای سرعت ثبت (m/min) باشد

که بتوان با بازشدن شیر انتهای قیرپاش سرعت قیرپاش را از قیر گیش شده کنترل می‌شود

از آزمایش سینی هم می‌توان استفاده نمود

• طول لوله قیرپاش 4m و باید دارای لوله گیش کن دستی باشد

• تلرانس عایل قبول مقدار قیر 10٪ (مقدار طراحی) می‌باشد

• از آزمایش سینی جهت کنترل استفاده می‌شود

• در هوای بارانی و مرطوب ترجیحاً اجرا نشود

• حداقل دما در هنگام کاربرد قیر کاتیونی حی زود 10°C و در هوای گرم و در سردا حی زود 15°C

• استاد انتها با رودخانه رعوا و به طور دستی اجرا شود

۲) آسفالتهای مخلوطی

- نقش سازه ای ندارند

- ضخامت صدائر 25 mm است

کاربرد : ۱۱ افزایش مقاومت ساختمانی

۱۲ " " لغزشی

۱۳ آب بندی روی راه

۴) رویه سازی مرحله ای ـــ در صورت نبود لایه خاصی

۵) نگهداری راه

۶) افزایش خاصیت بازتابندگی سطح راه

www.tmar.ir