

PG - ۴۳

طراحی راه بر اساس طرح سرویس است.

خرداد ۷ → MID 2

طرح سرویس به معنای خوب بودن و راحتی راستگی روی جاده و احساس خوبی که به فرد

حل کردن شنبه ۵ بعد از ظهر

در حین راستگی رخ می دهد.

استان - شنبه ۹، ۳، ۹ ساعت ۶

HW 3 - 75%

مراحل انجام روسازی مجدد و ترمیم:

106 → 11-12.5

تعیین

۱- میزان خرابی ۲- مواد سازنده راه از چه رفتارهای بقیه منگنه - مواد

رفتارشان تابع زمان است و سیکل الاستیک هتد مثل سازه فولادی در آتش سوزی که

در طول بازه‌های زمانی رفتار مختلف دارند. ② دما ③ پیرشدگی و ...

در آزمونگاه تست می گردد

۳- ثوابت و $constants$ می مثل ماده را باید بدست آورد که مثلا 10 ن سیر و داریم

بعد از 58 چه مقدار تغییر شکل داریم. ۴- بارگذاری روی سازه خودمان (جاده)

۵- ساخت مقادیر مین (معادلات دینامیک) را با $finite elements$ حل می کنیم.

۲- با توجه به تست کرنش بدست آمده و در رابطه که تست کرنش را به خستگی ربط می دهند

میزان خستگی را بدست می آوریم و میزان خرابی تعیین می گردد

نهایتاً باید $optimize$ کنیم تا یک ضخامت بهینه برای راه داشته باشیم. برای بهینه کردن

تمام مراحل قبله جای کار دارد مثلاً بارندگی لایه‌های خودرو روی جاده کار ساده‌ای نیست
مثلاً روابط استوار ترش

انواع روسازی

۱- Flexible pavements → ترکیب قیر و سنگدانه

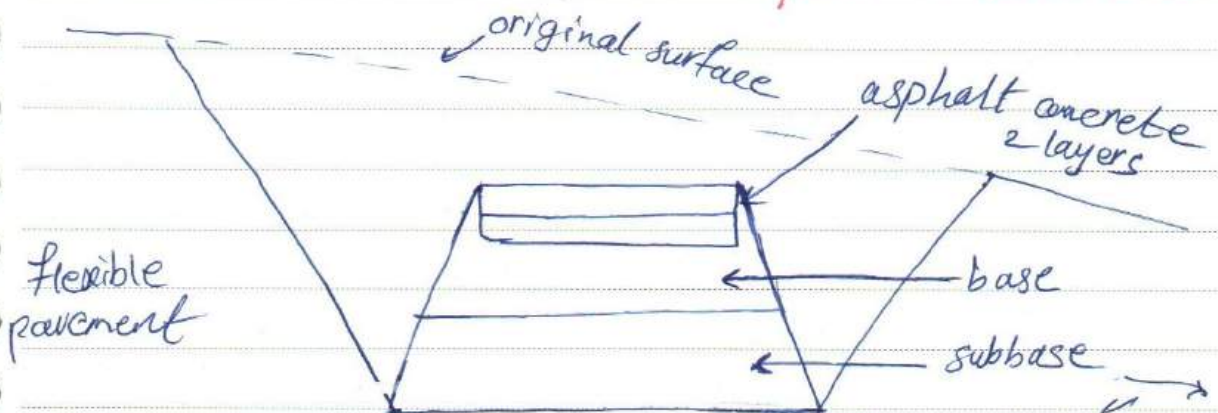
۲- Rigid pavements → بتن
portland cement concrete ← pcc

۳- composite pavements → ترکیب از یک لایه آسفالت و یک لایه بتن روی
HMA → hot mixed asphalt

آن به این حالت white topping گویند چون رنگ بتن روشن تر از آسفالت
در حالت معمول روی بتن آسفالت می‌ریزند.

لایه‌های حالت فوق دارای ساختار لایه‌ای هستند.

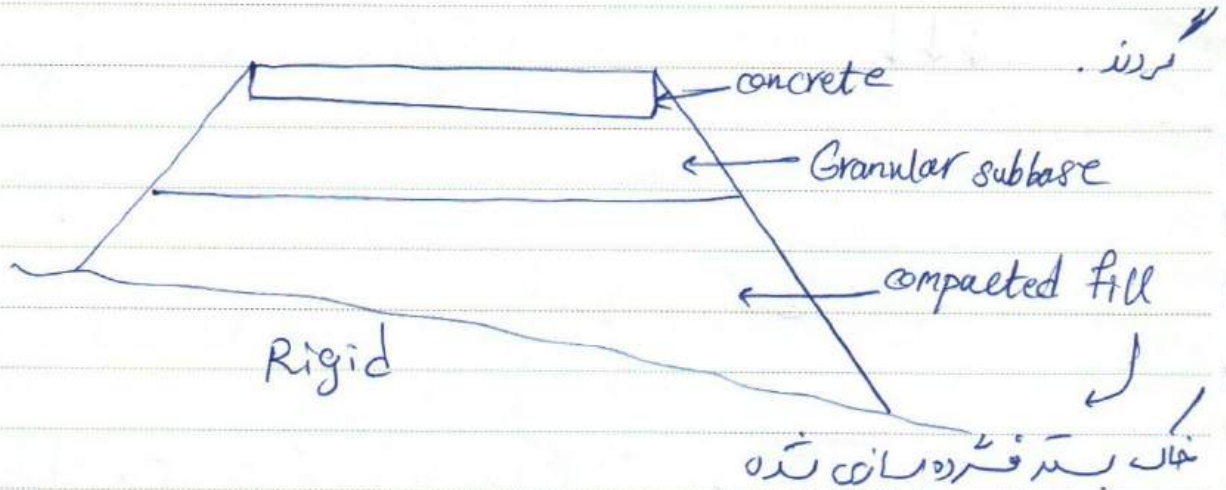
pavement structures



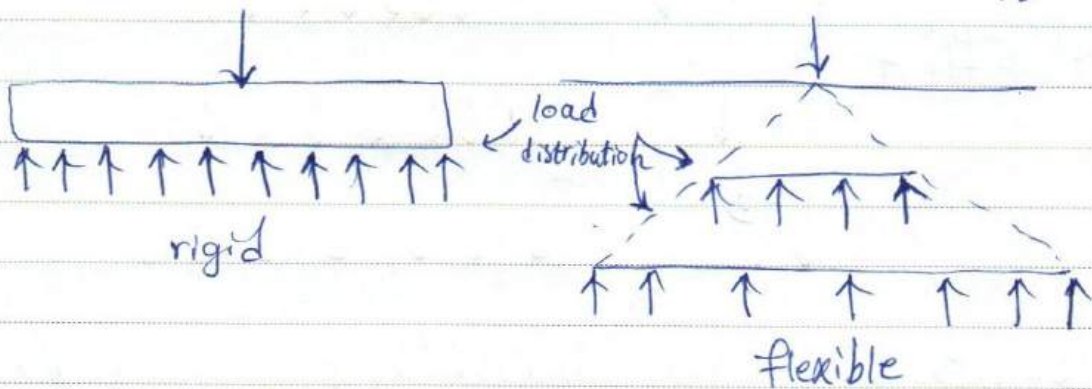
از مصالح سنگی با دانه بندی بدتر از base این ولی base خوب دانه بندی شده است

و دارای اتصال و پیوستگی خوبی است.

base و subbase معمولاً مصالح سنگی هستند. در مواردی ممکن است با موادی اصلاح



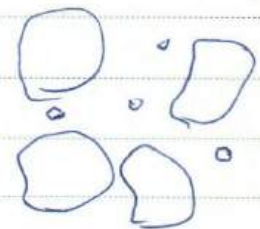
دلیل ایند subbase دانه بزرگتری نسبت به base دارد توزیع تنش است که هرچه پایین تر می رویم تنش کمتر می گردد.



base

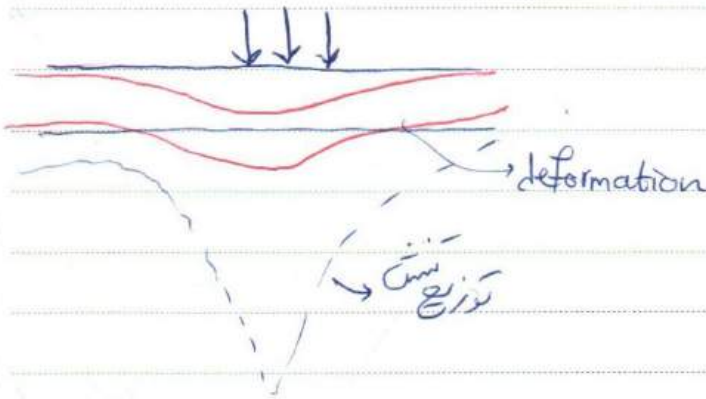


subbase



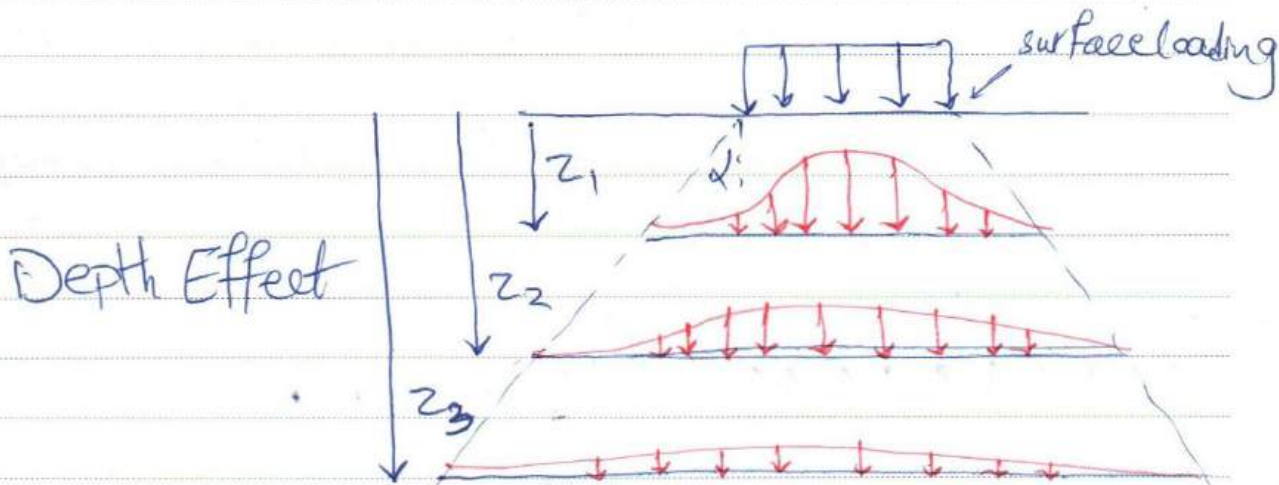
اندازه های بزرگتر بدانه می شده

الگویابی ما flexible باشد در اثر اعمال بارگذاری تغییر شکل به صورت موضعی است در نتیجه



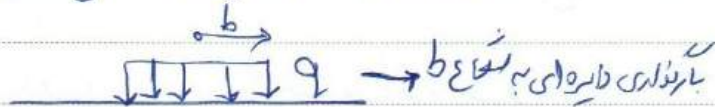
توزیع تنش نیز حالت موضعی دارند

سطح آسفالت در اثر آلودگی و هوازدگی و سردی بارش رنگ آسفالت روشن می شود



در شکل فوق هرچه کمتر لایه بیشتر باشد آنگاه زاویه پخش بیشتر می شود و به هم صلب بودن و توزیع کمزورتر و گسترده تر می گردد.

Stronger layers "shield" weaker materials

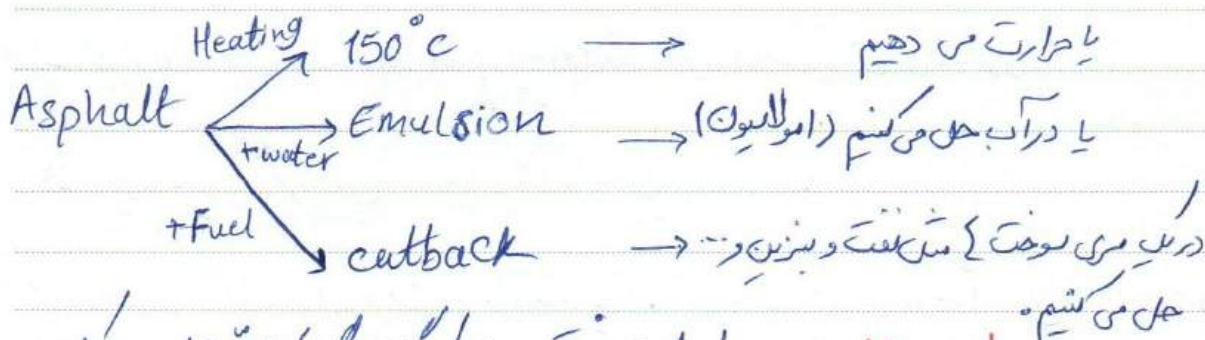


نسبت $\frac{E_1}{E_2}$ در توزیع تنش تأثیر دارد این تأثیر را به صورت
 یک نمودار برای تعیین $\frac{d_2}{9}$ است که کافی است $\frac{E_1}{E_2}$ و
 $\frac{z}{b}$ را داشته باشیم تا $\frac{d_2}{9}$ را بدست آوریم.

High Traffic Volume

HMA, hot mixed asphalt → سنگدانه های با دانسیته خوب aggregate + asphalt + air
 Tack coat → که با قیر به هم چسبیداند.
 لایه بسیار نازکی از قیر که روی لایه زیرین می ریزند

کاربرد قیر = قیر در دمای عادی سختی زیادی دارد و ویسکوزیته بالایی دارد و برای استفاده در construction باید viscosity آن را کاهش بدهیم.



- ۱- همین نسبت و برای دیگران گزینشی نمی توانیم بکنیم.
- ۲- هزینه بالایی سوخت و وقت (مقدون) مصرف می کنند.
- ۳- از نظر محیط زیستی مناسب نیست.

کلاً استفاده از cutback از دور خارج است و کمتر استفاده می گردد.

امولسیون روز به روز مطلوب تر می شود و میزان استفاده از آن بیشتر می گردد.

۱- رومایج در هم حل شدن را در هم حل کنیم مثل آب و روغن، شیر، کریم و...

امولسیون ممکن است چند فاز باشد و ترکیب باشد. ^{مصرفی} what is Emulsion?

اگر یک امولسیون قیری را با یک بماند ذرات قیری مجدداً به هم متصل شده و ته نشین می گردند بنابراین

از نوعی ماده به نام Emulsifier یا surfactant یا surface active استفاده می کنند که روی سطح قیری نشاند و سطح آن را بپوشاند و در نتیجه ذرات قیری را از هم جدا می کند.

و پایدار می ماند. عوامل مانند ۱- بارندگی با غلظت ۲- مجاورت با هوا ۳- واکنش

شیمیایی این پایداری در ^{عوامل} ^{براد امولسیون را} ~~عوامل~~ از بین می رود و ذرات پایدار می گردند.

دلایل استفاده از prime coat

۱- ایجاد یک لایه ی محکم working platform برای ماشین های راه سازی

۲- ایجاد چسبندگی بین دو لایه ی بالا و پایین

۳- قیر در منافذ وارد می شود و با سد عایق مانع بوجود آمدن موئینگی capillary می شود

asphalt institute & AI به متوجه شده اجرای prime coat تأثیری روی خرابی ندارد

طی تحقیقات سال ۸۵ اخیر، در راهسازی بعضی متدما لایه‌ی آسفالت با لایه دانه بندی خوب

دسترده، لایه‌ای را ایجاد کنند که خودش عایق است پس دیرینیزی به prime coat نیست و اگر

ضخامت prime coat از حدی کمتر گردد آنگاه مقاومت برش خوبی نمی‌دهد و دارای یک ضخامت

Optimum است. ضخامت زیاد از آن ۲ عیب دارد ۱- باعث ایجاد لغزش HMA روی

base می‌شود. ۲- ممکن است به لاستیک خودرو بچسبد. Slippage Failure
sticking to the equipment tires

اگر HMA ضخامت زیاد داشته باشد می‌توان آن را در دو مرحله و دو لایه اجرا کرد چنانچه لایه‌ی

پایین آن ممکن است دارای مقاومت مورد نیاز کمتری باشد و کسینف پایین‌تری لازم داشته باشد.

Tack coat: لایه‌ی نازک قیری است که بسبب می‌شود دو لایه‌ی HMA به هم بچسبند و زمانیکه

لایه‌ی بالایی را احرام کنیم خودش به دلیل داشتن دافعه‌ی حلقه بالا مقداری از لایه‌ی زیری را گرم می‌کند

و خودش نوعی چسبندگی ایجاد می‌کند.

برای اجرای tack coat سطح روستازی ما باید گرد و خاک نداشته باشد و خشک باشد.

قد چسبیده به لایه خود روی در آراه که
از لایه جادای گردد و سطح لغزنده می گردد

① چاهایی به tack coat به لایه
خود روی می چسبند و tack coat را

از بین می برند

برای جلوگیری از دو مشکل فوق pattern لایه و شیرگی nozzle تقریبی

در گاه به گونه ای است که لایه از روی قیر عبور نمی کنند. ۲- از نوعی ماده می کشند

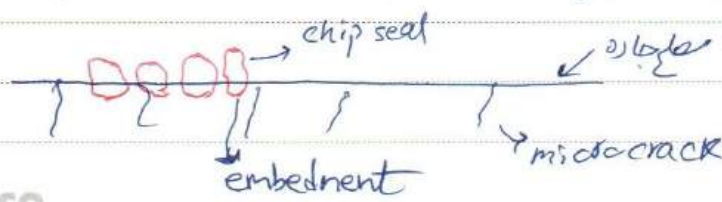
نود به سطح جادای می چسبند و لایه نمی چسبند استفاده می کنند

برای دو مورد فوق ماده می جدیدی به نام Trackless tack می سازند.

برای صنعت HMA دو حالت وجود دارد } ۱- در محلی به نام plant می سازند
۲- در داخل جاده و توسط ماشین آلات گزاری
می سازند که مخلوط آسفالت را با افزودن بخش می کشند و می کشند.

Chip seal نوعی ماده می سنگدانه ای است که نقش باربری ندارد. در ابتدا یک لایه قیر آسفالتی

روی سطح راه می ریزند پس یک لایه از این سنگدانه های یکپارچه روی جاده می ریزند و با غلظت



شکل chip seal آن است که ممکن در لب به جاده نخسبد و با جاده در همان ابتدا آنها را جمع

می کنند ولی اگر گندانه خوب نخسبد ممکن است مثل safety و امنی برای خودرو ایجاد کند

asphalt spray یک خودرو است که یک لایه ی قشر آسفالت روی جاده می پاشد که دارای

nozzle می است که با هم هم پوشانی دارند از طرف دیگر فاصله nozzle تا زمین و نیز بودن

حفرات آنها اهمیت بالایی دارند

Rigid pavement surface یک لایه ی بتن concrete که کمتر به شرایط جوی ربط دارد مثل

آسفالت لایه های مشخص صورت می گیرد ولی بتن در هنگام بهره برداری در دمای $20 - 20 + 20$ درجه ی

تفاوت مقاومتی ندارد

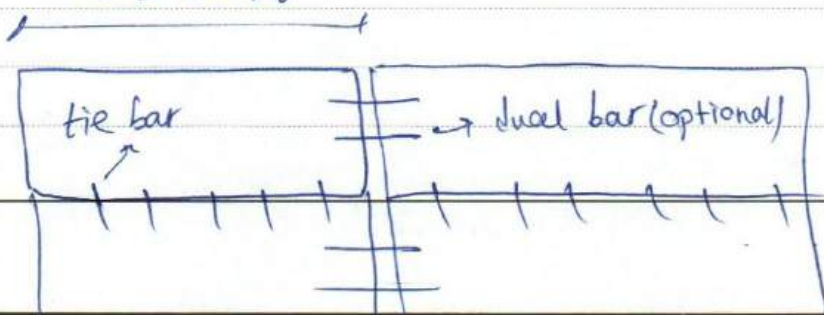
jointed plain concrete pavement (JPCP)

طول دال بین 15 تا 30 ft است (درجهت ترافیک) می توان برای اتصال دو

دال از جهت کناری از tie bar استفاده کرد و درجهت طولی از dual bar استفاده

می کنند به dual bar دلخواه optional است

15 to 30 ft



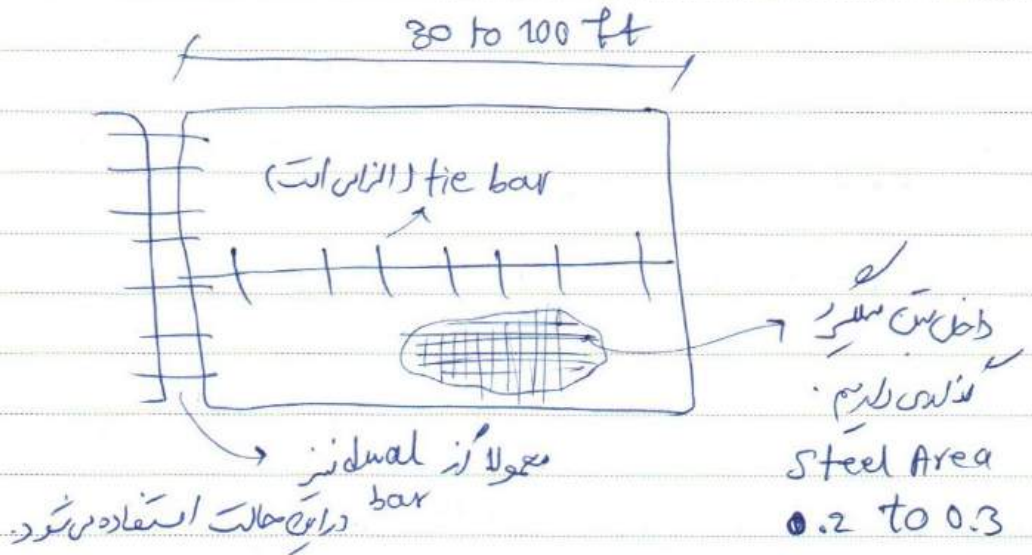
Subject:

Year: Month: Date: ()

1- additive و افزودنی می باشد و شکر هر کدام (افزودنی)

2- نوعی اجرای هر کدام از این روشها

jointed Reinforce concrete pavement (JRCP)



Continuously Reinf conc pave (CRCP)

این نوع بتن دال - دال است و یکپارچه است و
 steel area 0.6 to 0.8
 برای ترک های به ضخامت دال

prestressed concrete pavement PCP

نوع دیگری از روشهای مسلک و بتن تقویت شده است.

Subject :

Year . Month . Date . ()

Runway ← سطح باند فرودگاه برای پرواز و فرود هواپیما } فرودگاه

apron ← محل قرارگیری هواپیما برای مدت طولانی جهت سوخت گیری

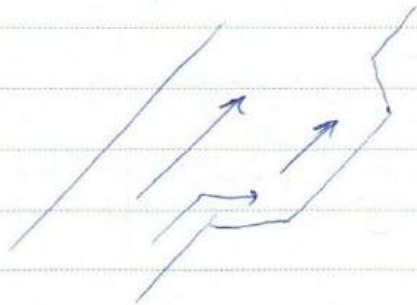
taxiway ← اتصال دهنده دو مورد بالا است.

در محدوده ای apron سطح رو سازی باید به صورت بتنی اجرا شود زیرا بارگذاری زیادی برای مدت

طولانی صورت می گیرد.

رو سازی با توجه به مصالح در دسترس و تکنولوژی مکانی در دسترس ماصورت گیرد.

Auxiliary lane ← لاین ای کمکی در جاده ای سه بان است که برای کمک به گردش ترافیک است.



Frontage road

median

Subject :

Year . Month . Date .

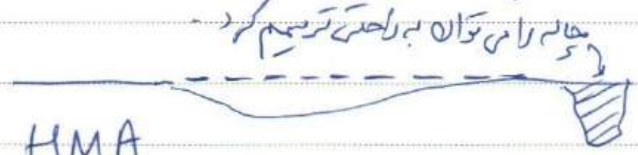
می کشند

PCC روی بتن

bas

فرایابی روسازی انعطاف پذیر :

۱- اگر در سطح راه نسبت داشته باشیم و این نسبت غیر لزاجت باشد، مانند رال بتن نسبت



که بکشیم و می تواند خوردن را با سطح

HMA

جاده با انعطاف پذیری همگام کند.

base

۲- به دلیل انعطاف پذیری می توان به راحتی ترسیم کرد. (اگر چاله ایجاد گردد.)

۳- پوشش زرد روی سطح آسفالت و اضافه کردن ضخامت همجنس در روسازی آسفالتی راحت تر

است و باید لایه tack coat ایجاد می گردد.

۴- سطح آن نسبت به سایر خنک تر است، ممکن است گدازه ها جدا شود یا قیر آن

هوازده شود و این اصطلاح آن در حالت خشک هیچ راه مجزایی نمی شود و می برای بتن ممکن است

میگردد نشود. Brittle

Binder oxidation → stiffness ↑

احتمال ترک خوردن بالا می رود
میزان چسبندگی آن با بتن می آید

adhesion ↓

ملاحظات :

مکاتب ۲

- ۱- انعطاف پذیری خود را در اثر هوازگی از دست می دهد باید تصمیم بگیریم.
- ۲- نسبت به رطوبت و جایی که ممکن است زیر سطح آب پروردن آب نسبت و ممکن است تخمین شود و نباید از آن حالت استفاده کرد.
- ۳- ممکن است در درز آس عرض چهارگانه وجود این گردد.

موارد استفاده از روسازی سخت ۲

airport apron - high traffic volume roads - - - -

مزایای روسازی سخت -

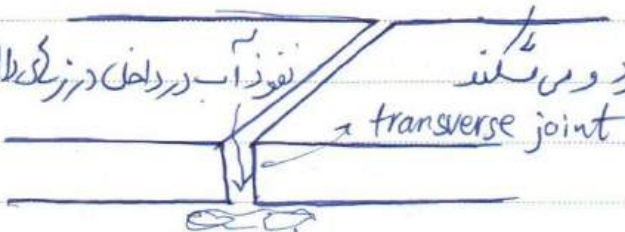
- ۱- در برابر هوازگی و آب مقاومت خوبی دارد (دوام بالا)
- ۲- طول عمر سرویس دهی بالا

۳-

مخالف ۱

صاف ۱۱

۱- سطح آن ممکن است بعد از زمان لغزیده گردد باید به گونه ای سطح آن را زیر و با اصطلاح بالا

۲- در اثر نشست نامتوازن ترک می خورد و می شکند
transverse joint

۳- may fault at transverse joint

نشست و شکست مواد زیر لایه

pavement خرابی های روسازی
Distresses

در مرحله طراحی باید در ابتدا میزان خرابی را بسنجیم

در این مرحله هم شدت خرابی اهمیت دارد هم فراوانی آن

نیاز داریم تا

هر چند وقت یکبار سطح سرویس راه را اندازه می گیرند و بر اساس آن مدیریت خرابی می کنند

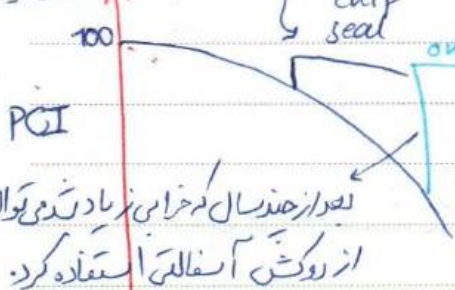
شناخت عوامل خرابی و اصلاح جنبه و نوع روسازی بر اساس مشاهده خرابی در دو مرحله

design روسازی و انتخاب مواد باید روی آن بحث گردد

بهرتر

برای تعیین سطح سرویس شاخص می ملتف تعیین شده است مثلاً $PCI \leq 100$

مثلاً در حال از chip seal برای راسبت استفاده می‌گردد



این از عوامل محدود کننده راه $C_0 \leq \text{budget}$ است
که برای روسازی یک پورچه مشخص اختصاص می‌یابد که
نباید هزینه تغییر و نگهداری با از مقدار مشخص بیشتر شود.

مثلی بعدی میزان رضایت مردم از راه است که نباید از

حدی کمتر گردد مثلاً می‌گویند $60 < \text{PCI} < 100$ باشد.

مثلاً می‌توان زمانی که micro crack داشتیم از یک لایه chip seal استفاده کرد و مانع افزایش

تخریب لایه آسفالت شد اگر این کار را نکنیم آب و هوا وارد ترک می‌رود و آنها را بزرگ

می‌کند و دیگر نمی‌توان از chip seal استفاده کرد چون روسازی به شکل سازه‌ای افتاد پیدا کرده است

و باید یک لایه آن آسفالت را تراشید و مجدداً HMA جدید روی آن ریخت.

بین دو حالت متوسط بالا (کوتاه مدت و بلند مدت) ایندکس یک بهتر و اقتصادی تر است و

pavement management شخصی می‌کند. مثلاً هزینه chip seal حدود 4 هزینه روکش جدید است.

دسته بندی خرابی از اهمیت بالایی دارد زیرا هر خرابی چنانچه روی سویی می‌گذارد

نوع
کم low
متوسط medium
زیاد severe / high
شدت خرابی

تعداد خرابی

بنا بر نوع، شدت و تعداد خرابی سطح سویی PCI را مشخص می کنند.

$$PCI = 100 - a_1 D_1 - a_2 D_2 - \dots$$

برای پارامترهای بالا جدول کمی مشخص وجود دارد که بر اساس ۳ پارامتر نوع و شدت و خرابی

تعیین می گردند.

هزینه ای تعمیر راه؟ دو نوع است: ۱- هزینه تعمیر ۲- هزینه ای که بابت وقت معطله (زمان)

مردم تحمل می کنند، هزینه ای تعمیر خودرو، اشتغال زایی، رضایت مردم و تأثیر روی اقتصاد.



بودار هزینه و زمان

که مثلاً بعد از ده سال می خواهیم روشن کنیم.

هر منفی که $\frac{B}{C}$ بالاتر باشد بهتر است، در واقع می خواهیم با حداقل هزینه حداقل سود را داشته باشیم.

* pavement management چیست؟

چه پارامترهایی در مدیریت راه سازی تأثیرگذار است؟

خرابی سے آگاہی رکھنے والے بہ عنوان یک نصاب کہ یا طرح مناسب نصابی مواد
مناسب استعارہ شدہ است، دلائل کہ عامل خرابی هستند را ملائم خرابی گویند۔

علت ایجاد خرابی زیاد در زمان کم (خرابی زودرس)

۱- مواد نامناسب ۲- طرح نامناسب ۳- ساخت و اجرای نامناسب

عوامل مؤثر بر تخریب و سازه

۱- شرایط موجود - خاک بستر

۲- مواد انتخابی

۳- سازه‌ها که طرح می‌کنیم

۴- در اجرا حقیقت تصدیق و خوب هستیم

۵- عملیات ترمیم و نگهداری ← M & R
maintenance & repair
(rehabilitation)

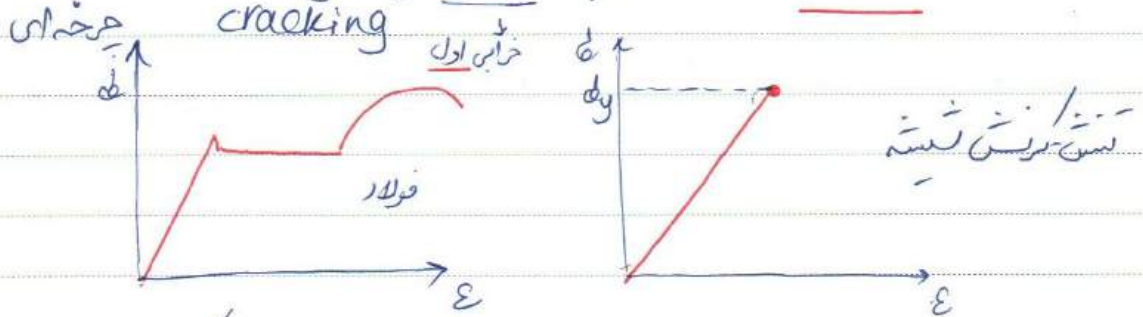
۶- رطوبت

۷- ترافیک

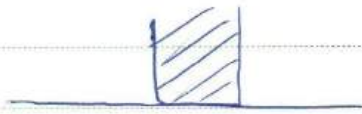
عوامل ایجاد خرابی

- ۱- بارگذاری ۲- دما ۳- رطوبت ۴- هوازدگی (السیزیک)
 ↑ ↑ ↑
 temperature moisture age related

از عوامل مربوط به بارگذاری ترک‌های مربوط به خستگی یا Fatigue ← ترک‌ناشی از بارگذاری

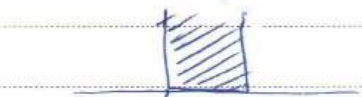


در هر نوع باره‌ای خستگی در اثر عوامل خاصی صورت می‌گیرد مثلاً تشنه و فولاد معمولی این عوامل مختلف داشته باشند.



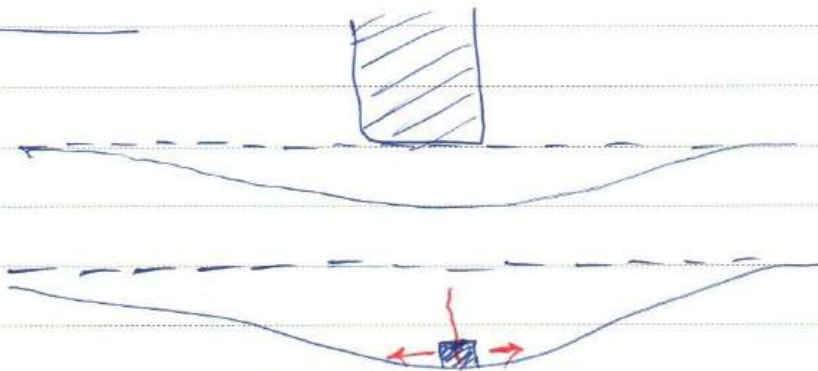
ترک خستگی چند نوع اند

۱- نوعی که از پایین به بالایی رود bottom-up



۲- نوعی که از بالا به پایین می‌رود top-down

عکس ایجاد
این نوع ترک برش
ایجاد شده می‌باشد



ترک های ناشی از خستگی از نظر شدت دارای low severity یا شدت کم است و باز شدگی کمی دارند.

ترک ناشی از خستگی به ترک سیماری یا Alligator cracking معروف است.

خرابی دوم که در اثر بارگذاری بوجود می آید :

تیارشدگی (rattling) (تغیر شکل دائم یا پلاستیک) به نشستی که در مسیر عبور

plastic deformation

لاستیک از روی سطح جاده بوجود می آید تیارشدگی گویند. علت آن : تراکم در لایه های

روستنی ، اگر ما در حین طراحی و ساخت راه به اندازه کافی تراکم نکنیم در لایه ها بعد از عبور وسایل

نشست صورت می گیرد. ۲- علت دوم آن است که مدول الاستیسیته و برشی تا بعضی اندازه ها هستند

اگر دما بالا برود مقاومت کششی و برشی آن پایین می رود.



$E(T) \rightarrow$ مدول الاستیسیته

$G(T) \rightarrow$ مدول برشی

در حالتی که Rattling بر اثر نیروی برش صورت گیرد حالت موضعیتری دارد. اما در حالتی

که تیارشدگی بر اثر نشست باشد گسترده تر است و پهن تر.

برای اندازه گیری تیارشدگی در جهت عرضی جاده یک میل را قرار می دهند و نشسته فرورفتگی

در سطح جاده را اندازه گیری می کنند.

۲- دما: مقدار نرمی و خمی که اگر در دما خیلی پایین بیاید سبب نفوذ شدن HMA می شود

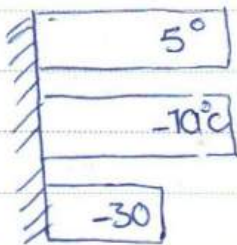
و مدول الاستیسیته بالایی دارد و ماده حالت خیلی الاستیک داشته ای دارد و اگر آن انبساط که دیگر damping نداریم و تابان شدن داشته می شوند.

علت ایجاد ترک های حرارتی آن است که دما در طول روز به یکباره در یک بازه ای زمانی کوتاه تغییر

زیادی می کند و کاهش دما موجب انقباض می شود و نهایتاً در یک دمای این $T < 0^{\circ}C$

انقباض به مقداری می شود که سبب ترک خوردن سطح راه می شود.

$E \uparrow$ HMA



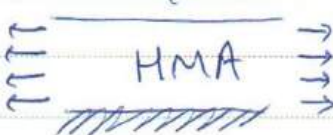
$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

$$F = K \cdot \Delta L$$

$\downarrow$
 E

مثلاً در $5^{\circ}C \leftarrow 2 AM$
بازمانده $-30^{\circ}C \leftarrow 10 AM$

$$T < 0^{\circ}C$$

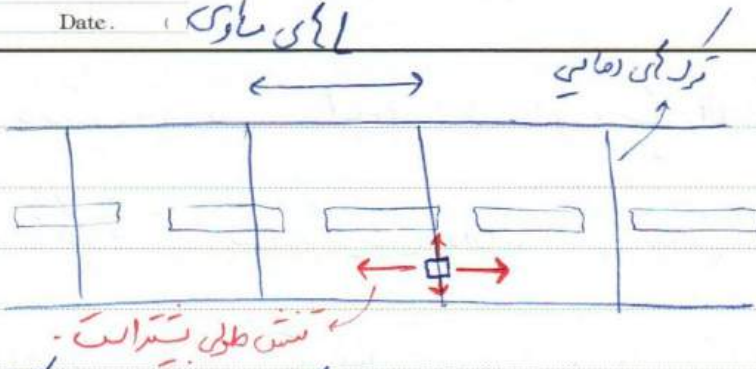


تشنه ای کششی
ناشی از انقباض

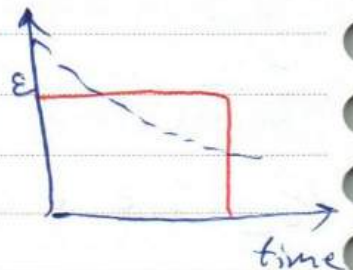
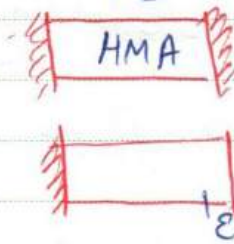
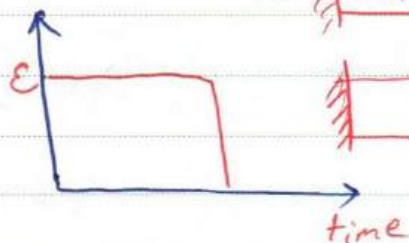
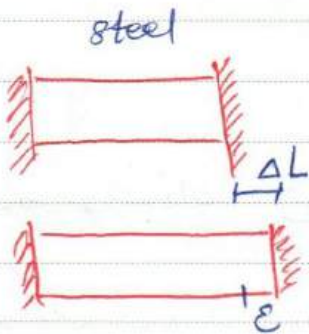
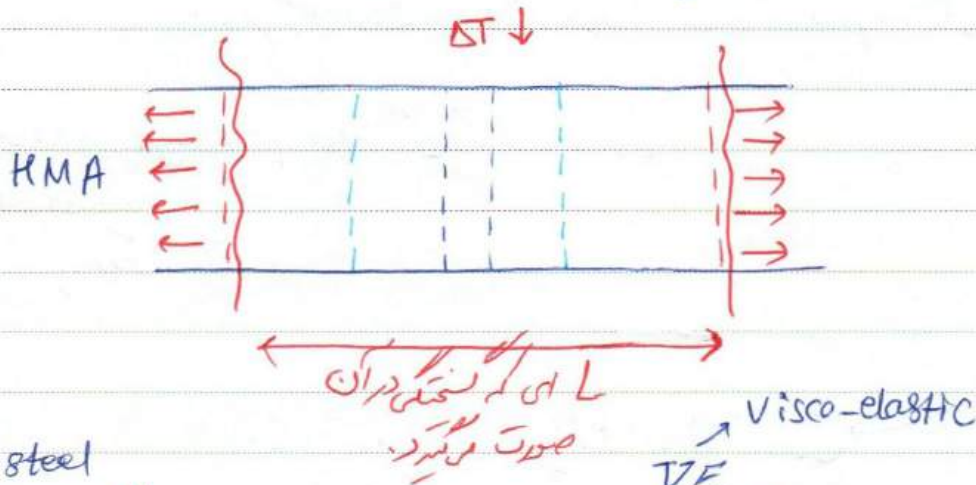
اگر سطحی رو سازی ما از یک ماده ای بکنیم و یکبار به خوبی ساخته شده باشد و اندازه

ترک های روی سطح جاده در فاصله کمی مسوای رخ می دهد که این طول های مسوای همان طولی است

که اگر طول از آن بیشتر شود دما آن طول باعث گشجگی آسفالت روی سطح راه می شود.



چون این ترک در اثر نیروی انقباض $F = K \Delta L$ اگر L از حدی بیشتر گردد ΔL به میزان ΔL گشایش می رسد پس ترک در لایه ماسه ایجاد می گردد. علت آنکه در راستای طولی ترک نمی خورد آن است که در جهت عرض هیچ گیرداری (confinement) وجود ندارد به تشنه ایجاد کند و در ابعاد راهسازی ما ترک طولی ایجاد نمی شود. (اسلاید ۲۷)



تفاوت ماده‌ی الاستیک مثل فلز (steel) با ماده‌ای ویسکوالاستیک مانند HMA در صورتی که به علت یک تنش، مقداری کرنش پیدا آید، پس از همدس به دلیل جابجایی مولکول‌ها ماده relax می‌شود و با گذشت زمان تنش از بین می‌رود و فقط کرنش صورت می‌گیرد.

مثال rutting علی‌المخصوص به دلیل تغییر شکل در لایه‌ی اول در روسازی آسفالتی جوان صورت می‌گیرد. ترک‌های خستگی در روسازی آسفالتی (کهنه) صورت می‌گیرد.

ترک‌های حرارتی هم در روسازی جوان، هم در روسازی پیر رخ می‌دهد.

۳- **رطوبت** - در واقع می‌توان گفت حرارت و رطوبت با هم یک ملانزیم می‌سازند که به آن **Temperature/moisture-related** گویند.

Frost-heave برآمدگی یخ زدگی مهم در آسفالت



عمق یخبندان - عمق یخ‌خاک که دما، زیر دمای انجماد است را عمق یخبندان گویند که ذرات در این عمق یخ نمی‌زنند و در زیر می‌توانند حرکت کنند.

در زیر عمق یخبندان هیچ یخبندانی وجود ندارد، در خاک آبی که حالت ریزدانه داریم و خاصیت موئینگی داریم این لایه آب را به سمت بالا می‌آورد و در اطراف Ice lense جمع می‌شود.

و lense های بزرگ می شوند و ممکن است به یکدیگر بچسبند، آنها لایه ای از یخ زیر سطح

یوسازی ایجاد می شود که افزایش حجم صورت می گیرد و با نیروی ایجاد شده راه را به سمت بالا

حرکت می کند.

عوامل ایجاد :

۱- ذرات ریزانه (خاصیت یونانی) - خاک حساس
۲- وجود آب
۳- بروز دمای یاسن

Ice lenses

بیش از ۱۰٪ از خاک ۲۰۰ عبور کند یا ۳۷٪ از خاک ۲۳۵ عبور کند
#

آسفالت یا بتن ؟ فرمایی آسفالت نسبت به بتن ؟

۱- از نظر مصالح از آن تر است
۲- Carbon آسفالت ۳۰٪ از بتن است
Footprint

۳- ساخت راه آسفالتی نسبت به بتن بسیار سریع تر است
۲۲ hours/mile → asphalt
۲۲ hours/mile → concrete

۴- better life cycles than concrete

عوارض Frost heave

زمانیکه یخ زدگی در لایه زیرین خاک بوجود می آید افزایش حجم بسبب ایجاد نیروی رو به بالا می شود که بسبب ایجاد ترک و کاهش باربری سطح آسفالت می شود، از طرف دیگر زمانیکه یخ رشد و اثر گرمای هوا یخ ذوب شود آب مانند روغن lubricant عمل می کند و بسبب کاهش مقاومت خاک زیرین می گردد.

هر لایه ای دارای مقداری آب است که باعث لایه یخ می شود در برابر باربری مقاومت کند و در اثر ذوب شدن لایه یخ می شود.

subgrade
 $MR \propto E \downarrow$
 resilient modulus

MR کاهش می یابد و مقاومت لایه زیرین کم می شود و ظرفیت باربری کم می شود.

راهکارهای مقابله با Frost-heave

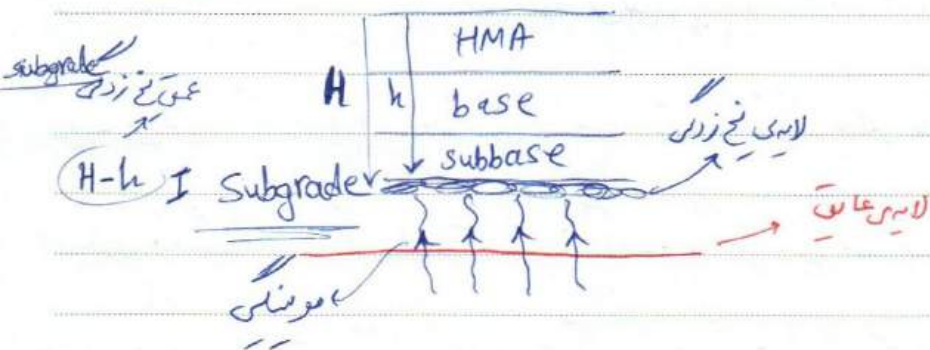
۱- ضخامت لایه های بالایی را طوری طراحی می کنیم که عمق یخبندان کم شود، اگر اصطلاح خاک بسته

یخبندان به خاک بسته نرسد دیگر این مشکل را نخواهیم داشت.

h	HMA
	base
1	subbase

۲- راه حل دوم برداشتن لایه ی زیرین و جایگزین کردن آن با خاکی که خاصیت یونگی نداشته باشد.

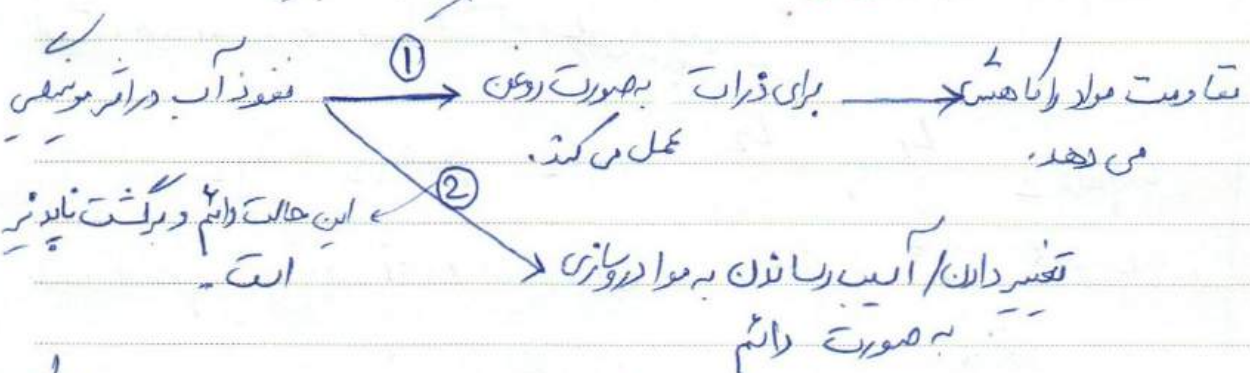
۳- می دانیم آب که برای ایجاد این مثل است مقدار زیادی است و از طریق مومنی بالاسراید
 اگر به نحوی عبور این آب سمت بالا را قطع کنیم (مثلاً لایه مصالح درشت بگذاریم تا مومنی ازین
 برود یا اینکه یک لایه قیرمولیسونی بریزیم تا مانع عبور آب گردد.) پس لایه خاک زیرین را به چای
subgrade
 خود برمی گردانیم.



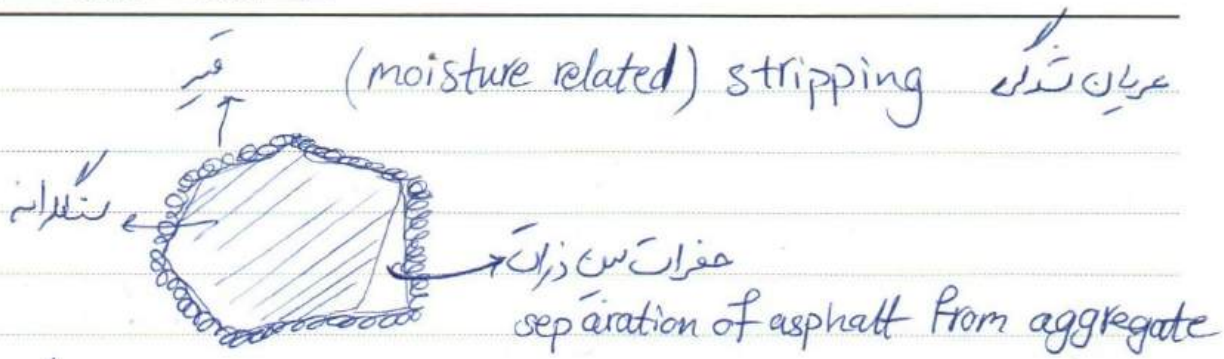
۴- راهکار بنیادین نیست در این راه، لایه کمی بالاتری را با توجه به مقاومت کاهش یافته
 لایه subgrade در اثر Frost-heave طراح می کنیم و ضخامت بیشتری به آن می دهیم.

حالت اول برشت پیفرات.

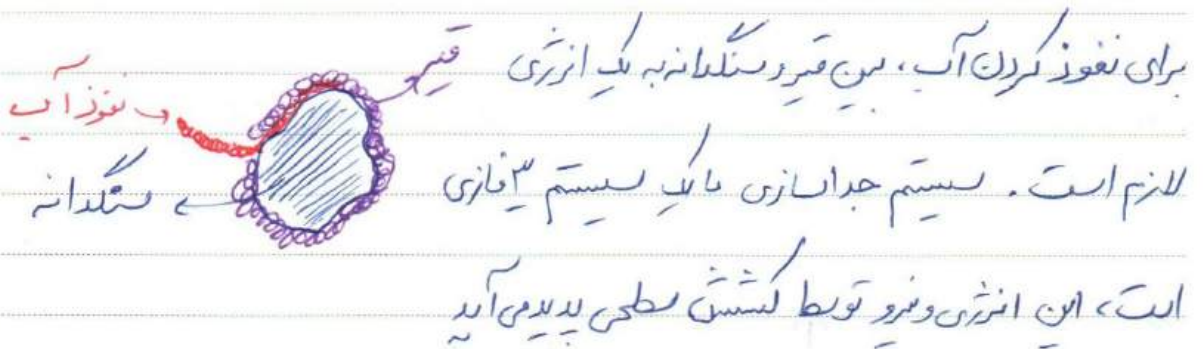
کاهش مقاومت در اثر رطوبت



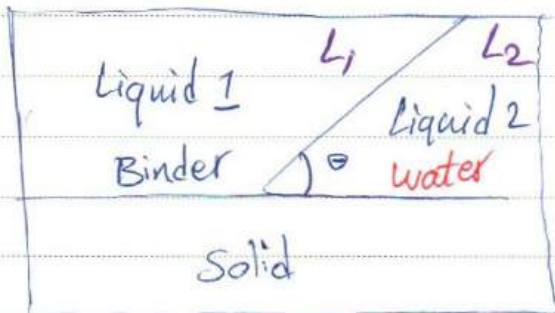
مثال: عمران شدگی و جدا شدن قیر از بین سنگدانه یا مثلاً ترک
stripping
 خوردگی



برای ساختن آیداستگدانه را با قشر مخلوط می کنند و آن حالت می سازند پس با غلظت روی سنگ حرکت می کنند، اگر سنگدانه خوب انتخاب نشده باشد (پوکلی باشد) آنگاه در هنگام نشه سازی، سنگدانه ممکن است بشکند و آب بین آنها نفوذ کند اگر سنگدانه آب دوست یا hydrophilic باشد، آب در اطراف آن حرکت می کند و کم کم قشر را از سطح سنگدانه جدا می کند.



است، این انرژی و نیرو توسط کشش سطحی پدید می آید



$$\gamma_{2s} > \gamma_{1s} + \gamma_{12}$$

موادی به نام Antir stripping داریم که میزان

روانی قشر را افزایش می دهند که بهتر سنگدانه را

در بریدگی، کار روی که انجام می دهند آن است که پیوند بین قشر سنگدانه را بهبود می دهند.

oxidize HMA surface layer در اثر هوازدگی یا لایه شدن قشر نیران چسبندگی است.

کاهش می یابد و قشر حالت سخت و خشک پیدا می کند و این مسئله باعث می شود که سنگدانه و

قشر با هم از سطح جاده در اثر عبور خودروی کنده شوند چون قشر مقاومت و چسبندگی کافی را ندارد.

خراب روی **bleeding** است یا روزرگی قشر. این مسئله زمانی رخ می دهد که ماسه گسیخته

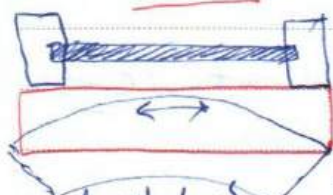
باشیم که قشر آن بیشتر از حد باشد آنگاه در اثر نیرو سنگدانه می تواند روی هم حرکت کند و

مقاومت کافی را نداشته باشد و بعد از مدتی سنگدانه به سمت پایین حرکت می کند و قشر روی سطح

می آید و روی سطح را فرا می گیرد. علت دیگر استفاده از قشر نهم در محیط گرم است.

خرابی های روسازی های **صلیب** : (بتر)

۱- در اثر بارگذاری به ترک های خستگی روی سطح بین، آنگاه تحت هر نوع بارگذاری در روی سطح



راه چسب ایجاد می شود و عامل ایجاد ترک گسترش آن می گردد.

Faulting به اختلاف سطح ایجاد شده بین دو طرف ترک یا دو طرف درزهای اجرایی را

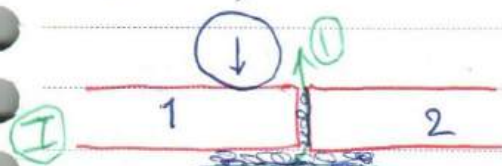
Faulting گویند. علت آن زمانیکه آب بین درز نفوذ می کند و مقداری از سطح زیر پای را می شورد

از نوع خرابی های در اثر بارگذاری

Subject:

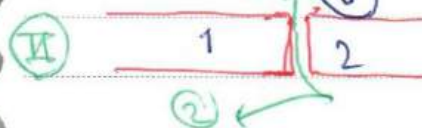
Year. Month. Date. ()

زمانه خودروه روی سطح راه حرکت می کند آب را به دو جهت می تواند حرکت دهد یکی به سمت بیرون



سوی می کند و یا اینکه به زیر دال دیگری می فرستد به این پدیده

یعنی بیرون زدگی آب از بین دال را pumping گویند.



نهایتاً نشسته شدن مواد از زیر لایه ۱ و حرکت به زیر لایه ۲

به دلیل جهت حرکت خودروه، عامل تجمع مواد از زیر لایه ۱، افزایش ارتفاع لایه ۱ و افت

سطح لایه ۲ است. به این پدیده faulting گویند. معمولاً این پدیده در لایه های plain

۱- temperature gradient JPCP رخ می دهد. از جمله موارد دیگری که به faulting کمک می کند

۲- moisture gradient است که سبب ایجاد curling در سطح بتن می گردد.

۳- عدم وجود dual bar که بار را بین دال منتقل می کند، عامل دیگری است.

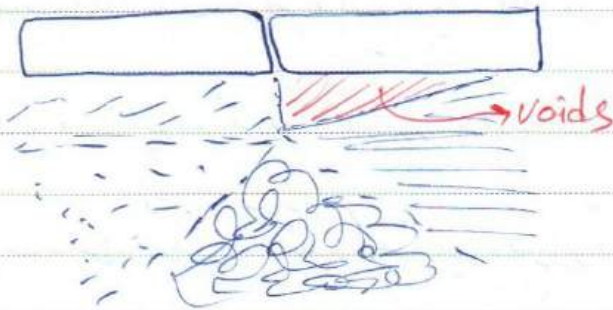
۴- اگر اختلاف ارتفاع دو طرف faulting تا کمتر از 2.5 mm باشد احساس نمی شود

اگر بیش از 4 mm اختلاف وجود داشته باشد، باید برای آن کاری کرد مثلاً سطح آن را می توان

بیش دار و همسطح کرد.

بعد از رخ زدن پدیده faulting زیر یکی از دال ها خالی می شود و دال مثل طره عمل

مکنوس شدن



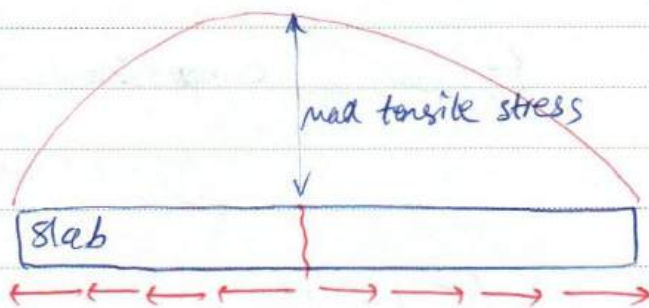
pumping پدیده‌ی مرتبط با رطوبت است. (محت تأثیر رطوبت)

پدیده‌ی دیگری که **moisture related** است **cracking** است. **durability** است به آن "دوام" گویند.

ترک بسیار ریز و تقریباً هلالی هستند معمولاً نزدیک **Joint** رخ می‌دهد و عامل ایجاد آنها رطوبت **Joint** است. این ترک در اثر نفوذ کردن ذرات آبی است که

داخل بتن وجود دارند. در این پدیده دما هم اهمیت دارد پس **moisture temperature** است. از جمله نشانه‌های این نوع ترک وجود رنگ تیره‌ی لایم هیدروکسید در ترک است.

نوع دیگری از این **temperature related** است که اثر تغییرات دما به طور ناگهانی و گداز رخ می‌دهد در وسط تال این ترک رخ می‌دهد.



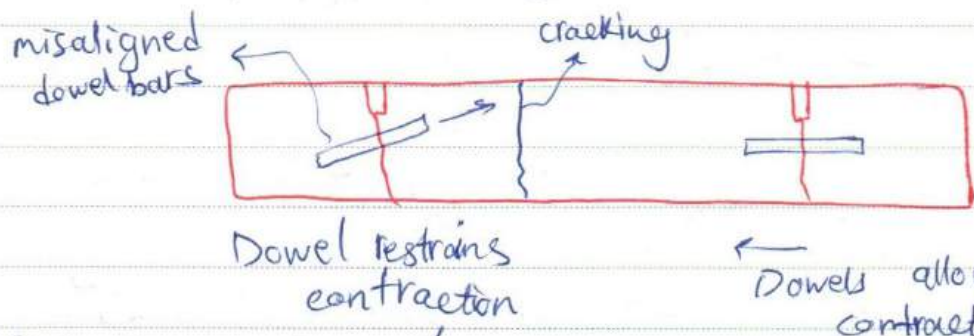
گاهی اوقات ممکن است در اثر افزایش دما، دال های بتن با منبسط گردد و نوعی نیروی

expansive force ایجاد می گردد که اگر درز را جرای مناسب وجود نداشته باشد یا بتن درز را توسط

سنگها یا سایر مواد پر شود، آنگاه باعث ایجاد نیروی خرابی بتن می گردد

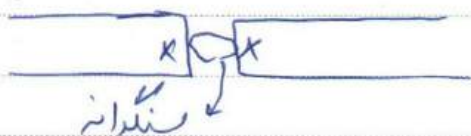
به این نوع خرابی، **Spalling** گویند که در محدوده $2ft$ از درز ایجاد می گردد

عوامل ایجاد کننده ۱- عدم قرارگیری کاملاً صاف میلگرد در داخل دال های بتن



۲- دلیل دیگر عدم وجود **seal** یا عایق بین دو لایه است که یا نباید یا از جنس خوبی نباشد

که بعد از درز توسط سنگدانه های پر می شود و به انبساط آزادانه دال اجازه نمی دهد.



۳- نفوذ مواد **incompressible** در داخل درز

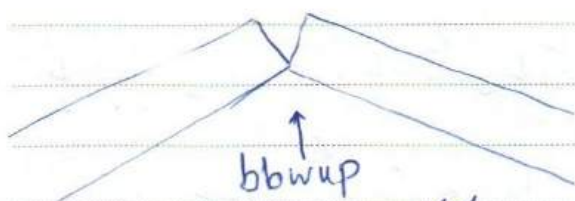
۴- بارگذاری ترانسی

۵- وجود مواد خاص در طرح احتمالاً بتن که باعث ایجاد ترک می گردد.

عوامل پستی و cure

- ۱- ارتفاع از مواد عایق بندی در داخل درزه
- ۲- استفاده از وصله یا patching استفاده
- ۳- وصله؟ می تواند سیمه عمو یا تمام عمو باشد.

مورد دیگر از خرابی می مرتبط با blow-up است که درزه ای اجازت نمی دهد تا دال بتن مسطح شود و بالا آمدگی رخ می دهد.



بمعنی است هر دو خرابی فوق همزمان رخ دهد یعنی هم بالا آمدگی رخ دهد، هم لبه دال ترک بخورد.

عوامل ایجاد و سرعت گیری blowup

- ۱- وجود ترک؟ در لبه دال می تواند اجازه دهد تا یک دال بتن روی سطح دال دیگر بلغزد. "D" cracking.



- ۲- از اسلاید؟ مطالعه گردد.

مخلوط آسفالت چیست؟ مواد آسفالتی چه هستند؟ چگونه آن را طراح می کنند؟

آسفالت → Bitumin

مواد آسفالتی (تیره) → Bituminous materials

مواد سیاه، تیره رنگ و مواد سمیانی شده

جامد، نیمه جامد یا ویسکوز — بستگی به دمای آن دارد

یا طبیعی وجود دارند، یا به شکلی طبق فرایند ساده ای تولید می شوند

دارای ساختار هیدروکربنی پیچیده ای هستند.

و تقریباً همگی آنها در کربن ای تولید حل می شوند.

Example : tar, pitch, asphalt binder, ...

asphalt binder :

۱- ماده ای قهوه ای تیره یا سیاه

۲- برای ساخت بزرگراه یا فرودگاه

۳- طبیعی است یا از تقطیر نفت خام در پالایشگاه به عنوان سنگین ترین ماده ای فرآورده ای

۴- separation یا از تقطیر جزء به جزء

نفتی

نفت خام زمانی که خارج شود حاوی مقدار زیادی آب و نمک است . در پالایشگاه با حرارت دادن

نفت خام مواد هیدروکربنی سنگین مثل بنزین و سوخت جت و ... مجاری شود و جدا سازی صورت

می گیرد سپس قیر در پالایش باقی می ماند . قیر دارای خصوصیات است که تابع نفت خام ^{نوع و منبع}

اولیه آن است مثلاً نفت کشوری عربی دارای ۲۶٪ مواد قیری و آنفالته است .

۲- تکنولوژی و پیرو (دما) این که در ساخت قیر کاربرد دارد در ویژگی آن تأثیر گذار است .

۳- اصلاحاتی که در ساخت قیر صورت می گیرد مانند مواد افزودنی که به قیر اضافه می گردد مثل افزودنی

للمری یا با هوای قیر ^{air blown} که باعث بالا رفتن ویسکوزیته قیری می شود که در جاده ای

کاربرد دارد که از قیر در هوای گرم می خواهیم استفاده کنیم و بهتر است قیر مانف تر باشد .

یک پیرو به نام کوکینگ وجود دارد که به پالایشگاه اجازه می دهد قیر را به بنزین ، سوخت جت

و کوک یا زغال سنگ تبدیل می کند که این مسئله باعث افزایش قیمت قیر شده است .

Tar تار

بر خلاف قیر دارای یک فراوند تقطیر نمی است که مولکول های هیدروکربن را می شنود که یک تقطیر

شیمیایی بر روی مولکول صورت می گیرد ، این فراوند روی زغال سنگ ، چوب ، نفت و ... صورت

می گیرد .

پروسی گرانیت

تار دارای یک بوی تند است که ممکن است برای چشم و بوی حساسیت ایجاد کند.

تار دارای خاصیت حرارت بالا است نسبت به قیر دارد مثلاً قیر بین ۵ تا ۱۰ درجه سانتیگراد است ولی تار حتی از قیر خاص تر است.

از آنجایی که تار گرانیت در خطرناک تر برای سلامتی است حتی استفاده نمی شود ولی دارای یک

خصوصیت خوب است که در داخل نفت و بنزین حل نمی شود، مثلاً در جاهایی مثل فرودگاهها

یا مثلاً پمپ بنزین که وجاهی که احتمال ریختن سوخت روی روپاز و وجود دارد از آن استفاده می کنند.

آسفالتیت؛ asphaltite

حنی شبیه به حنر است ولی حنی سخت تر است. در طبیعت به صورت رگه های در صخره دیده می شود.

برای استفاده از آن چون حنی لغت و سخت است ابتدا باید آن را در یک ماده ای حل کرد.

و بعد به عنوان درزگیر استفاده کرد. از دیگر استفاده های آن در رنگ سازی و جوهر سازی است.

به آن Gilsonit نیز می گویند. — نام اولین فرد استفاده کننده از آن

مواد آسفالت و Bio-asphalt

نوعی آسفالت است که در اثر یک فرایند شیمیایی روی مواد غذایی مثل شکر، برنج، ذرت و ... ایجاد می گردد و قابلیت رنگ پذیری است و به جای رنگ تیره و سیاه می توان به آن رنگ داد و برای زیبایی استفاده کرد.

مثلاً دیگر heat island است مثلاً عده ای زیادی انسان در یک محدوده کوچک زندگی می کنند تولید گرمای زیادی می کنند، اگر سطح راه این منطقه تیره باشد ممکن است در اثر جذب انرژی خورشیدی دمای شهر چند درجه افزایش یابد مثلاً از 40 به 45 برسد و peak مصرف انرژی برای خنک کردن در شهر بالا برود و برای مردم شهر از نظر سلامتی مشکل ساز گردد. برای جلوگیری از افزایش دما می توان از مواد آسفالت استفاده کرد.

مواد آسفالتی Bituminous mixture

مخلوطی از سنگ دانه و قیر است که پس از فشرده سازی مقادیری هوا در داخل آن باقی می ماند.

Heat → HMA
 ← Emulsion
 ← Cutback

برای استفاده از قیر در روسازی باید به نحوی و یگونی را کاهش داد

Heat: حرارت دادن قیر به مایع و روان می گردد دما 150°
 150° C در compaction
 Emulsion: لایه ذرات قیر را در آب به نحوی حل کنیم با استفاده از افزودنی
 Cutback: اگر از سوخت برای حل کردن قیر استفاده گردد به آن گویند

نوع دیگر از آسفالت warm mixed asphalt است که دمای mixing تقریباً حدود

۲۰-۳۰ درجه سانتیگراد برای آسفالت گرم خوب نرم گردد باید به دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد

با اضافه کردن نوع خاصی افزودنی در دمای مثلاً ۱۲۰ به همان مقدار ویکوزیته رسید.

مزایا: ۱- چون حجم مصالح رسانی بسیار بالا است با کاهش ۳۰ درجه دما مصرف انرژی

بسیار کاهش می یابد. ۲- قیر در دمای ۱۵۰ شروع می کند به دود کردن و آلاینده ها را دارد

هوای کثیف ۳- بحث دیگر کار اجرایی است مثلاً در جاهای سرد، یا در جاهایی که محل تولید آسفالت

با محل اجرا فاصله دارد می توان از warm mix آسفالت استفاده کرد.

مخلوط آسفالت چگونه طراحی می گردد؟

چه معیاری را انتخاب کنیم؟ به چه مبنایی؟ پس سازه را طراحی می کنیم.

بسیار مهمی

۱- عملکرد performance ۲- هزینه cost

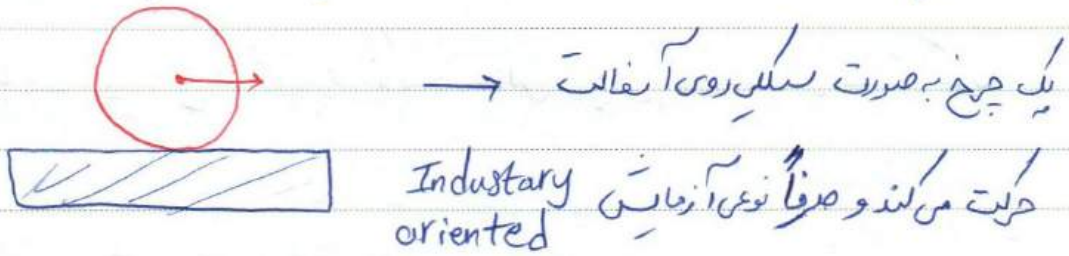
ما به خواهم Cost-Benefit ما هدایت گردد.

برای طرح احتیاط ابتدا نوع سنگدانه را انتخاب می کنیم. پس قیر را انتخاب

می کنیم - با توجه به شرایط آب و هوایی و دما - با توجه به شرایط ترافیکی راه

- باید میزان یا نسبت قیر به سنگدانه را پیدا کنیم .

- باید مطمئن شویم مخلوط آسفالتی مناسب است - با آزمایش در آزمایشگاه



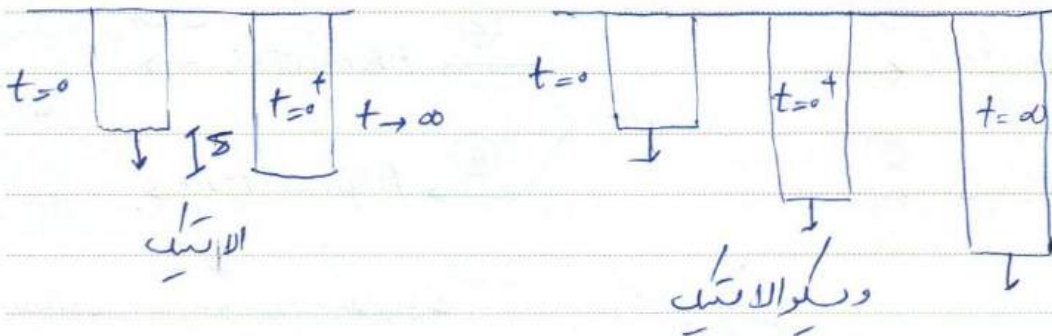
است و به ما نتایج زیادی نمی دهد و نقاط آن دهنده ی مقادیر در برابر فشار شدنی یا

Rutting resistance

قیر را بهتر بشناسیم :

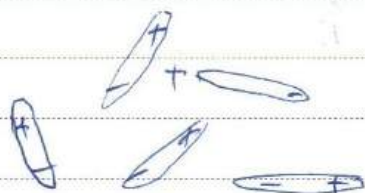
تجرباتی پروانه ای در آزمایشگاه ساخته می شود .

رفتار قیر و سیکوالاستیک است ، رفتارش وابسته به زمان است .



از عواملی که باعث سخت شدن قیری می گردد هوازنی یا Oxidization است:

قیر دایمی مولکول های قطبی است، هنگامی که حرارت می دهیم مولکول های قیر به صورت نامنظم در می آیند طبق اصول تریو ریسیک زمانی که آنفالت می خواهد سرد شود مولکول های تمایل دارند به یکدیگر تریو سطح انرژی برسند که در حالتی رخ می دهد که موازی هم قرار گیرند.



حالت نامنظم در دمای بالا



حالت منظم دمای پایین

steric hardening

Chemical makeup

ترکیب شیمیایی قیر

90-95 % hydrocarbons

5-10 % heteroatoms (N, O, S)

1% metals

از نظر شیمیایی باید دارند

Saturates

Resins

①

③

sphalt

②

④

Aromatics

Asphaltenes

آروماتیک دارای حلقه های بنزین

SARA

ساختار پیچیده و وزن مولکولی بالا

از بین ۴ عامل صفحه‌ی قبل، مولکول‌های آلفالین هستند که دارای خاصیت قطبی هستند.

غیرقطبی (apolar) هستند به موارد ① و ② و ③ Maltenes گویند (apolar)

آلفالین در سه جزء دیگر حل است. آلفالین مولکول بسیار گسسته است و عامل structure

و strength در قیر ما همین آلفالین است. اگر آلفالین جدا شود قیر به شکل روغن

در می‌آید. افزایش بیش از حد آلفالین لیب ایجاد می‌کند در برابر شل شدن می‌گردد.

رزین = قطبی نیست. در دمای اتاق حالت نیمه جامد دارد، در دمای بالا به صورت مایع

در می‌آید. رزین خصوصیت چسبندگی و شکل‌پذیری را به قیر ما می‌دهد و عامل viscosity و

روانی در قیر ما است.

پروسی که آنالیز شیمیایی قیر در مقیاس میکرو و ماکرو لیب یک پروسی بسیار گران قیمت و

زمان‌بری است اما در حد علم موارد به ما می‌گوید تغییر دما چه تأثیری روی مواد ما می‌گذارد برای

ما مفید است.

اگر در حد مواد ما در قیر تغییر کند روی ما تأثیر مختلفی تأثیر گذار است.

oxidative & steric hardening

performance (Rutting, fatigue cracking, & moisture damage)
 سائش، خستگی، ترک‌های خستگی، رطوبت، حرارت، و آسیب‌های ناشی از رطوبت

little
associated
soft

well
balanced
viscoelastic

highly
associated
brittle

می‌گذارد

Time, aging, cooling →
 ← moisture, Heating

Quality control : قریای اولسین

دارای دو بخش ۱- قبل از اجرا ۲- بعد از اجرا است . باید سنیم در قریای اولسین

چند درصدی آب وجود دارد مثلاً چون چگالی قریای آب کمتر است ممکن است در خانه به جای ۱.۳۵

از ۱.۵۰ آب استفاده کند باید مطمئن شویم که قریای مصرفی اولسین ما با کیفیت است یا نه ، مثلاً

بعدی چگالی درون Viscosity است که از وسیله in-line viscometer استفاده می‌کند

بعد از اجرای رسانی هم باید مطمئن شویم قریای شده کیفیت مناسب داشته است یا نه

Recycled asphalt pavement

- Sustainability {
 - Recycling RAP (old HMA)
 - warm mix $30^{\circ}\text{C} \downarrow$ → آلودگی محیط زیست کمتر
 - porous Asphalt → reduces noise ↓
 - Right M & R strategies

porous asphalt



زمانیکه از آسفالت متخلخل استفاده گردد
 مقدار زیادی از آلودگی صوتی damp می گردد
 و آزاد نمی گردد

خوبی دیگر آسفالت متخلخل آنست که آب بهتر از سطح جاده به کناره ها و پایین مستقیم می گردد در
 نتیجه مشکل پاشیدن آب به کناره های راه مستقیم می گردد (splashing) که ایمنی راه را بالا
 می برد.

- معایب:
 - ۱- هوازدگی بیشتر است
 - ۲- رانندگی در شب است و سطح تماس نگهدارنده کمتر است پس قیر ما باید قیر با کیفیتتری گردد که باعث افزایش هزینه های راهسازی می گردد.
 - ۳- از جمله معایب دیگر آن است که منافذ روی سطح راه پر شود و دیگر نه آب را به خوبی زهکشی کند و نه از آلودگی صوتی جلوگیری کند.

چگونه اجزای شیمیایی بر اساس استفاده از حلال های مختلف می توان جدا کرد؟
مثلی رطوبت استفاده کردن از تانر خود روی در قوبند قیر است که تانر را پودر می کنند و چون ماده ای
الاستیک است در بهبود شرایط ملاتری مثال تأثیر گذار است.

مثلی دیگر در توسعه و پایداری life cycle Analysis است که بنیم تمام یک طول عمر بیشتر و
خزینی پایش نمی دارد و کدام strategy بهتر است.

بررسی اینکه چه موادی در قیر و asphalt binder استفاده می گردد

برای اینکه اجزای مختلف قیر را بنیم از کروماتوگرافی chromatography استفاده می گردد

مثلاً روش دیگر حل کردن قیر در پیردیان است که تمام اجزای آن حل می شود به جز آسفالتین پس

می توان در صد آسفالتین آن را پیدا کرد به این عمل diasphalting یا آسفالت زدایی کردن
(آسفالت)

گویند. ماده ای که به صورت روغن از این کار حاصل می گردد به عنوان روغن صنعتی استفاده می گردد.

وقت از پروسه diasphalting استفاده می گردد در انتها آسفالت رسوبی ۲-

روغن صنعتی داریم. آسفالت رسوبی آسفالت بسیار سختی است و به تنهایی از آن استفاده کردن کار

جالبی نیست و معمولاً در اصلاح آسفالت های نرم و سادمت دارد به آنها استفاده می گردد.

AFM ← atomic Force Microscopy در این روش یک نوع مدی طرحی با ضخامت بسیار

۴۳
گیم است که روی یک لایه نازک قیر حرکت کرده و سطح آن را scan می‌کند و سپس مواد روی لایه را می‌تواند تشخیص دهد و نهایتاً در هر کدام مشخص گردد.

NCA.T → national center asphalt technology

فصل ۲: قیر خواص آن (بهم)
فصل ۳: سنگدانه
فصل ۴: mix design

فصول مهم کتاب Hwang

فصل ۱: کلیات
فصل ۲: تنش
فصل ۳: مواد رومیزی

فصل ۴: عملکرد رومیزی با خرابی
فصل ۵: طراحی رومیزی با اختلاف پذیر

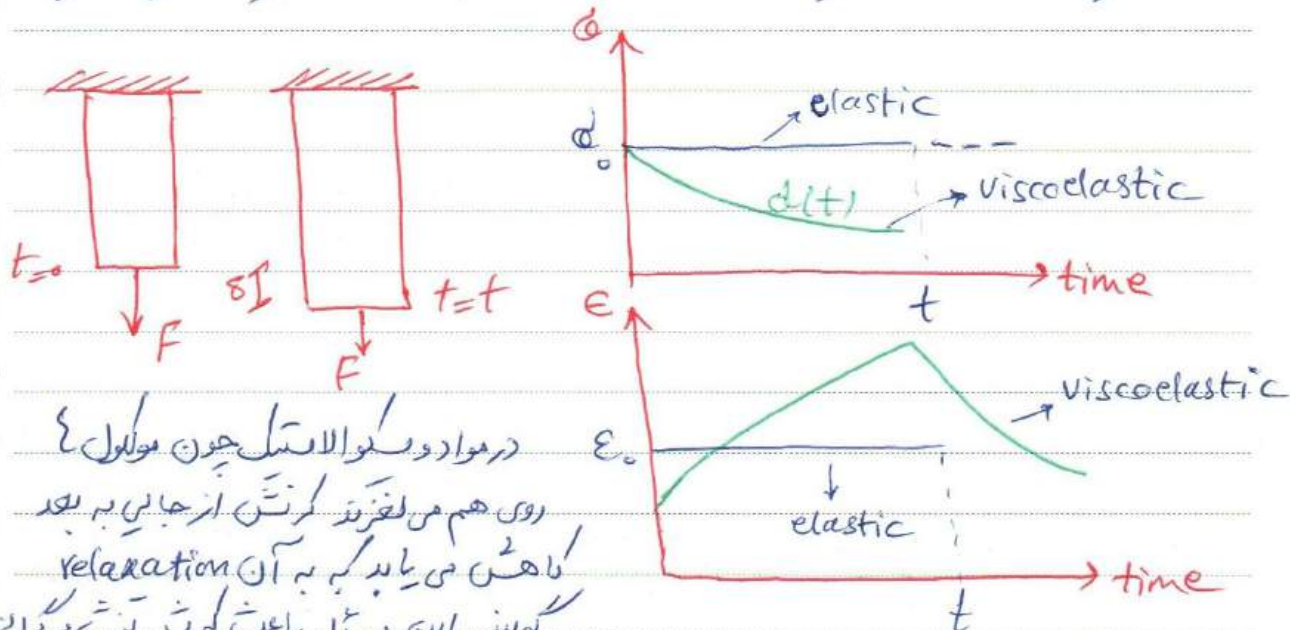
در روش کروماتوگرافی قیر را از یک ستون تا آن عبور می‌دهند تا بسبب اجزای قیر چگونه اند



مخصوصیات رئولوژی : ویژگی ها و خصوصیات فیزیکی و مکانیکی قیر را گویند.

Review-Time dependent response

مواد الاستیک در بارگذاری در یک زمان خاص یک کرنش ثابت دارد ولی ویسکوالاستیک متغیر است



در مواد ویسکوالاستیک چون مولکول ها روی هم می لغزند کرنش از جایی به بعد کاهش می یابد که به آن relaxation گویند و این مسئله باعث کم شد تنش می گردد

$$\text{Elastic : } E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

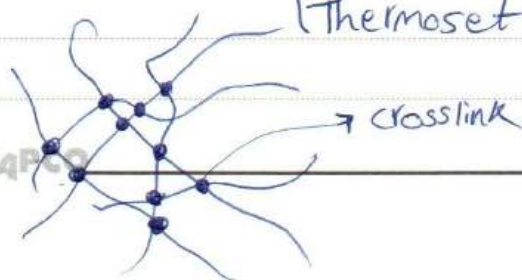
$$\text{visco : } E_r(t) = \frac{\sigma(t)}{\epsilon_0}$$

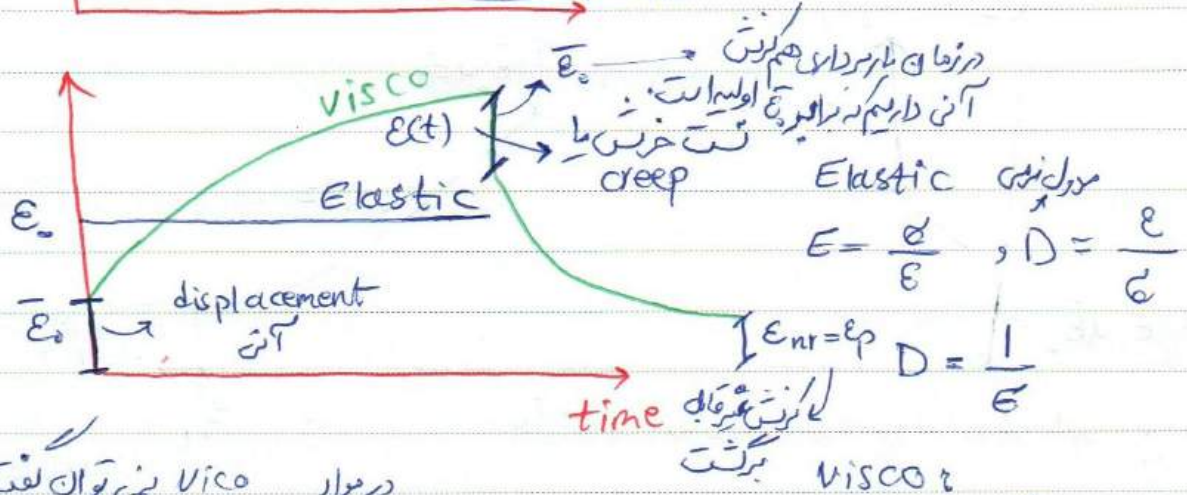
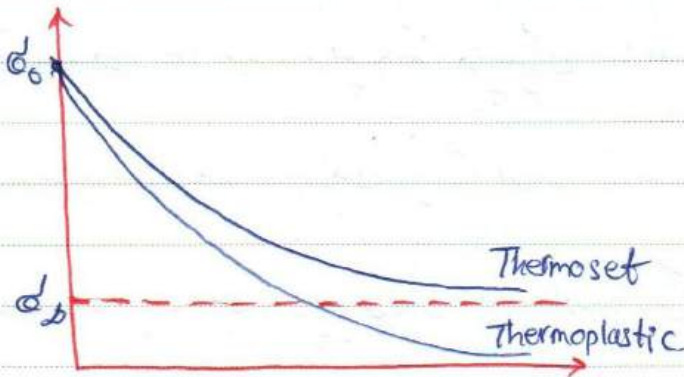
relaxation modulus

viscoelastic { Thermoplastic : شاخه ای هیدروکربن که با هم cross link ندارند می توانند به راحتی روی هم بلغزند.

Thermoset :

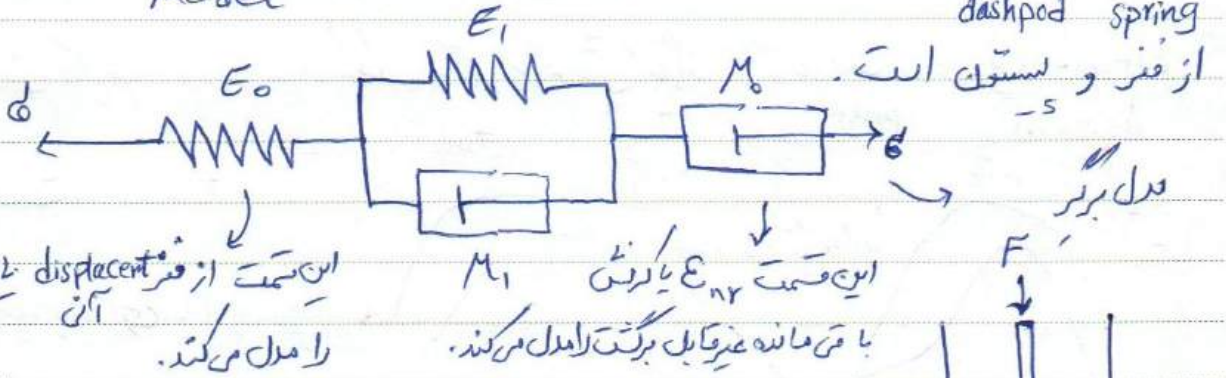
برخلاف ترموپلاستیک ها، دارای cross link هستند و این مسئله جایابی ذرات را محدود می کند.



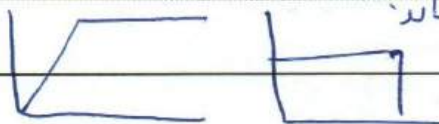
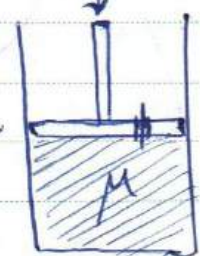


visco: $D(t) = \frac{\epsilon(t)}{\dot{\epsilon}}$
 در مورد visco نمی توان گفت $D = \frac{1}{E}$
 $D(t) \neq \frac{1}{E(t)}$

یکی از روش های که می توان رفتار ماده را بررسی کرد استفاده از mechanical model است به ترتیب dashpot spring



به رفتار استون به F و M ماده ای زیر آن بستگی دارد و وقتی که بار برداشته شود در یک جای مشخص باقی می ماند.



Subject:

Year.

Month.

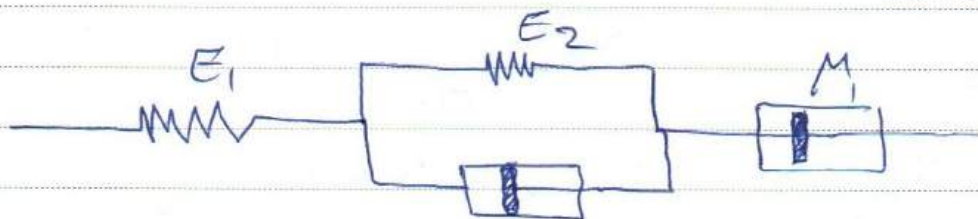
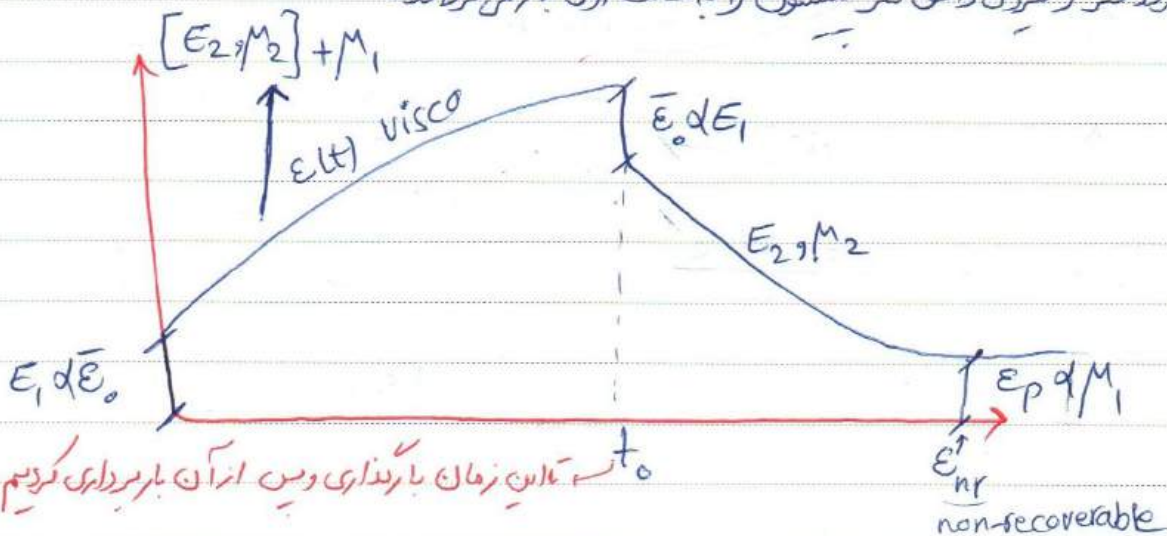
Date.

()

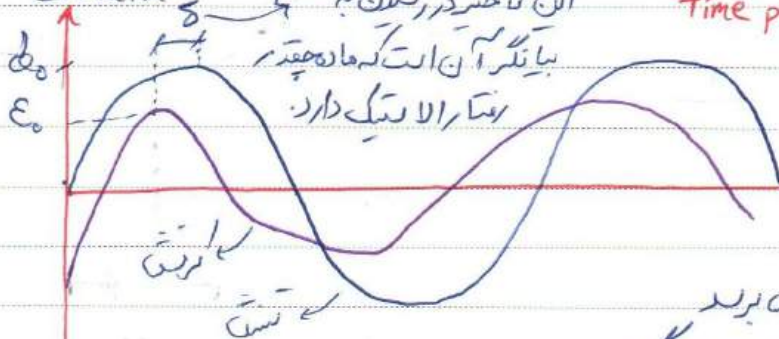
در قسمت میانی مدل برگر، ترکیب فنر و سیستون به ما کمک می کند که رفتار وابسته به زمان تولید کنیم
پس به

رفتار فنر به تنهایی وابسته به زمان نیست از طرفی اگر نخواهیم کرنش ایجاد شده در سیستون به حالت اول

برگردد فنر و فنری داخلی فنر سیستون را به حالت اول باز می گردانند.



روش دیگر بررسی رفتار ماده به کمک رفتار سینوسی بارگذاری و با استفاده از Frequency domain است.
 این تأخیر در رسیدن به پیک (peak) بیانگر آن است که ماده چقدر رفتار الاستیک دارد.
 Time period $= T = 1/f$



زمانی که بارگذاری cyclic داریم
 10 تا 20 دور اول صرفاً طول می کشد تا رفتار ماده به حالت عادی برسد
 سپس رفتار ماده در این حالت بررسی می گردد

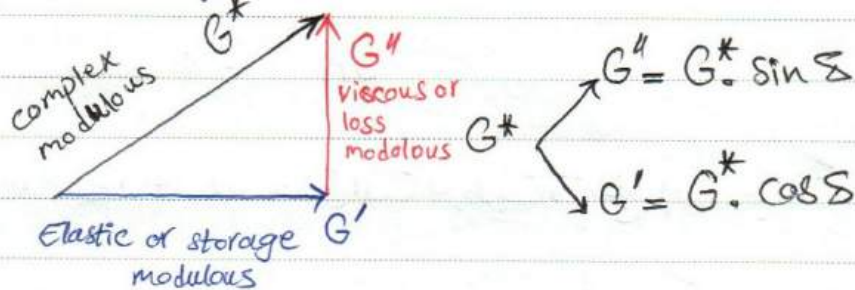
Response under dynamic loading

peak

$$G^* = \frac{dP}{\epsilon P}$$

شاخصی دیگری که از رفتار cyclic بابت می آید

اگر تأخیر فاز صفر باشد، آن رفتار ما، رفتار الاستیک است. ترکیب از دو مؤلفه ویسکوز و الاستیک



اگر فرکانس بالا برود $\uparrow \Rightarrow G^* \uparrow \quad \delta \downarrow$

بلان فز فرقی نمی کند که $\uparrow$ بالا برود ولی سینوس عملاً از دور خارج می شود.

خصوصیات فیزیکی و مکانیکی متریال که رفتار مخلوط آن رفتاری را دلیله می کند که تابعی است از دما

۲- سرعت و فرکانس یا دما و ...
 { Temperature
 loading Rate

مسئله تیار شدن ایجاد می گردد. در محیط گرم استفاده $G^* \downarrow$ $\delta \uparrow$ قهریم

در نمونه صغیری قبل هر چه δ بیشتر باشد ماده ویسکوز تر است.

و ما باید دانست و تیرگی نمی قهر را داشته باشیم تا بتوانیم قهر مناسب را با توجه به شرایط آب و هوایی برای

وسازی انتخاب کنیم.

$\uparrow \Delta \quad G^* \downarrow$

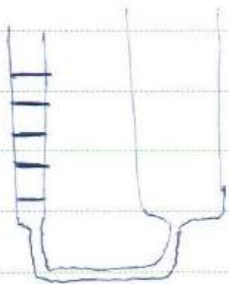
اگر از یک نوع قیر بنیم استفاده کنیم، مثل Rutting یا تابش زدن آسفالت می افتد. اگر قیر حالت سخت و شکننده داشته باشد مثل ترک های خستگی و ترک های دمايي دارد. low temperature cracking

 $\downarrow \Delta \quad G^* \uparrow$

moisture damage حالتی است که رطوبت قیر سطح را می شوید و نگهدانه ای از قیر خارج می گردد و باعث عریان شدن دانه های سنگی و نهایتاً کنده شدن نگهدانه و ایجاد pot hole است. راه حل آن است که patching کنیم و وصله بزنیم یعنی ضرات را گرم کنیم و در آن محل آسفالت جدید بزنیم.

Mechanical properties of binder

۱- classical approach روش کلاسیک که با توجه به میزان نفوذ سوزن در داخل قیر است و روش های دیگری هم دارند.



۲- viscosity grade اندازه گیری ویسکوزیته و برانروی قیر

۳- performance grading G^* , δ

classical approaches

۱- آزمایش Ring & Ball : شامل یک حلقه و یک گلوله است (تست شده توخالی است)

داخل آن سیر می زنیم و سطح آن را صاف می کنیم و در حمام آب قرار می دهیم تا سفت گردد سپس با قماردان

حالت زیر حمام آب گلوله کمتر نرم می شود و deform می شود و با چرخه حلقه عبور می کند و ما می بینیم که توپ

از حلقه بگذرد آن دمای نقطه ی نرمی است. اگر اختلاف دمای دو حلقه بیشتر از دو درجه ی فارنهایت

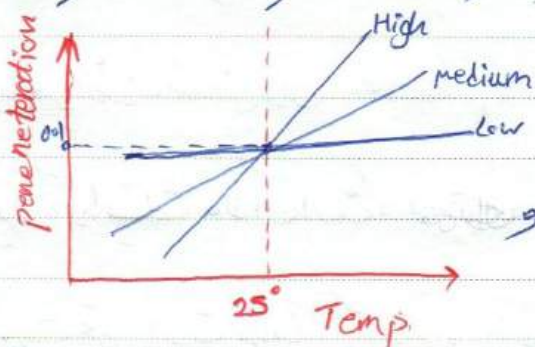
باشد آزمایش باید تکرار گردد. این آزمایش در اروپا برای راه سازی استفاده می شود و در آمریکا برای کنترل

آسفالت پویش سقف استفاده می گردد.

۲- آزمایش Penetration Test : با قماردان سوزن استاندارد که روی آن وزنی معاو

است میزان نفوذ یافت می شود، با توجه به نفوذ می توان نرمی یا سختی قیر را تشخیص داد. قیر یک

ماده ی دارای حساسیت حرارتی است و این یعنی چقدر قیر ملن است در یک ماده دارای نفوذ یکسان باشد

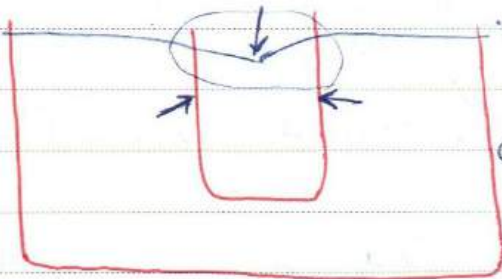


ولی در یک دارای شیب متفاوت هستند.

در دمای 4°C به دلیل سختی بیشتر قیر از وزن 200g و

زمان 60 ثانیه استفاده می گردد.

اندازه و ابعاد ظرف برای ما اهمیت دارد زیرا روی *deformed shape* ما تأثیر می‌گذارد اگر نمونه کوچک باشد و اثری کمی جداره ای نمونه روی نفوذ ما اثر می‌گذارد.



نهایتاً ، بعد از انجام آزمایش می‌توان خصوصیات نفوذی

را به ویژگی های رغاسی قیر ربط داد مثلاً قیر نرم در هوای

سرد استفاده می‌شود و قیر ^{سفت} در هوای گرم مورد استفاده است. درجه‌ی نفوذ قیر را با درجی

مث 40-50 نشان می‌دهد یعنی نفوذ بین 4 تا 5 mm است. هر عدد درجه برابر 0.1 mm نفوذ

است. مزایای آن بسیار سریع و ارزان است و دستگاه را به راحتی می‌توان به محل آزمایش

استقال داد.

روش دیگر اندازه‌گیری *viscosity* استفاده از *rotational paddle viscometer* است که یک *paddle*

است که داخل قیری چرخد که آزمایش خوبی نیست زیرا انرژی و *Torque* بالایی می‌خواهد و

اگر قیر سخت باشد نمی‌توان *paddle* را بچرخانیم.

ایراد آزمایشات بالا آن است که خیلی ویژگی های قیر را به صورت علمی بررسی نمی‌کند و به

صورت تجربی است نهایتاً می‌توانیم نرم یا سخت است و از طرفی *penetration* به دلیل محدود

دمايي که دارد نمی تواند برای دمای بالای مثلاً 60 استفاده شود پس اطلاعاتی که به ما می دهد در در

Mixing نمی خورد.

برای اندازه گیری حساسیت دمايي از شاخص **PI** استفاده می گردد.

$$PI = \frac{20 - 500A}{1 + 50A} \quad A: \text{Slope of the line}$$

$$A = \frac{\log pen@T_2 - \log pen@T_1}{T_2 - T_1}$$

$-10 \leq PI \leq 20$

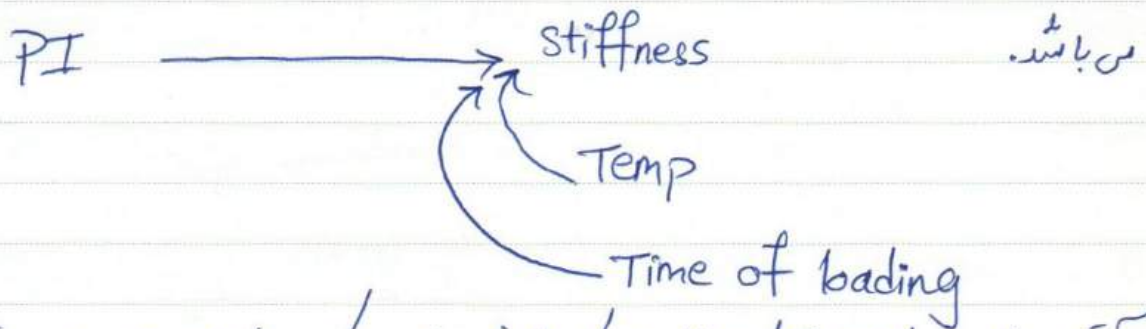
$T_{R\&B} = T_{800}$

$T_{R\&B} \rightarrow \text{ring \& ball (دماي نقطي نرمي)}$

High Temperature susceptibility $\Rightarrow$ low PI

$PI < -2$ is considered highly temperature susceptible $\rightarrow$ Thermal cracking

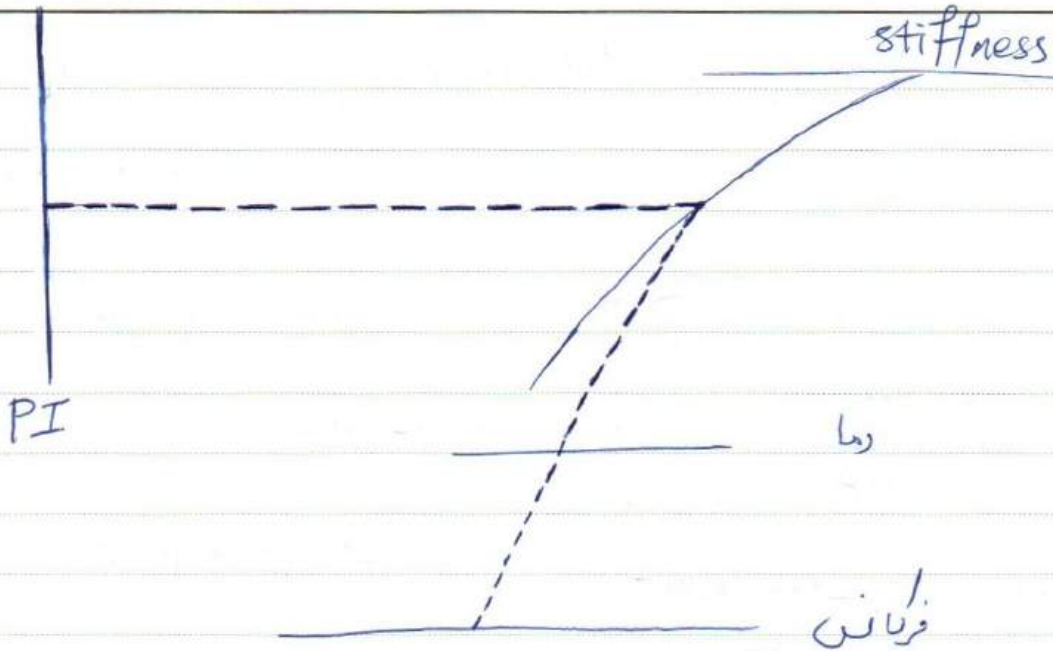
PI را می توان به سختی مرتبط دارد که سختی خودیابی از دما و زمان بارگذاری نیز



آقای به نام Van der poel این کار را انجام داد و به یک nomograph دست پیدا کرد.

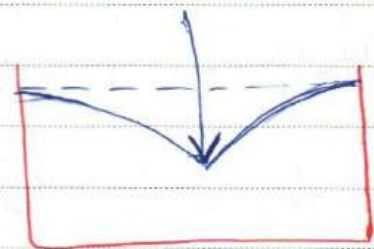
Subject :

Year , Month , Date , ()



فرمانت که بالا می رود سختی (stiffness) بالا می رود. اما بالا می رود سختی کم می شود.
 stiffness انفعال تابعی از سختی قیر و سنگدانها می باشد که آن هم در یک نمودار بیان می گردد.

در آزمایش penetration Test اگر تغییر شکل بالا باشد باید از ظرف زیر گری استفاده شود زیرا جداره آن کناری ظرف ممکن است روی تغییر شکل مانع تاثیر بگذارد



penetration Index یا PI $T_{R\&B} = T_{300}$ ثبت خط نفوذ در دما است و معمولاً در دمای ring & ball

بدست می آورند.

PI کم بیانگر خاصیت حرارت بالا است و طبق تجربه $PI < 2$ مقدار خطرناکی است و احتمال

Thermal cracking وجود دارد.

فیریک ماره و یکوالاستیک است و مختار آن به موارد زیر بستگی دارد :

- Rate of loading
 - Temp
 - Material property
- به این دویج جانده شده است. →

بعد از بدست آوردن مختار فیریک سراج محالیدی مختار آنفالت می رویم که مختار آنفالت به فیر و در صد سنگدانی آن بستگی دارد

روش Viscosity Grade درجه‌بندی ویسکوزیته

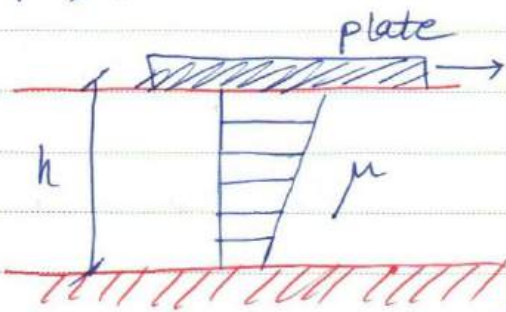
محاسبه‌ی گرانیوزی جزو خصوصیات بنیادی مواد است و هدف از این روش محاسبه‌ی یک پارامتر علمی و جایگزین برای آن با روش تجربی قبلی می‌باشد.

ویسکوزیته معاوضه است که سیال در برابر حرکت از خود نشان می‌دهد. دو نوع گرانیوزی داریم:

1) Absolute مطلق

2) Kinematic اینیما تیک معادلت حرکت سیال تحت تأثیر وزن آن

وقتی مایع را بالا نسبت باید گرانیوزی مطلق را حساب کرد ولی در دمای بالا که قشر خیلی نرم شده است



$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \leftarrow \text{Kinematic ویسکوزیته}$$

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad \frac{\tau}{\dot{\gamma}} = \mu$$

سائل رومیزی برینای ویسکوزیته مطلق می‌باشد.

* یکی از روش‌های محاسبه‌ی ویسکوزیته مطلق استفاده از لوله‌ی مؤسسه است که روی آن نمایی

Timing mark وجود دارد که براساس زمان سیر آن گرانیوزی را محاسبه می‌کند.

روش دیگر RV Rotational که یک پرده یا میزان کشاور با Torque viscometer

مختص شروع به چرخیدن در داخل قیر می کند، با توجه به میزان چرخش تراشوی محاسب می گردد.
برای بیان کرن و سکوژیم قیر یک دسته بندی گسی وجود دارد که دارای 3 جدول است که در

ASTM D3381 و اسلاییدی در آن موجود است. اگر قیر سیر شده باشد با AC نشان
L Asphalt concrete

می دهند. و اگر سیر شده باشد. AR ← Aged residue

هوازدهی ← Oxidization و آنستنی است که آنفالت با هوا انجام می دهد و سبب سخت شدن

قیر می گردد. سیر شدگی دو نوع است : ۱- کوتاه مدت ← در ساخت و ساز به وجود می آید و

دوامی بالو زمان کوتاه در حد ۲-۳ ساعت است. ۲- بلند مدت ← در عمر راه مثلا ۱۰ سال به

مرور رخ می دهد.

برای بدست آوردن سیر شدگی کوتاه مدت و مدل کرن آزمایندگی از روش Thin Film oven Test

است که قیر را روی یک سینی مشخص به میزان یک لایه نازک قرار می دهند و برای ۵ ساعت در دمای

163 °C قرار می دهند. (TFOT)

روش دیگر (RTFO) Rolling thin Film oven که دارای محفظه های برای نشسته گی مشخص وجود

دارد که در داخل هر کدام از نشسته 35 °C قیر می ریزیم. نشسته ۱ از قبل باید با لایه نازک توسط حلال

نشسته شده و تمیز باشند. در حالتی که دستگاه در داخل آن هوا می ریزند. در آزمایش TFOT عیبی که وجود داشت این بود که فقط سطح قیر هوازده می شد و یک لایه مثل سرشیر روی آن ایجاد می شد ولی در این روش جدید تمام قیر هوازده می شود. زمان کاهش می باید و aging نتوانست می گردد ولی عیب آن سخت بودن خروج مواد قیری از داخل لوله کی نشسته این است.

روش سوم S A F T ← stirred air Flow Test

طراحی یک لوله است که از آن هوا به داخل قیر وارد می شود و دارای یک پره است که می چرخد و هوا را با قیر مخلوط می کند هر بار 250 g می توان آزمایش کرد، دما همان 163° است و زمان به 30 دقیقه کاهش پیدا می کند.

برای مدل کردن پیرشدگی بلند مدت در آزمایشگاه از دستگاهی به نام pressure aging vessel یا PAV استفاده می کنند. در داخل دستگاه ما ۱۰ لیتر می توان قرار داد روی هر لیتر باید 50g قیر ریخته شود پس پس را داخل یک محفظه قرار می دهند که تحت فشار قرار دارد برای این کار قیر را برای مدت 20 ساعت در فشار 2.1 Mpa نگه می دارند. اول باید قیر را توسط RTFO پیرشدگی کوتاه مدت را انجام داد پس قیر پیر شده کوتاه مدت را روی لیتر قرار می دهند.

احتمال داخل قیر حباب های هوا وجود دارد که برای از بین بردن حبابهای هوا دما را تا حد 150 تا 140 بالایی برد تا قیر به خوبی مایع شود و حبابهای هوا خارج گردد.

واحد ویسکوزیته poise (پوئز) است در داخل جدول استاندارد 500 پوئز ویکوزیته داشته باشد آن را با AG-5 نمایش می دهند یا AR 500 نمایش می دهند.

بدین روش Viscosity آن است مخصوصیات قیر را در دمای بالایی بسنجیم و در دمای سرد یا Grate و یا پس از سرد شدن.

پوئز تحت خلأ ← روش قدیمی تر

روش اندازه گیری ویسکوزیته مطلق (68°C)

ویسکوزیته جریشی ← روش جدید تر ← performance Grading کاربرد دارد.

پوئزته ← دارای یک لوله ای با یک انت که بالای آن یک زانویی است ابتدا فشار اولیه وارد می کنند تا به یک سطح مشخص می رسد زمان آن را Time-mark یا لیسولت ← اندازه می گیرند.

روش اندازه گیری ویسکوزیته نسبی

لم دمای 135 ویسکوزیته نسبی را حساب

می کنند، دمای بالایی است (135°C)

ویسکوزیته مطلق را در دمای 60° اندازه می گیرند به این دلیل که دمای رومیزی در آمریکا 60° است و ویسکوزیته کینماستیک را در دمای 135° اندازه می گیرند زیرا Mixing و سترایم کردن غیره در این دما صورت می گیرد.

از نظر بررسی مواد رومیزی از نظر دمای ۳ دما را در نظر می گیرند ، ۱- دمای پایین ۲- دمای متوسط ۳- دمای بالا (بالای 40°)
 50° $(5-40)$

در روش Viscosity فقط ریسار آنالیت حرقت در دمای بالا را می بیند و تمام دمای متوسط کمتر Grade و دمای کم وجود ندارد. که این روش برای ویسکوزیته مطلق در دمای 60 درجه است.

از محلیب روش Viscosity این است که در اثر گرمایی short term aging را دید ولی ریسار طولانی مدت دیده نشده است. Grade

در روش مؤسین به این دلیل تحت خلأ قرار می دهند که غیر تحت وزن خود نمی تواند در دمای زیر 60° حرکت کند پس با ایجاد خلأ و اختلاف فشار قشر در لوله ی مؤسین حرکت می کند.

که روش اول اندازه گیری ویسکوزیته کینماستیک

برای اندازه گیری ویسکوزیته به کمک زمان حرکت تیریس Time mark { به دلیل خلأ را

اندازه می گیرند. برای یک سیال به ویسکوزیته اش را می نامیم.

$$\frac{\mu_2}{T_2} = \frac{\mu_1}{T_1}$$

$\mu_2 = T_2 \times \frac{\mu_1}{T_1}$ → calibration factor

$$\frac{\partial u}{\partial y} \approx \frac{1}{T}$$

$\epsilon_1 = \epsilon_2$

اثر وزن قابل اغماض است در این آزمایش

در روش Rotational دستگاه از تالیسه شدن خارج می گردد و باید هر چند وقت یکبار

این را با مایع مشخص ویسکوزیته دولی در آن با داشتن زمان و تنش برشی دستگاه μ به راحتی بدست می آید.

روش Say bolt سیبولت = روش روم اندازه گیری ویسکوزیته لیگمانتی

60 g قیر را در داخل ظرفی می ریزند که در پایین ظرف نازل وجود دارد که نازل آن 2 نوع دارد

universal = قطر بیشتر

Furoi = قطر بیشتر = برای موادی که ویسکوزیته ی بالا دارند استفاده می شود.

البته ویسکوزیته روش سیبولت با روش لوله ی موئین متفاوت است و باید جدول وجود دارد که

آنها را به هم ربط می دهد.

در روش ویسکوزیته گرید Viscosity Grade به جز میزان ویسکوزیته باید موارد دیگری نظیر

ductility و بررسی کرد

ductility Test یک روش قدیمی است که نمونه ای قیر را که به شکل dog است در داخل قالب bone

در دستگاه قرار می دهند با سرعت 5 cm/min می کشند در دمای 25°C هر چه میزان کشش

بیشتر باشد یعنی قیر ductile تر است، به عبارت این آزمایش در داخل یک مایع هم چال می با

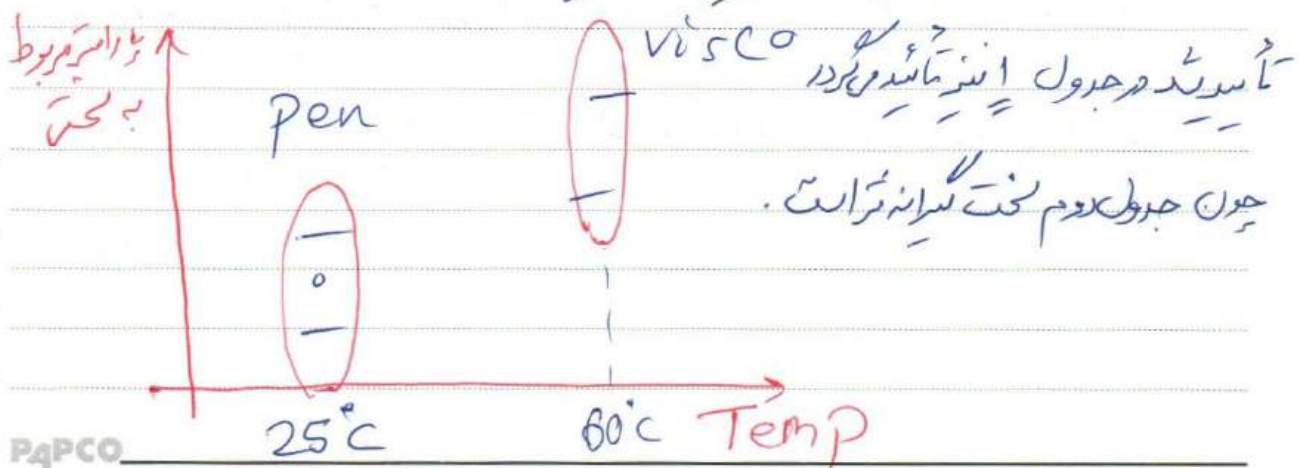
قیر صورت گیرد آب چال تقریباً برابر دارد و می توان با اضافه کردن مواد به آب که با قیر واکنش

نهند می توان آن را دقیقاً هم چال می کرد. در دمای پایین تر از 25°C نیز می توان با Rate

مقاومت این آزمایش و انجام داد.

در جدول Table 1 در مورد قیری که برشته و سیر شده، شدنی حالت حرارتی در نظر گرفته

شده است. اگر حالتی حرارتی پایین باشد باید Table 2 استفاده کرد و از جدول ۲



(PG)

روش سوم: انوازه گیری و یکوزنه روش performance grade است که برای این عملیات

و می تواند برای قیر آس اصلاح شده یا اصلاح شده ربط بیدار کند و خصوصیات قیر را به یکدیگر

آنها ربط داده می شود و برای ^{توقف} نوع خرابی قابل استفاده می گردد. ۱- rutting

۲- Fatigue cracking ۳- low Temperature - در جایی که هوا خنک تر است.

برای انجام این کار هر ۳ stage یا مرحله بر شکر را باید بینیم ۴ short

باید قیر را در یک محوره و یعنی از دما بپزند که این مسئله نیز برای اولین بار انجام شد. long

performance Graded specifications (PG)

SHRR specifications ← این شجره این مطالعات است.

strategic highway Research program

superpave specifications

۳ روش نامگذاری
این نوع روش

حفاظت دمای روسازی °C PG - 64 - 22

performance Grade

Maximum Temperature of
pavement °C (7 days)

خرابی را بینگ این نوع خرابی را به ما دیکته می کند.

برای این میانگین ۷ روزه میانگین ۷ روزه می توان در سال که max است.

فلففی استفاده از این روش آن است که اگر قیر نخواهد عملکرد خوبی داشته باشد باید دارای

بازوی
سختی مشخص در زمانی باشد
rotational viscometer

قابل پمپاژ بودن

۱- با استفاده از RV باید چک شود که آیا قیر Workable است یا نه ← این روش

برای قیری که هنوز سیر نشده است استفاده می گردد - قیری که از بالا آلوده خارج شده است -

۲- برای چک کردن نبودن rutting ، باید قیر در مرحله ساخت یا short term aging

قیر را تحت بچش یا تنش برشی بچش قرار دهند DSR ← direct shear reometer

۳- مثنی بعدی کنترل مثنی خستگی است Fatigue

۴- پس ترک های زمانی پایین را بررسی می کنند low Temperature cracking

با استفاده از روش RV میزان ویلوزیته را اندازه گیری می کنند که نباید بیشتر از 3 pa.sec

گردد

میزان ویلوزیته قیر حسب دما را رسم کنیم (به صورت نیمه لگاریتمی) می توان تشخیص داد

در چه بازه ای زمانی باید Xing نامورده چه بازه ای compaction صورت گیرد .

لے این نمودار برای قیرهای اصلاح شده است اگر قیر polymer modified باشد این دما ملاک

نسبت و دما یاقین بر است در دما این جدول قیر ملون است بوزر با لک سری روش های و دما یاقین

mixing و compaction را با بعضی و خط می توان بدست آورد

برای اندازه گیری خستگی (Fatigue) می توان از دستگاه DSR استفاده کرد

DSR قابلیت این را دارد که بارگذاری را در حالت های مختلف وارد کند.
 و انواع بارگذاری

PG :

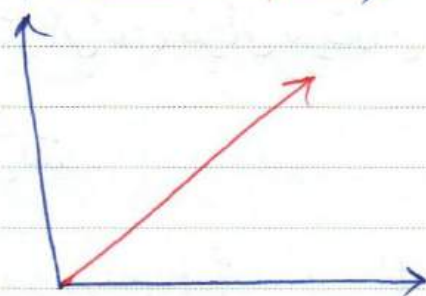


creep
↓
همیشه در طول زمان
می شود

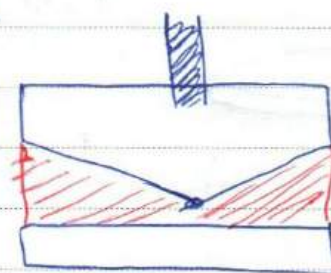
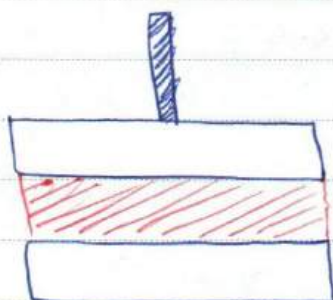
PG+ :



(RAMP)
Research :



DSR



cone & plate

برای بدست آوردن Max دمای ۷ روزه ابتدا برای ۳۴۵ روز دما را بدست می آوریم پس
 ۷ روز - ۳۴۵ حرکت می کنیم مثلاً اول از ۲ تا ۷ بعد ۸ تا ۱۵ و می بینیم دما را بدست

می آوریم آن مقدار max دمای ۷ پوزه است. ولی برای min دما، هر روزی که

min پور همان ملاک است و دیگر $average$ گیری نداریم.

برای شاخص PG یک جدول وجود دارد که برای یک PG شخص باید تمام ویژگی های

ریف این زیر آن ستون را برآورده کند.

تست این که روی تیرهای کوتاه پیر شده و پیر شده انجام می شود، شکلات $Rutting$ را

بررسی می کنند. تست این نوعی تیرهای پیر شده و بلند مدت انجام می شود شکلات

$Fatigue$ را بررسی می کنند.

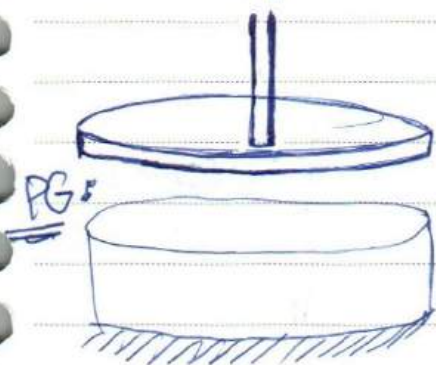
dynamic shear reometer

برای بررسی $Fatigue$ و $Rutting$ از دستگاه به نام DSR استفاده

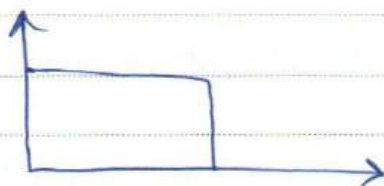
$\phi 25m$
 $T > 46^{\circ}C$

$\phi 8mm$
 $T < 40^{\circ}C$

می گردد.



PG^{+}

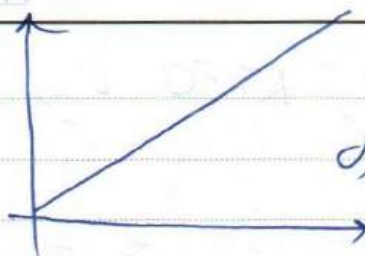


بارگذاری به این پایه عبارتی

creep - recovery

بارگذاری و باربرداری

Research



هر یک بار، لایه‌ای می‌تواند در research استفاده گردد، یکی از تکنیک‌های مقایسه است.
ramp است.

Rutling

unaged
or short term aged

قدیمی‌شده یا کم‌پیر شده باشد.

High Temp

دما بالا باشد.

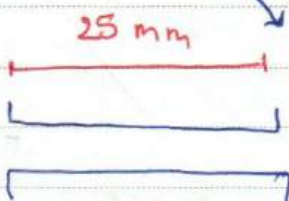
برای بررسی و شبیه‌سازی در
lab

از قریب‌ای مقابل استفاده می‌گردد.

unaged
RTFO Aged

Test at high Temp

material is soft ← باعث می‌شود ماده در شرایط نرم باشد



اگر ضخامت از این بیشتر گردد مواد راحت‌تر حرکت کرده و از گناره آفرین می‌کنند.

Fatigue

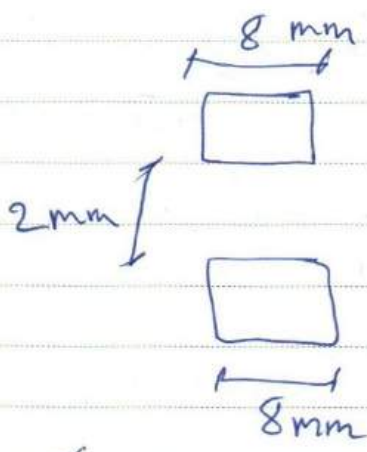
long term aged

Intermediate Temp

برای بررسی و شبیه‌سازی در
lab

PAV-Aged & Intermediate Temp

برای انجام PAV ابتدا باید با RTFO قیر را سرد شده کوتاه مدت کرد.



قطر را کم کردیم تا Torque دستگاه کمتر وارد

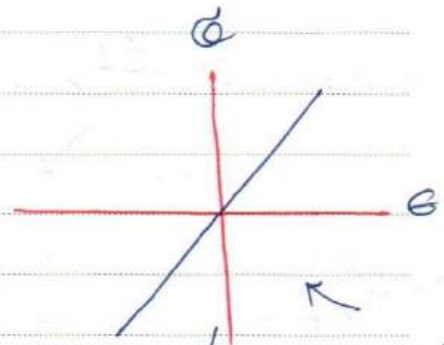
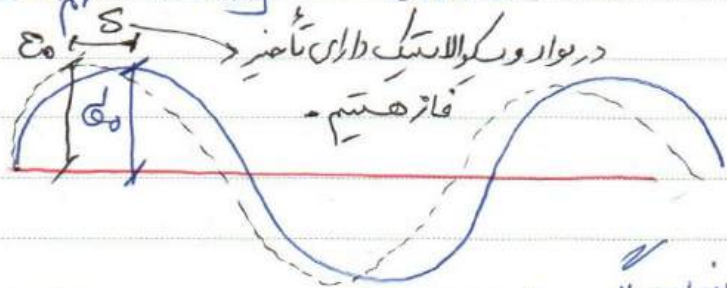
گردد و ارتفاع نمونه را به 2 mm رساندیم resolution

با لایه رود به این هند parallel plate گونید.

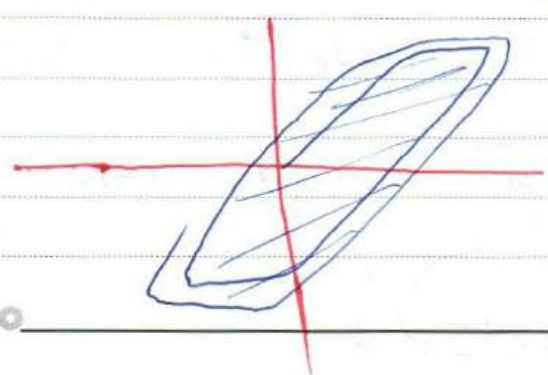
حال باید بینم در دو دستگاه یکی چه شاخصی را باید اندازه بگیریم و چه شاخصی باید در rutting یا fatigue است.

شاخص برای rutting مهم است

$$= \frac{G^*}{\sin \delta}$$



برای ماده‌ی الاستیک در بارگذاری سینوسی اگر damage فاشته باشیم Hystress نداریم و اگر damage فاشته باشیم به شکل زیر

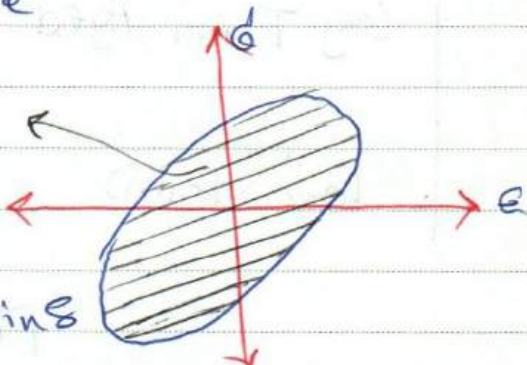


ما حتماً می‌گردیم و حالت برابر انرژی جذبی است.

برای مواد Viscoelastic دارای H' stress slope هستیم و نمودار سافت طر است.

$$Area = \pi a b$$

$$\pi \epsilon_0 d \sin \delta$$



$$G^* = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0} \rightarrow Area = \pi \frac{\sigma_0}{G^*} d \sin \delta$$

$$Area = \frac{\pi \sigma_0^2}{G^* \sin \delta}$$

این مقدار زیاد تر باشد سافت $G^* \sin \delta$ است.

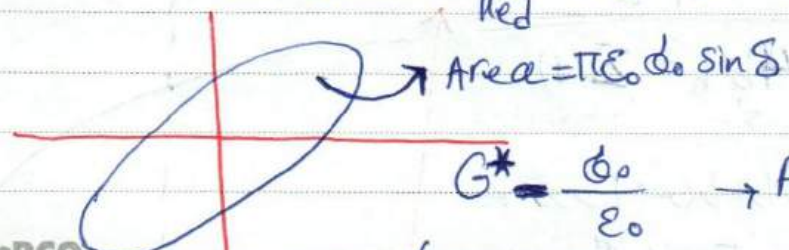
است و ما می خواهیم یک حداقل برای این کریدیت آوریم تا بزرگترهای عددی گردد برای ما مناسب باشد. این نسبت برابر با تعدادی آزمائش بدست می آید.

فاصله $G^* \sin \delta$ است.

Fatigue برعکس strain controlled rutting است، ترک های Fatigue دونه است

top down, bottom up و چون bottom up به شکل

چون از پایین به بالا حرکت می کرد ترک یک تغییر شکل strain بسیار زیاد بود به همین دلیل ترک نشد strain controlled است.



$$G^* = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0} \rightarrow Area = G^* \epsilon_0^2 \sin \delta$$

P4PCO

برای $G^* \sin \delta$ باید از چسب کمتر باشد (5000 kPa)

unaged

$$\text{Rutting } 2.2 \leq \frac{G^*}{\sin S}$$

RTFO

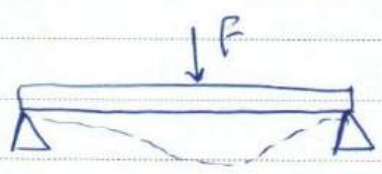
$$\text{Fatigue } G^* \cdot \sin S \leq 5000 \text{ kPa}$$

Flash point → نقطه اشتعال

برای تست های ترک های دمای پایین

- low Temp
 - long Term Aging
- } → PAV-Aged Test of low-temp

در دمای بسیار پایین قیر بسیار کند است پس از DSR نمی توان استفاده کرد ولی

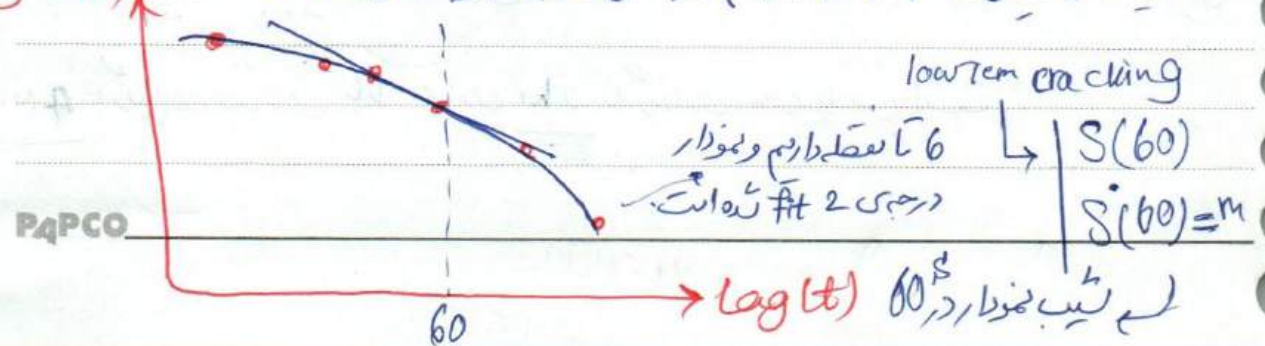


با استفاده از BBR چک می شود

BBR Temp range : -36°C - 5°C

این آزمایش در تمام آب و اقلیم صورت می گیرد

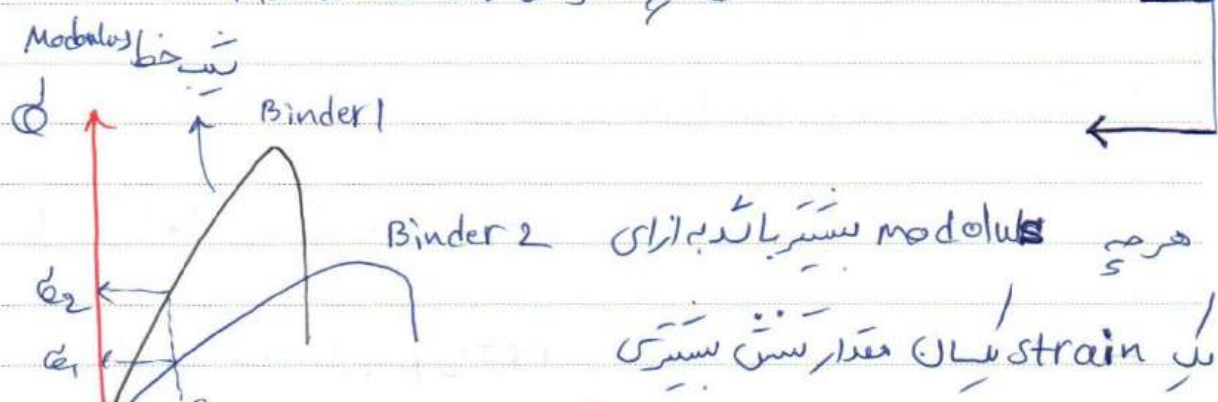
این آزمایش (SHARP) از سال ۱۹۹۰ صورت گرفته است.



برای اینکه یک قیری بت مکی PG را pass نشاید :

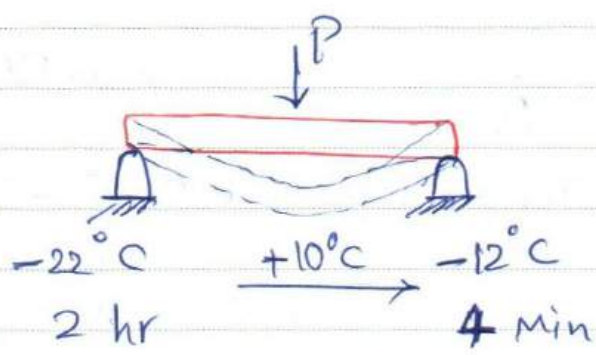
creep stiffness at 60 s ≤ 300 Mpa (43.5 psi)

m-value at 60 s ≥ 0.3



لازم دارد پس modulus یا کثرت بیشتر یعنی خطرناک تر است. ① در کثرت بیشتر

max نمودار بالاتر است ② به ازای یک ε میان $k_1 < k_2$



دما به بالا می رود تغییر شکل زودتر رخ می دهد، دمای بالا نیز بارگذاری بلندتر معادل

4 min بارگذاری در دمای بالا معادل 2 hr بارگذاری دمای پایین است.

روند محاسبه PG بر اساس مشخصات

تعدادی result از آزمایش‌های BBR و DSR بدست آمده به ما می‌دهند پس به جدول

- 1- مطالب مرتبط با safety
- 2- از نظر Construction و workability
- 3- به سطر RTFO می‌رویم اولاً باید mass change کمتر از 1% باشد

دو تا دمای min و max می‌خواهیم بدست آوریم. حداقل دمای ≤ 46 از شروع

می‌شود $6^{\circ} - 6^{\circ}$ بالای رود و به طور تقریبی هر 6° stiffness را $\frac{1}{2}$ می‌کنیم

عدد از آزمایش‌های rutting بدست می‌آید.

Temp $^{\circ}C$	un Aged $G^*/\sin\delta$	RTFO $G^*/\sin\delta$	شماره Binder A
✓ 46	✓ 2.3	✓ 6	
✓ 52	✓ 1.7	✓ 4.5	
✓ 58	✓ 1.05	✓ 3.1	PG 58 OK ✓
X 64	X 0.85	✓ 2.3	

یک سنگی دیگر وجود دارد PG پیوسته یا continuous PG است.

چرا اهمیت دارد؟

For Binder B

	unAged	Aged
temp	$G^*/\sin \delta$	$G^*/\sin \delta$
46	✓	✓
52	✓	✓
58	1.9 ✓	3.6 ✓
64	0.97 X	2.4 ✓

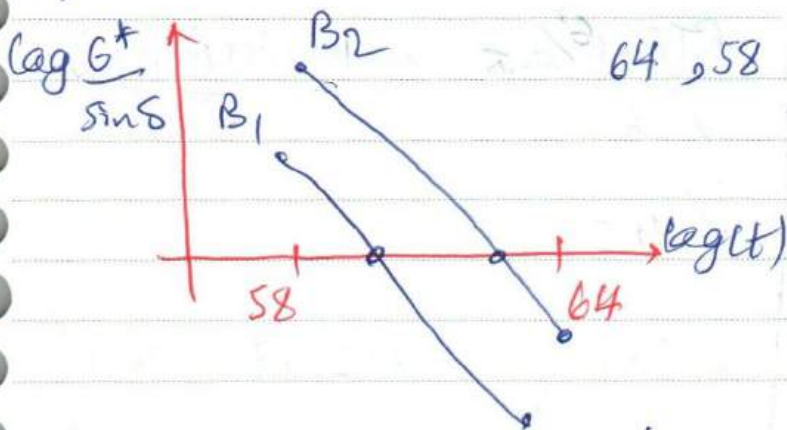
بین دو Binder، A و B در دما 58 هر دو دارای PG 58 هستند

ولی Binder B به 64 نزدیک تر است و Binder A به 58 نزدیک تر است پس

دلیلی بین دو دما interpolate می کنیم و می بینیم چایی که $\frac{G^*}{\sin \delta} = 1$ باشد

بنابراین $\log \frac{G^*}{\sin \delta} = 0$ را می شود، دمای متناظر با آن را از روی نمودار می خوانیم

چنین دمای دقتی حاصل شده بین 58 و 64



حال باید به سراغ حداقل دمای test برویم و آن را بدست می آوریم، اینجا روی PAV

کار می کنیم

✓
 Subject: Binder A
 Year: Month: PAT/ Aged Date: Binder B

Temp °C	S(60)	m	S(60)	m
-16°C → -6°C	150 ✓	0.4 ✓		
-22°C → -12°C	250 ✓	0.37 ✓		
-28°C → -18°C	320 ? X	0.31 ✓		

اگر m پائین شود و S بین 300 تا 600 →

بود شود می تواند پائین کند و این شرط پائین بردن تست DDT است.

در تست DDT اگر $\epsilon_f \geq 1\%$ (گرفت Failure) باشد آنگاه این تست

پاس می شود. $S < 300 \text{ Mpa}$, $m > 0.3 \rightarrow \text{OK} \rightarrow \text{pass}$

$\left\{ \begin{array}{l} 300 < S < 600 , m > 0.3 \\ \epsilon_f \geq 1\% \end{array} \right. \rightarrow \text{OK} \rightarrow \text{pass}$

برای مثال اگر $\epsilon_f = 1\%$ بود آنگاه مقدار دمای حداقل -28 می شود. ✓ PG 58-28

آنگاه چیزی تمام شده است باید شرط Fatigue نیز چک کرد یعنی $G^* \sin \delta$

که باید $\frac{58-28}{2} + 4^\circ = 19^\circ$ و این راه می کند. ✓

در طبقه بندی براساس PG تست Flash point نسبت ایمنی و safety محیط
است.

اگر دمای قیر به بالای 200 درجه برسد ممکن است در اثر حرارت زدن روی سطح قیر شعله ور شود و
آتش بگیرد. این تست توسط یک ظرف که داخل آن تیر است و روی شعله قرار می گیرد حرارت
قرار می گیرد و با سرعت $14-15^{\circ}\text{C}/\text{min}$ به آن گرمای دهیم و در حالتی که دما خیلی زیاد
شود با $6^{\circ}\text{C}/\text{min}$ دما را زیاد می کنند. زمانی که عبور از شعله کوچک روی سطح قیر در یک دمای
مشخص قیر شروع به جرقه زدن می کند و در دمای بالاتر از آن قیر شعله ور می شود
(Flash point)
که به آن دمای شعله می گویند.

در برخی حالات درست است که requirement های PG هم باید چک شوند ولی اگر این اثر
آنها خیلی نزدیک OK بودن بودن توان با مشاهده و توضیح دادن ابراز از آن قیر استفاده کرد
مثلاً اگر Flash point 220 بود می توان با انجماد از آن قیر استفاده کرد.

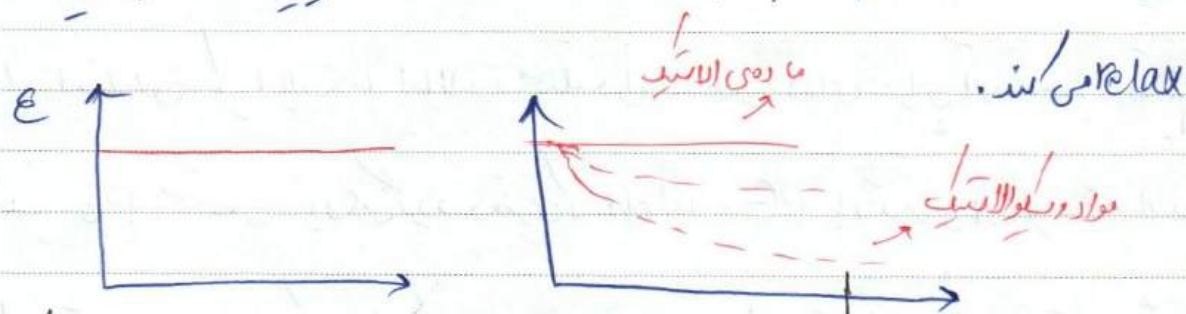
$$LT = -22^{\circ}\text{C} \xrightarrow{+10^{\circ}\text{C}} -12^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{cases} S(60) @ LT + 10^{\circ}\text{C} \\ M(60) @ LT + 10^{\circ}\text{C} \end{cases}$$

↓
مانند

↓
low temperature

هر چه m بزرگتر باشد یعنی نسبت به زمان modulus زودتر تغییر می کند و قریب سریع تر



ماده ویسکوالاستیک در یک ϵ ثابت بعد از مدتی relax می کند

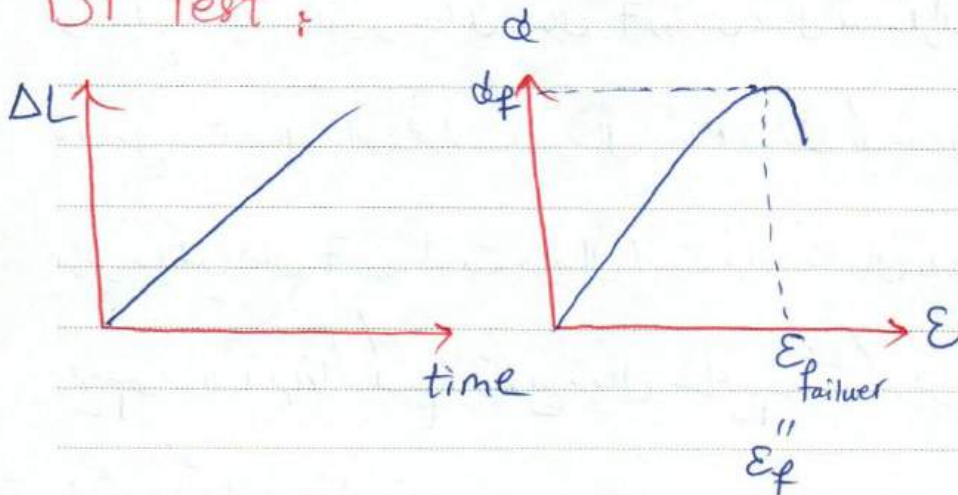
که از تقسیم مقدار relaxation modulus بر است $\frac{\sigma}{\epsilon}$ می آید.

DT ← direct tension تست این به در حالتی که $300 < stiffness < 600$

باید $m > 3$ باشد آنگاه با انجام تست DT و OK بودن این تست می توان

گفت که قریب دارای مقدار PG OK است.

DT Test :

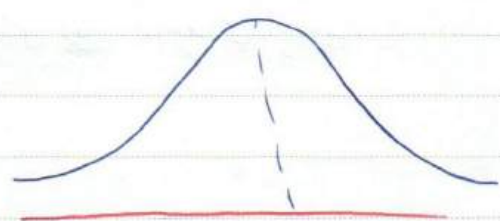


در تست DT مقدار ϵ_f باید بزرگتر از ۰.۰۱ باشد تا DT OK شود

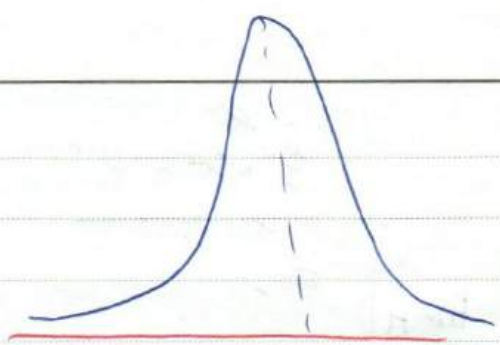
علت انتخاب از تست PG استفاده می شود:

ابتدا مناطق یک ایالت یا ایالات مختلف را بر اساس دمای هوای آن ناحیه و اقلیم یک PG مشخصی بیان می گردد و قریب که دارای آن PG باشد برای آن ایالت مناسب است و هر پهنه ای که دارای یک دمای $\max$ و $\min$ است دارای یک PG می شود. مثلاً در یک منطقه با حداقل دمای -20 و حداکثر $+48$ باشد محدوده ی PG باید شامل این دما باشد و چون ما تا 6 دمای PG تعیین می کند حداقل PG برابر PG 52-22 خواهد بود ولی PG 58-28 هم خوب است. PG 58-22

در آمریکا و کانادا از 6500 ایستگاه هواشناسی استفاده شد تا پهنه بندی صورت گیرد و مقدار متوسط حداکثر و حداقل دمای 7 روزه ی سال مد نظر است. مقدار $\max$ و $\min$ مثلاً برای ۳۰ سال به این نحو است که هر سال $\min$ دامنه یک عدد برای یک روز است ولی $\max$ برابر میانگین دمای 7 روزه است هر سال است برای ۳۰ سال دارای $\min$ ۳۰، $\max$ ۳۰ داریم و نمودار آنها را به بلشیم یک توزیع نرمال خواهیم داشت که هر چه پراکندگی data بیشتر باشد، زنگوله پهن تر است.



30 year → T_{min}



T_{max}

Reliability میزان اعتماد ما به سازه است که چقدر احتمال وجود دارد که سازه fail نکند و در یک دمای خاص در دم سست δ نباشد. احتمال کمتر برون دما از آن دما است و دم سست رابت احتمال بالاتر برون و تجاوز کردن دما است.

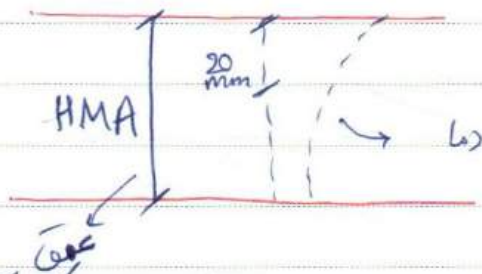
برای استاندارد کردن توزیع نرمال و تبدیل به توزیع نرمال استاندارد $\frac{X - \mu}{\sigma}$ μ میانگین σ standard deviation که در توزیع نرمال شد اختلاف داده از میانگین برابر صفر می شود.

در توزیع نرمال استاندارد شده، می توان محور افقی را برابر با standard deviation تقسیم بندی کرد.

مثلاً برای احتمال 1.98 مقدار 2 در جدول ave می رویم برای مقدار دمای T_{min} با 2 به عقب می رویم.

- ۱- دمای هوا
- ۲- نوعی ماسخ خورشید
- ۳- عمق روسازی ← هر چه در عمق پایین تری برویم دما خنک تر است.

برای دمای نهانده‌ی بستر روستری ، دما در عمق 20 mm را در نظر می‌گیرند



دمای Min برای هوا و روستری تا حدی نزدیک به هم هستند و در برخی از این دو را یکی می‌گیرند
علت این در داده‌ای T_{max} پراکنده‌گی کمتری است و وجود میانی در این شاخص می‌باشد

اگر یک قریب $T_{max} - T_{min}$ PG انتخاب کنیم حداقل 50 reliability داریم.

برای جریان ترافیکی اگر سرعت پایین باشد ، مثلاً به خاطر ترافیک معیوس ... آنگاه مدت زمان بارگذاری

بالا می‌رود و این برای روستری خوب نیست . به عبارتی تأثیر افزایش زمان بارگذاری معادل

افزایش دمای روستری است و اگر با این دید به قضیه نگاه کنیم به قریبی با PG بالاتر نیاز داریم

به عبارتی دمای بالای PG برای ترافیک کم یک Grade بالاتر رود و اگر ترافیک stationary باشد

دمای بالا را دو Grade بالاتر ببریم .

For Toll road → PG 64-22

Toll booth → PG 70-22 مثلاً برای عوارضی جاده ۳ حالت داریم

weigh Stations → PG 76-22

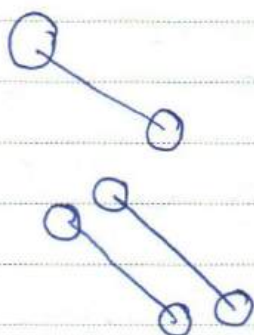
$10 - 30 \times 10^6$ ESAL

↳ level میزان PG بالا در بیم

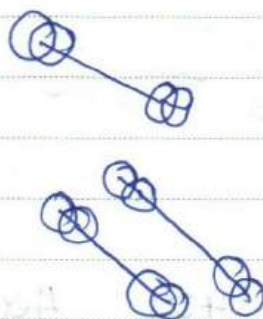
30×10^6 ESAL → دو اوج بالا می رود

↳ equivalent single Axle load

نوعی محاسبه از چرخ ها برای خودروی سنگین وجود دارد.



Tandem axle



برای تبدیل کردن هر کدام از این نوع چرخ ها و محور ها به یکدیگر، به نوعی ضریب هم از زیر نیازمندیم

یعنی محوری که استاندارد نیست وقتی عبور می کند، چه میزان خرابی نسبت به حالتی که استاندارد

نسبت ایجاد می کند.

انواع سنگ از نظر سنگ شناسی : (Geology)

بیت آوردن سنگ از معدن و Exploration & production

X سنگدانه در امتحان مورد ارزیابی قرار نمی گیرد. X

فحوی نامگذاری سنگ

برای سنگ رانه درشت بزرگ صانع سوراخ را می گویند مثلاً $\frac{3}{8}$ اینچی با سوراخ $\frac{3}{8}$ اینچ

است و سنگ رانه درشت $\frac{1}{4}$ اینچ تا 1 اینچ هستند. برای سنگ رانه بزرگتر مقدار

حفرات در یک اینچ مربع را بویند. مثلاً 400 دارای 400 سوراخ در 1 inch^2 است

و سنگ رانه بزرگ 400-4 شماره گذاری می گردند.

سنگ رانه Rip-Rap ← در پایداری کردن شیب کاربرد دارند.

برای اعداد معدن از Core گیری استفاده می شود و پس Core گرفته شده بر اساس خصوصیات

روی یک ورق core graph رسم کرده و اطلاعات هر قسمت را با توجه به عمقش بیت می آوریم.

عملیات Stripping برداشتن خاک روی معدن است.

Sampling (نمونه گیری)

با این کار ابتدا آنزایب می کشیم تا بسیم سنگلانه به دردم خورد یا نه (evaluation)

۲- کنترل مصالح تأمین شده (control) ۳- ...

این اهمیت دارد sample را بگیریم، هر چند وقت یکبار بگیریم.

یکی از جایایی که می شود sampling کرد روی تسمه نقاله (conveyer) است. جای دیگر

در محل خروجی pulley است. و در خود stockpile هم می توان این کار را انجام داد.

در صورتی که به صورت دستی sampling می کنیم باید conveyer را متوقف کنیم و این کار سخت

production را پایین می آورد. ولی چون در آنجا هنوز segregation صورت گرفته است باید چه

است. این کار می تواند به صورت اتوماتیک توسط یک دستگاه که روی conveyer نصب می گردد belt

انجام شده و مزیت اتوماتیک نسبت به دستی، سرعت بیشتر آن خواهد بود. size نمونه ای

که می گیریم نباید خیلی بزرگ باشد و نه خیلی کوچک. در ابتدا شروع حرکت belt چون هنوز

کنترل نیست نمونه گیری نمی کنیم. برای نمونه گیری از stockpile باید هنگام ایجاد stockpile

به هنگام برداشتن stockpile از آن استفاده کرد. بهر است از جای بالا آن نمونه گیری

کنیم.

وقتی یک stockpile خیلی بزرگ داریم، بعضی وقتها مجبوریم با loader یک قسمت را جدا کنیم و نمونه بگیریم.

گاهی اوقات مجبوریم که از stockpile بزرگ یک stockpile کوچک بگیریم و از آن نمونه گیری کنیم.

گاهی اوقات که نمونه کمی ما پاشن است می توان با استفاده از یک لوله و در کردن لوله داخل انبار sand خاک نمونه گیری کرد.

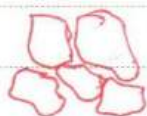
تقسیم کردن نمونه ها

۱- splitting : دستگاهی که نمونه را به طور مساوی به دو قسمت تقسیم می کند. می توان مجدداً هر قسمت را با هم به دو قسمت تقسیم کرد.

۲- Quartering : نمونه را به چهار قسمت تقسیم کنیم و به صورت ضربدری دو قسمت از چهار قسمت را برمی داریم.

نگدانه های ایده آل

نگدانه های ایده آل با هم interlock می شوند و این باعث می شود نمدانه های به تازگی ساخته شده



مناسب تر از نمدانه های گرد هستند.

تغییر $\rightarrow$ weak point یا weak link وقتی از مخلوط آسفالتی است که رفته و سفت می شود
آسفالت را دیده می کنید اما ۱/۹۵ مخلوط آسفالتی نمدانه است پس نمدانه هم اهمیت بالایی دارند.

جرم مخصوص یا G_s (specific gravity) نسبت وزن یک ماده به وزن آب هم حجم آن

G_s limestone 2.65 to 2.75

asphalt binder ~ 1.025

coal = 0.8 to 1.5

shale = 2.0 to 2.7

مواد که دوست نداریم قاطعی
نگدانه های قاطعی

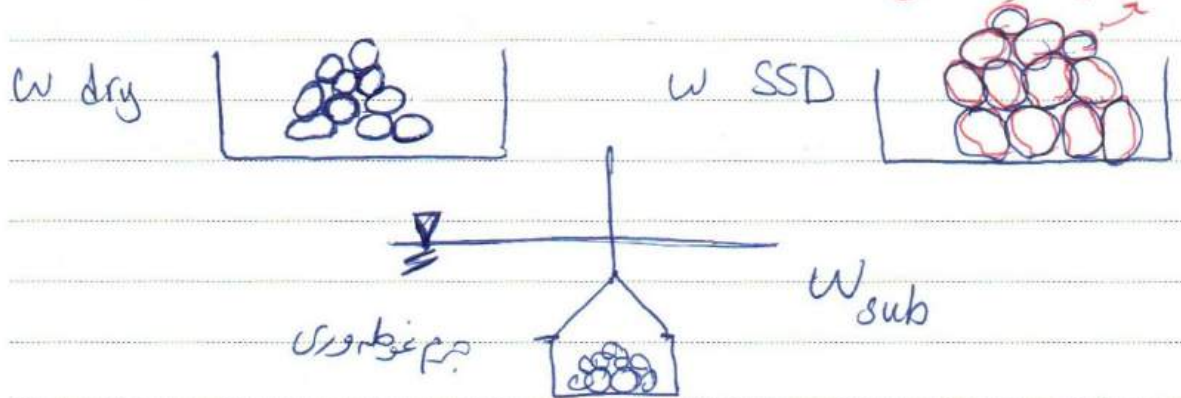
برای جابجایی آنها می توان مخلوط سنگی را در داخل مالعی که G_s آن را می دانیم و

G_s مثلاً بالاتر از 2 دارد و می تواند مواد مثل coal روی آن شناری شود و این ماده ای

shale خیلی آشنایان با جابجایی نمدانه های ما هم پوشش دارد و جدا کردن آن برای ما سخت است.

برای بدست آوردن چگالی سنگدانه ρ_s جرم به بر راحتی بدست می آید، برای محاسبه حجم از نیروی شناوری یا ارشمیدیس که نیروی ارشمیدیس معادل آب هم حجم آن مخلوط است معادل چگالی را می توان بدست آورد.

SSD $\rightarrow$ saturated surface dried. داخل ذرات با آب پرواشباع است.



برای بدست آوردن چگالی SSD ریزانه از تست cone با روش فنوپی استفاده می شود تا مطمئن شویم که ریزانه اشباع شده است.

یک شاخص دیگر Bulk density است که منافذ داخل ذره هم به عنوان حجم ذره به حساب می آید و چگالی توده‌ی ذره می شود.

شاخص دیگر apparent density است که حجم منافذ برای چگالی قشر محسوب نمی شود.

$$G_{sb} = \frac{\text{Dry mass}}{\text{Bulk vol}}$$

$\downarrow$
bulk

P4PCO
Specific gravity

$$G_{sa} = \frac{\text{Dry mass}}{\text{apparent vol}}$$

$\downarrow$
apparent

Specific gravity

به عنوان یک قاعده سرانگشتی مقدار قیری که جذب سنگدانه می شود 50٪ میزان جذب آب

سنگدانه است .

$$= \frac{\text{SSD weight} - \text{oven dry weight}}{\text{oven dry weight}} \text{ درصد جذب آب}$$

✓ برای کاهش میزان جذب قیری که جذب سنگدانه می شود می توان یا از warm mix additive استفاده کرد یا از قیری که چسبایی بالاتری دارد می توان استفاده کرد.

در Hot mix asphalt مقدار زیادی قیر جذب سنگدانه می گردد و به کمی سنگدانه کمتر می گردد که

نشانی نفوذ قیر داخل سنگدانه است ولی در warm mix asphalt اینگونه نیست و مقدار کمتری جذب می گردد که در مقیاس بالا هزینه بسیار زیادی می گردد.

هرچه سنگدانه angularity بالاتری داشته باشد نیروی internal friction تأثیر می گذارد

که عامل اصلی مقاومت برشی آسفالت است.

اندازه گیری angularity :

برای درشت دانه با توجه به تعداد وجهی شکسته طبقه بندی می کنند سنگ های که دارای ۲ وجه

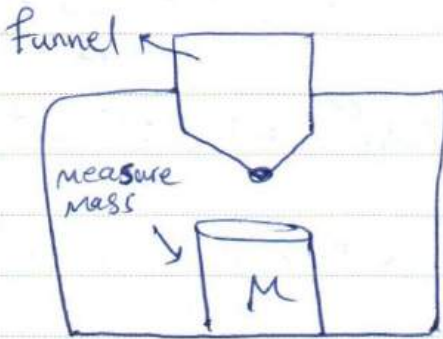
شکسته یا بیشتر هستند به عنوان سنگ های fractured face شناخته می شوند.

Subject:

Year: Month: Date: ()

برای ریزانه از روش به نام **uncompacted voids** استفاده می‌گردد که سنگدانه‌ای از یک ارتفاع مشخص باید قیف داخل یک سیلندر ریخته می‌شود سپس سیلندر را فشرده می‌کنند و وزن آن را اندازه می‌گیریم بدون اینکه هرگونه **Compaction** صورت گیرد پس حجم آن را هم داریم وزن آن را اندازه می‌گیریم و

$$\text{uncompacted voids} = \frac{V - M/G_{sb}}{V} \times 100\%$$



تیز گوشگی

هرچه **angularity** بالاتر باشد میزان حفرات و تخلخل بالاتر می‌رود.

برای سنگدانه‌ای گرد ۳۹٪ است و برای سنگدانه‌ای سبزه‌لبه برش خورده ۴۹٪ است.

Fractured Face (FF) → ۴۵٪

UV → uncompacted voids > ۴۹٪

سنگدانه‌ای پولکی مناسب نیست زیرا **interlock** خوبی ندارند و مقاومت آنها نیز پایین است.

کلاً سنگدانه‌ای **Flaky** و **Elongated** مناسب نیست.

یکی از مشکلات نگهداری پولک شکستگی است که بین دو صفحه شکسته هیچ تیری وجود ندارد
 و اگر نگهدارنده hydrophil باشد (آب دوست) مثل عریان شدگی بوجود می آید.
 هر چه نگهدارنده angular تر باشد، interlock بیشتری دارند و مقاومت بیشتری خواهند
 داشت.

معادل ماسه ای Sand Equivalent

محلول نگهدارنده ای را در آب ولایم لایم حل می کنیم نقش لایم لایم ایجاد Suspension یا
 تعلیق است که نگهدارنده به آرامی ته نشین گردند. نهایتاً بعد از ته نشین شدن در داخل یک لوله ای
 لایم لایم تا جایی که ماسه قرار می گیرد sand یا ارتفاع از ته نشین ماسه ای می شود و در یک نقطه بالایی
 از آن سطح محلول است که clay ته نشین گردند.
 sand equivalent clay equivalent

$$SE = \frac{\text{sand reading}}{\text{clay reading}} \times 100$$

وجود خاک رسی عیوبی دارد که باعث می شود شکل عریان شدگی پدید بیاید بنابراین باید SE
 باید کنترل گردد. البته درصدی از ریزدانه ای برای مخلوط لازم است. برای طبقه بندی خاک با استفاده
 از الک #200 و روش هیدرومتری صورت می گیرد.

روش Methylene blue Test

ابتدا مصالح نگهدارنده ای خشک را در داخل ظرفی قرار می دهیم و به صورت نیم ml - نیم ml به محلول اضافی می کنیم و یک فیلتر داریم که روی آن نیز از مبلین بلو می ریزیم، اگر اشباع نباشد رنگ فیلتر سفید است و اگر اشباع باشد آب رنگ می گردد. و مبلین بلو ای که برای اشباع شدن لازم است بکنی به در صد خاک رسی که داخل محلول است دارد.

مقدار $MB = 30$ باشد و مخلوطی داشته باشیم که $\frac{1}{2}$ از ریزانه داشته باشد (رد شده از الک 200 # آنگاه عدد تعیین کنند $30 \times 2 = 60$ است که برای ما مهم است، یعنی ممکن دو مخلوط MB یکسان داشته باشند اما در صد ریزانه مخلوط خاک تعیین کننده خواهد بود اگر $\frac{1}{5}$ باشد $30 \times 5 = 450$ خواهد بود. MB دارای واحد $\frac{mgr}{gr}$ ← مبلین بلو است.

این مهم است که دانه بتنی تراست یا خشک زیرا اگر خشک باشد ممکن است لکونی های رسی (key lumps) روی سطح الک می ماند و این باعث خطا در دانه بندی و در صد رسی ما می شود.
دانه بتنی نگهدارنده روی پافت یا Texture سطح جاده تأثیر دارد ۲- روی Stiffness

سایز آفتاب مورد استفاده است.

درستی مخلوط آفتابی تأثیر می‌گذارد.

اگر $n = 0.5$ باشد
 اگر $n = 0.45$ باشد
 $p = \left(\frac{d}{D} \right)^n$ در صد عبور سنگدانه
 قطر max سنگدانه $\rightarrow$ مورد استفاده

خطی که نزدیک خط مستقیم $\max$ باشد $\max$ graded
 dense گویید و اگر فاصله زیاد باشد $\max$ graded

gap graded و اگر نزدیک ریزانه افتد $\max$ graded
 open شود (خط منحنی)

در سنگدانه‌های contact تعداد $\max$ graded
 point

نیروی ارتعاشی می‌کند که در نتیجه آن احتمال خرد شدن و شکستن بالاست. سنگدانه‌ها قفل

شدنی بسیار کمی دارند. فریب آنها نفوذپذیری بالاست و در مجموع از این نوع سنگدانه‌ها خیلی استفاده نمی‌شود

در سنگدانه‌های $\max$ graded معمولاً برای ساخت $\max$ graded
 asphalt

dense graded $< 7\%$ هوا

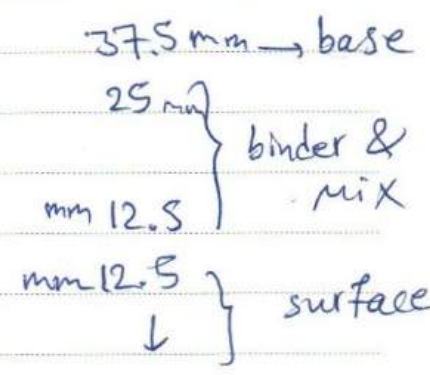
gap graded $15 < 22\%$ هوا

داخل slide

از $\max$ graded برای ساخت مخلوط آفتابی نیز استفاده می‌گردد (نسبت بالایی صغیر)

دارای درصد هوای $10 - 15\%$ هستند. برای ساخت آنها از تریکی اصلاح شده استفاده می‌کنند

به جز ایندگی شکل دانه بندی چه شکلی است، معمولاً با توجه به Max دانه بندی نیز نگدانه egg size
اسم گذاری می گیرند. که از دو اندازه nominal است ← اولین آن 10 egg size
از نگدانه از آن عبور یک الک بزرگتر از آن می شود Max nominal آن نگدانه size



اینکه چرا **Dense graded** باید باشد این است که فضای بین نگدانه کمتر باشد و چسبندگی لازم است، از طرفی فضای بیشتر و چسبندگی بیشتر خواهد که stability را تحت تأثیر قرار می دهد و فضای کمتر بین نگدانه interlock بیشتری بوجود می آورد.
مقاومت ضربه ای نگدانه نیز برای ما اهمیت دارد که برای اینکار از تست Los Angeles استفاده می گردد که دستگاه دارای یک drum است که نگدانه را داخل آن به همراه گوی های فولادی می زنند که این گوی ها به نگدانه ضربه می زنند و می شکنند سپس مجدداً با دانه بندی در صد 50 با دست می آید ← جزئیات در اسلاید

روشن دیکری کہ ٹیبہ Los-Angeles آب Micro-dental آب کے دارای یک فنر

کوچک آب کہ ۵-۶ گندانه داخل آن به همراه ساجه می ریزند این آزمائش مقاومت برابر

ضربه را بدست نمی آورند و مقاومت در برابر بایش یا polish شدگی گندانه را به نامی هد

اگر میزان loss در این آزمائش کمتر از ۱۸٪ باشد برای HMA خوب است.

Soundness Test تست سلامت = مقاومت در برابر نخ زدگی رانسان می دهد

گندانه آلوده محلول Na_2SO_4 به سیم سلفات اشباع کرده و خارج می کنیم و این کار مقاومت

Thaw & Freez را بدست می آورند نهایتاً این کار با وزن خشک مصالح پودر شده

بدست می آید.

روشن می دیکری تست اصطکاک = slide

مل برایت

↑ بار

آب دوست hydrophilic

تست کی شیمیایی

گند

← غیر آب دوست (الکتریم) hydrophobic + بار

له این گندانه که برای مادر راهازی مهم تر هستند این نوع

گند که در معرض آب باعث عفون شدگی می شوند.

SiO₂

هرچه بزرگتر از نظر کانی شناس میزان سیلیس بالاتر باشد یعنی با مقدار بیشتر

بیشتر می شود. در range 65 تا 100 درصد مخلوط با آبدوست می شود.

Superpaste criteria

اگر با ش superpaste فقط خصوصیات مشخص شده قبلی را اصلاح کرد و یک range تعیین کرد
را مشخص کرد. مثلاً angularity بگذارد و ...

در این رابطه یک جدول موجود است که با توجه به جدول می توان با توجه به میزان ESA L
را خودمان و میزان angularity و سایر ویژگی ها را مشخص کرد.

در حالت کلی هرچه به سطح روستایی نزدیک تر می شویم، میزان stress concentration افزایش

می یابد. دلایل دافستر روابط volumetric &

- HMA Design

- $V_a \xrightarrow{\alpha} \text{performance}$
رابطه دارد با

- Quality control → QC → این از راه های کنترل کردن کیفیت مواد
ساخته شده در راه و مقایسه آن با آزمایشگاه استفاده از روابط فیزیکی است.

Subject :

Year : Month : Date : ()

$$G_{mb} = \frac{\text{Mass of agg + binder}}{\text{Vol of agg + binder + air}} = \frac{\text{وزن کل}}{\text{حجم کل}}$$

bulk specific gravity ←

← حجم داخل یعنی از boundary تا به داخل

$$G_{mm} = \frac{\text{Mass of (Agg + binder)}}{\text{Vol of (Agg + binder)}}$$

max specific gravity ←

از دو فاکتور G_{mb} و G_{mm} می توان در صد هوا را بدست آورد :

$$\text{percent of air voids} = \left(1 - \frac{G_{mb}}{G_{mm}} \right) \times 100$$

$$\frac{G_{mb}}{G_{mm}} = \frac{V_{atb}}{V_{atb} + V}$$

برای بدست آوردن G_{mb} ← وزن خشک را اندازه می گیریم .
 ← اشباع را ...
 وزن غوطه خور (زیر آب) را اندازه می گیریم .

$$G_{mb} = \frac{A \rightarrow \text{mass of dry sample}}{B - C}$$

mass of SSD ← mass of sample under water ←

loose mix → نمونه آسفالتی را خرد کرده و در داخل آب و ...
 در دستگاه خلأ قرار می دهیم تا هیچ حباب هوایی در داخل آن نماند .

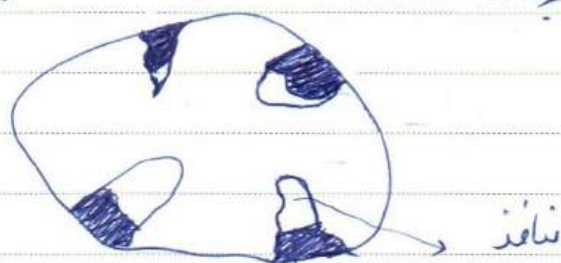
$$G_{mm} = \frac{A \rightarrow \text{mass of dry sample}}{B \rightarrow \text{volume of sample (without air voids)}}$$

اهمیت air void ← این از لایه‌ی زیرین بار را کمتر می‌کشد و این به سبب افت در عملکرد است.

$$G_{se} = \frac{\text{Mass of Dry Agg}}{\text{Vol of solid Agg + voids not Filled with binder}}$$

effective specific gravity for Agg

← منافذی که پر نشده است.



(absorbed Asphalt) قیر

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

در صورتی

specific gravity of the binder

G_{se} از جمله خصوصیات است که فقط به سنگ و به نسبت و به قیر هم مربوط است.

$$P_{ba} = 100 \left(\frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} G_{se}} \right) G_b$$

bulk specific gravity of Total Agg

→ % of binder absorbed by mass of Agg

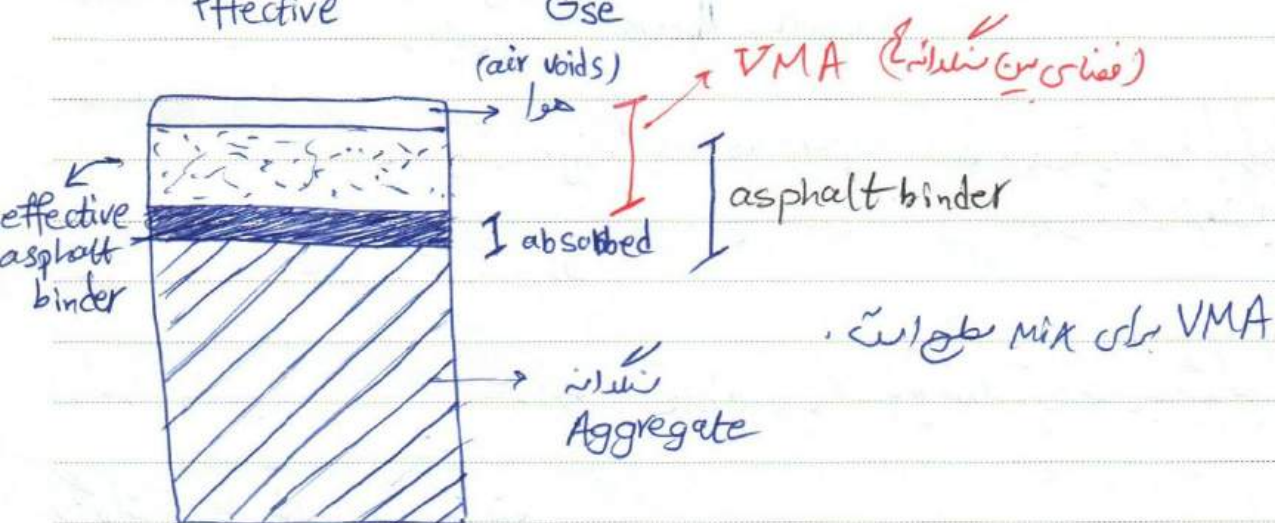
$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} P_b$$

حالا بماند (؟) ←

voids in mineral Agg

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \cdot P_s}{G_{sb}} \rightarrow \text{percent of agg by mass of the mix}$$

$$VMA_{\text{effective}} = 100 - \frac{G_{mb} P_s}{G_{se}}$$



Volume diagram

وقت VMA کم است به بایکریک Mix شکسته است زیرا قیر آن کم است و عده ی فضا را نئدانه ها اشغال کرده اند.

اگر VMA خنیه بالا باشد یعنی Mix با stability ندارد و احتمالاً دارای مشکل پایداری

voids filled with Asphalt

$$VFA = 100 \frac{VMA - V_a}{VMA}$$

VFA شاخصی است که وابسته به بقیه ی VMA و V_a است بنابراین خنیه ی کم کوپند این شاخص یک شاخص وابسته

است و جنبه ی جدیدی نیست.

هدف از ساخت مخلوط آسفالتی : ترکیب اجزای آن به صورتی بهینه برای رفع نیازی موجود

به شکل امضای

marshal, Aveem

قدیمی تر

روش های مختلف

superpave mix design ← بر روی قیر و مخلوط کار کردند

جدید تر

اما روی سنگدانه نه!

اهداف و ملزومات معمول هر آسفالت

۱- کارایی مناسب ۲- دوام (Durable) : باید مقدار قیر در حدی باشد که

سنگدانه را به طور مناسب متصل شوند.

۳- پایداری (stability) ۴- میزان هوای موجود کارآمد باشد، بگونه ای که نباید خیلی

کم باشد تا در باطن ریزش رخ ندهد، نباید از یک حدی بیشتر شود تا رطوبت و... مخلوط را فرسوده کند.

(stability) (Force)

F_y

در روش مارشال صرفاً این نقطه مهم است.

روش مارشال

مختار زیر نمودار انرژی لازم کاربرد دارد

displacement

Flow

هر چه قیر بیشتری در مخلوط داشته باشیم $\uparrow$ Flow

تنها stability مهم نیست، بلکه میزان تغییر شکل هم در زمان شکست مهم است.

* در ساخت نمونه برای تراکم کردن نمونه از چگشت مارشال استفاده کردیم.

Volumetric	V_a	VFA
	VMA	Density

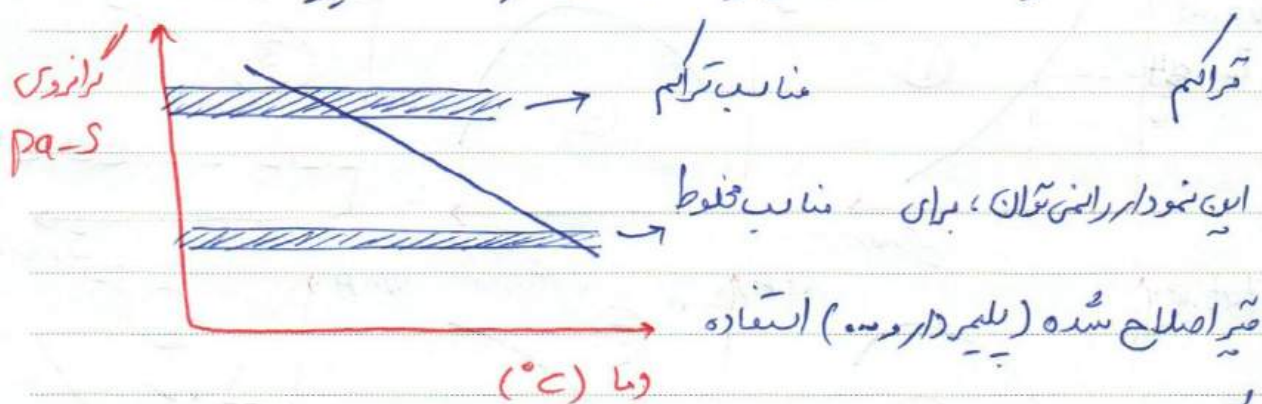
یا تراکمی مهم این روش؟

Mechanical	stability
	Flow

روش مارشال، شامل ۶ گام اصلی زیر است:

۱- انتخاب سنگدانه مناسب ← از نقاط اطراف محل ساخت باید بهر است.

۲- انتخاب قطر مناسب ← خریدِ قیر مناسب از پالایشگاه ← تعیین دمای مناسب اختلاط و



دما (°C)

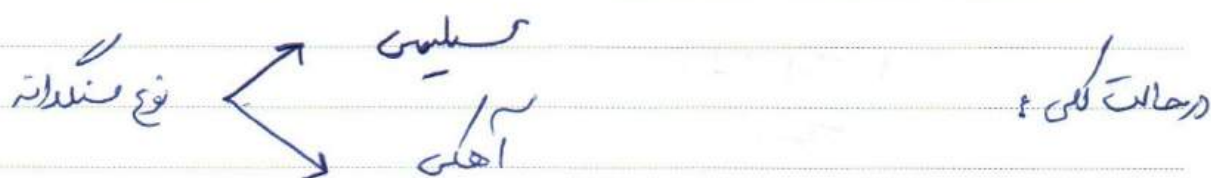
کرد، این اطلاعات را بهتر است از سازنده بگیریم.

یا منق در صد بهینی قیر (هدف در ادامه)

۳- استفاده از روش بحر و خط و Develop trial blends

حدود درصد قیر بهینه ۵٪ است، حال باید نمونه‌ای مختلف قیر یا درصد‌های مختلف قیر

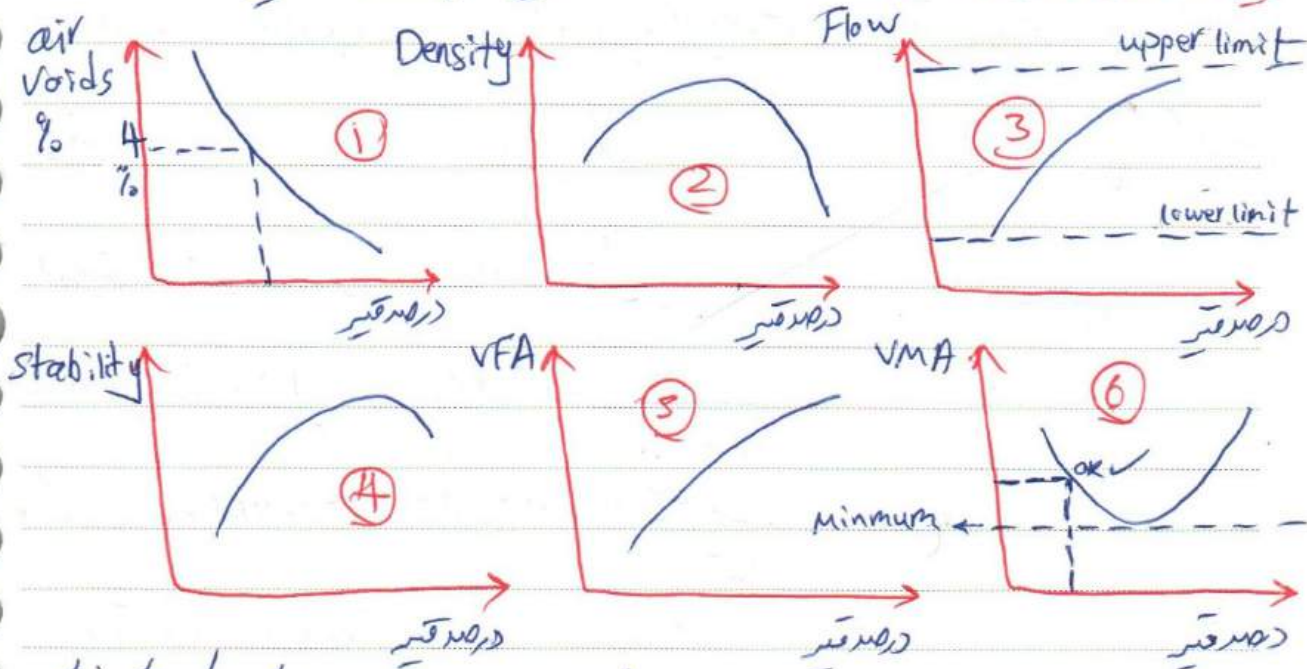
(5 ± 0.5) ساخته و کاهش‌های گفته شده در صفحه قبل را بدست آوریم:



تعداد نمونه $3 \times 5 \times 12 = 180$ حالت $\rightarrow 3 \rightarrow$ نوع دانه بندی

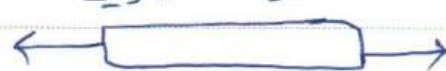
۲ نوع قیر $\rightarrow$

۴ کاهش اشاره شده و



ناقص از آن هست فشرده
هیدرواستاتیک

مقاومت کششی پایین



مقاومت کششی بسیار بالا

با استفاده از 1 و 2 و 4 ، درصد قشری بهینه تعیین می شود و با استفاده از 3 و 5

حک می شود. حدود استاندارد برای Flow ، VMA و stability در جدول مربوطه

شده است که بر اساس نوع ترانیک ، بک ، مقوی و سنگین تعیین می شود.

* پس از انجام این روند برای تمام نمونه ها ، حالت بهینه حاک از آن 2 حالت تعیین می گردد.

با بررسی 2 پارامتر 1 - عملکرد 2 - مائل اقتصاد ، یکی را انتخاب می کنیم

مقایسه توسط داده های $\rightarrow$ $\leftarrow$ افزایش کمی مناسب $\leftarrow$ راحت است.

تئیه سازی با هم افزایشی امکان محدود

مزایای روش مارشال 1 - توجه به فضایی خاص ، مقاومت و پایداری ، دوام

2 - روشی ارزشان قیمت است 3 - در پیروسی کنترل و پذیرش ، براحتی انجام پذیر است.

عیای روش مارشال 1 - ترانیک را به نحوی که در کارگاه انجام می شود تهیه سازی نمی کند

2 - مقاومت برقی را در نظر نمی گیرد 3 - تفاوت جهت ترانیک و پایداری

یکی از تغییراتی که Superpave ایجاد کرد ، نحوه ترانیک کردن نمونه بود که با اجمال پایداری

ثابت بر روی نمونه و چرخش ظرف همگی آن با زاویه 125° نسبت به قائم انجام شود

که هم فشار و هم برش را که در محل اتفاق می افتد را تهیه سازی می کند.

۳ روش بررسی بارگذاری ترافیکی

۱- Fixed Traffic ← عمر روستای بر اساس خستگی نیست بلکه آنالیز بر اساس بارگذاری بحرانی است.

۲- Fixed vehicle

۳- variable Traffic & vehicle

معمولاً برای نرودگاه و اتوبان های با خودروهای سنگین استفاده می شود و معمولاً برای روستای بهتر خوب است. این روش تقریباً منسوخ شده است.

این روش طراحی برای single axle می باشد و برای حالت Tandem مناسب نیست و ساده شده است، اما با اجمال اصلاحاتی می توان از این روش استفاده کرد. برای تبدیل به dual به single

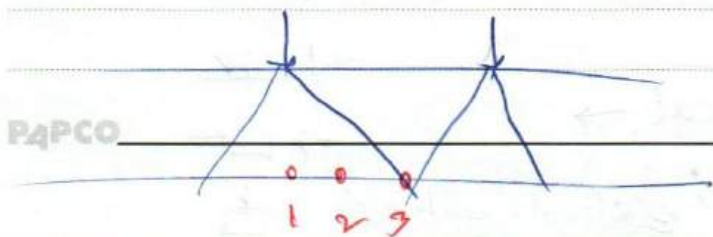
چند روش وجود دارد در سیستم آنها را با هم معادل می کنند.

- vertical stress
- deflection
- Tensile strain

این ۳ عامل از جمله عوامل ایجاد کننده خرابی در سیستم است که اگر آنها را معادل کنیم تقریباً می شود گفت خرابی و میزان آنها با هم معادل هستند.

اگر مثلاً عمق روستای کم باشد میزان vertical stress در زیر چرخ هم پرتابی ندارد.

فصل ۶ کتاب هوانگ



اگر ضخامت روسازی از $\frac{d}{2}$ کمتر باشد اصلاً هم پوشانی نداریم و اگر از $2d$ ضخامت بیشتر شد کاملاً هم پوشانی داریم و برای تبدیل بارگذاری dual به single یک نمودار وجود دارد
بین ضخامت $\frac{d}{2}$ و $2d$ نیز یک معادله وجود دارد:

مقاومت روسازی

$$\log(ESWL) = \log P_0 + \frac{0.301 \log(2.7/d)}{\log(4S_d/d)}$$

مثال در slide

مرکز تا مرکز لاستیک
فاصله محور آزاد لاستیک

برای بدست آوردن بارگذاری زیر لاستیک باید از برهم نهی استفاده کرد.
اگر ما می‌دانیم که مقدار تنش max است برای این که ۳ نقطه را بررسی می‌کنند، یکی زیر یک سی از لاستیک یکی در $\frac{sd}{2}$ بین دو لاستیک و دفعی بعدی در sd_4 لاستیک دیگر است.

$$q_s \times \left[\frac{\sigma_z}{q} \right]$$

بار یک محوره

Fixed vehicle بگذرانی تمامی وسایل تقصیر معادل می‌کنند با بارگذاری

یک وسیله تقصیری واحد ← ESAL

با استفاده از روش های تجربی یکی
↓ ↓ ↓ ↓
طراحی روسازی 2 { Empirical →
حالت کلی دارد Mechanical →

کم با بدست آوردن توزیع تنش و روابط تنش و کرنش حاصل می‌گردد

EALF - Ashto method

$$\frac{W_{tx}}{W_{t18}} \approx \frac{1}{F}$$

$$\log \frac{W_{tx}}{W_{t18}} = 4.77 \log(18+1) - 4.77(L_{x1} + L_{x2}) + 4.33 \log L_{x2} + \frac{G_t}{\beta_{x1}} - \frac{G_t}{\beta_{18}}$$

$$\frac{W_{18}}{W} = F = EALF$$

(تعداد عبور ماشین های بارگذاری برابر با یکم بر است)
بارکم به خرابی یکم به تعداد عبور بیشتر (مجاز)
بارنر بار کم خرابی زیاد به تعداد عبور کمتر (مجاز)

$$\text{load \& Distress} \propto \frac{1}{W}$$

$$F = EALF = \frac{\text{میزان خرابی در اثر عبور بار مجهول}}{\text{میزان خرابی در اثر عبور بار استاندارد (18 kips)}} \quad \begin{matrix} \nearrow W_{18} \\ \text{مثلاً } \frac{200000}{100000} = 2 \\ \searrow W_x \end{matrix}$$

P_t شاخص است که نشان دهنده این است که وضعیت روسازی ما در چه وضعیتی است.

$0 < PSI < 5$ PSI مثابه PCI است

$0 < PCI < 100$

↓ خوب وضعیت روسازی

5		very good
4		Good
3		Fair
2		poor
1		very poor
0		

present serviceability Index

SN : structural number نشان می دهد سازهی روسازی ما چقدر قوی است.

$$PCI = 100 - \alpha_1 x_1 - \alpha_2 x_2$$

PSI (is a performance Indicator)

↓
یک سری پارامترهای خرابی از ۱۰۰ کم می شود.

$$80 < PCI < 100 \leftarrow \text{مثلاً } \text{chipseal} \text{ استفاده می کنیم}$$

$$70 < PCI < 80$$

در جدول $\log \frac{W_{+x}}{W_{+18}}$ پائینتر β خود تابعی از SN است که مادل اصل از $\log \frac{W_{+x}}{W_{+18}}$

برای SN استفاده می کنیم که خودش SN دارد پس باید تابعی و خط افتادار SN را

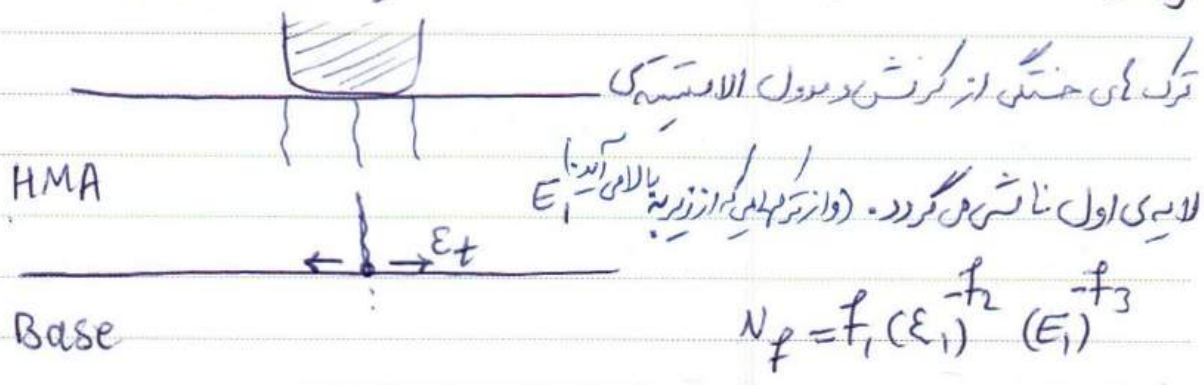
بدست آورد.

$$SN = f(D_i, a_i, m_i)$$

ترکیب لایه جنس لایه ضخامت لایه

برای بدست آوردن عمر خستگی و عمر رانینگ در کتاب هوانگ و de رابطه وجود دارد:

عمر خستگی و تعداد دفعات عبوری است که در روزی شب ایجاد ترک خستگی می شود.



asphalt institute AI ← $N_f = 0.0796(E_+)^{-3.291}(E_1)^{-0.854}$

Craus et al (1982) ← وقتی ضخامت لایه خیلی کم باشد از این استفاده می گردد زیرا لایه مقاومت کمتری قبول دارد و زودتر ترک می خورد.

$N_f = 0.0636(E_+)^{-3.291}(E_1)^{-0.854}$

HMA 4 in

$N_f = 0.0685$

به طور شایع روابط بالا رابطه ای داریم که عمر Rutting را می دهد.

$N_f = f_4(E_c)^{-f_5}$

۳ رابطه نیز برای عمر Rutting وجود دارد ← slides

$$N_f \quad EALF = \frac{W_{t18}}{W_{tx}} = \left(\frac{\epsilon_x}{\epsilon_{18}} \right)^2 \rightarrow EALF = \left(\frac{L_x}{18} \right)^4 \quad EALF = \left(\frac{L_x}{L_s} \right)^4$$

در روابط مکانیکی بالا باید یک type کمتر را با یک type مشخص محور مقایسه کرد نمی توان
مثلاً یک محور را با ۳ محور مقایسه کرد

برای آنالیز تنش در روسازی لایه ای از نرم افزار Ken layer استفاده می شود که برای روسازی

انعطاف پذیر (Flexible) است در برای روسازی Rigid از Ken slab استفاده می شود

یک شاخص PSR وجود دارد که در آن کارشناسان روی راه رانندگی می گردند و شاخص را به صورت

کیفی مشخص می گردند به صورت کیفی امتیاز می دهند این تابع هم دلیل خطا و تفاوت بسیار زیاد نتایج

و کیفی بودن آن خیلی قابل استناد نیست به همین دلیل شاخص PSI را تعریف کردند

$$PSI = f(Roughness, Distresses)$$

ضرایب $\downarrow$
بسیار پهنای سطح راه

$$PSI = A_0 + A_1 R_1 + A_2 R_2 + A_3 B_1 D_1$$

$\downarrow$
 $\log(1+SV)$
 $\downarrow$
slope variation

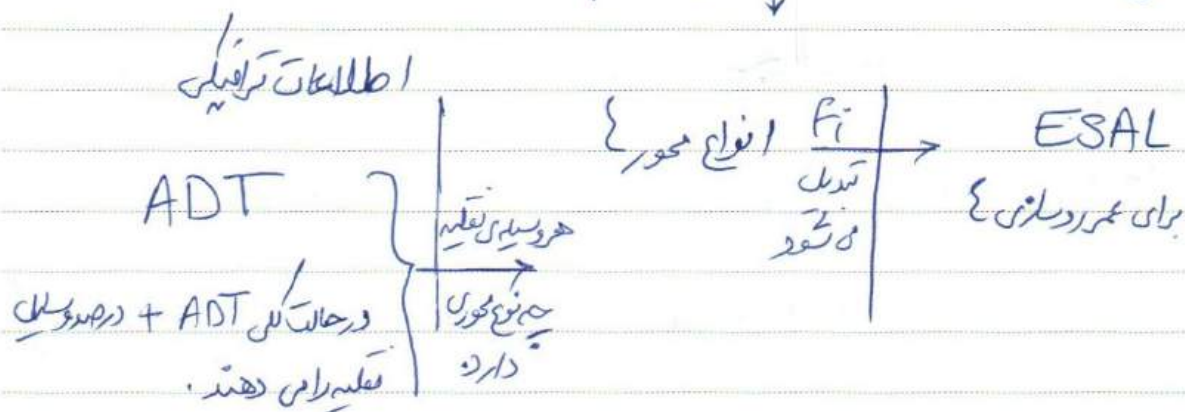
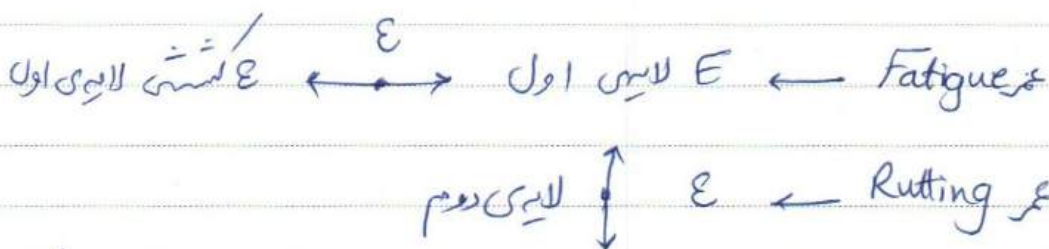
$\downarrow$
 $\frac{RD}{e}$
 $\downarrow$
rutting

$\downarrow$
 $(c+p)^{1/2}$
 $\downarrow$
cracking patching

شاخص به Roughness را نشان می دهد

$$PSI = f(SV, RD, C+P) = \underline{PSR}$$

نهایت این مقدار PSI را با PSR برابر در نظر گیرند که PSR میانگین شاخص کیفی بود که کارشناسان مشخص می کردند.



ESAL

ADT ترافیک در دو جهت رفت و برگشت است. برای طراحی

موتوری باید متراکم ترافیک جهت را بیاوریم که برای این منظور باید ADT

در یک ضربه **directional** ضربه شود از طرفی در جهت یک ضربه **lane distribution**

داریم که با توجه به میزان ترافیک و سطح سرویس است که در هر بانس چه ترافیک داریم و باید بررسی

directional distrib

lane distrib

year

$$n_i = (n_0)_i (G)(D)(L)(365)(Y)$$

رابطه اسم

در طول پروژه درجه‌بندی احداث راه جهت افزایش ضریبی که افزایش ترافیک در طول پروژه دارد بر نظر می‌باشد. Growth Factor می‌گردد. می‌باید بررسی کنیم تغییر کاربری می‌دهند ترافیک زیاد می‌شود.



G (۳ رابطه دارد) ← slide

ضریب G بر اساس میزان متوسط ترافیک است.

$$G = (1+r)^{0.5Y}$$

ترافیک سال وسطی → 0.5Y

در هر رشد ترافیک

رابطه PCA

$$G = \frac{[1+(Hr)^Y]}{2}$$

محافظه کارانه تر است و بیشتر سال اول و آخر است.

$$G = \frac{(1+r)^Y - 1}{r \cdot Y}$$

GxY راحت‌تر می‌تواند بالا است و چون مفهوم فزاینده

باید این‌گونه آن را می‌نویسند.

chapter ← 27 ← شان Huang بررسی کرد

$$r = 3.5\% \quad y = 30$$

$$G = \frac{[1 + (1 + r)^y]}{2} = 1.9$$

نخ رشد را به روش
محاسبه کنند.

رابطه 2

$$= 1.675$$

رابطه 3

$$= 1.721$$

برای ربط دادن $(N_0)_i$ به ADT، رابطه زیر داریم:

$$(N_0)_i = (P_i F_i) (ADT)_0 (T) (A)$$

Average number of
Axle per truck

$$T_f = \left[\sum_{i=1}^m (P_i F_i) \right] \times A$$

Truck factor

percentage of truck
in ADT

فرض کنیم هر کامیون
ایجاد می کند.

$$ESAL = (ADT)_0 (T) (T_f) (G) (D) (L) (365) (Y)$$

در سیستم های Mechanical نیاز به تبدیل کردن بارگذاری به یکوازیست و برای هر بارگذاری
جدداً به قسّم و کرنش و درسیج خرابی و بدست می آید.

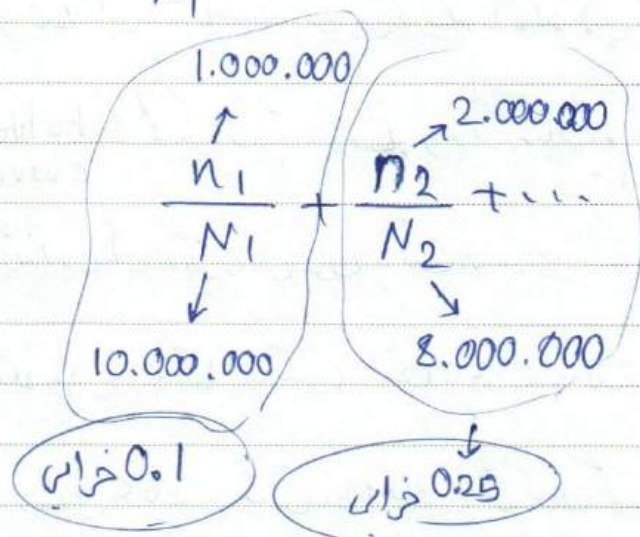
بقاوت خاک بستر در فصل مختلف و زمان های مختلف روز

تفاوتی دارند پس لازم است بدانیم در چه فصلی از سال چه میزان تراشیده داریم.

$$\frac{n_1}{N_1} + \dots$$

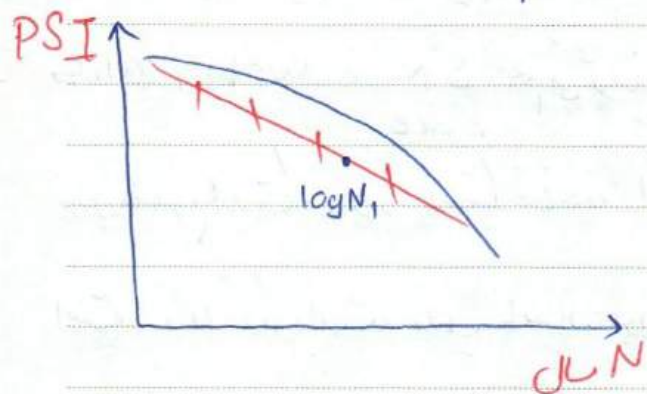
$> 1 \rightarrow$ Fail

$< 1 \rightarrow$ does not Fail



بهتر از میزان بارندگی را در زمان خاص خودش لحاظ کنیم و مکمل استفاده از اصل $\frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} = 1$

آهسته آهسته چیز را خطی در نظر می گیریم.

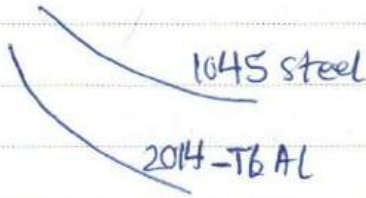


$$G_D = f(D)$$

↓
growth
deterioration

Wohler Curve

$\Delta\sigma$
(mpa)



این نمودار N مجاز را برای مواد مختلف می دهد

و بار آنهاست N بار و بارگذاری cyclic نشان می دهد

perpetual نوعی از روستازی است
pavement

که $\Delta\sigma$ آن در ناحیه ای قرار می گیرد که با N (بی نهایت) کاران fail نمی کند برای هم

Wohler curve با کاران است دو نقطه را داشته باشیم $\sigma_1 \rightarrow N_{f1}$ و $\sigma_2 \rightarrow N_{f2}$ پس تعداد cycle مجاز برای

بارگذاری می دیگر را می توان یافت $N_f = (\sigma \text{ و } \sigma \text{ بارگذاری})$

مثلاً برای 10°C و تنش 30 psi و حالت (دما - میزان رطوبت)

دمای 20°C و تنش 30 psi می توان گفت تعداد N_f یکسان است، باید هوایمان

باشد، آنها را هم چسب بگذاریم

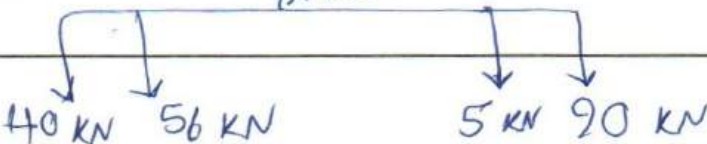
Wohler curve S-N هم می گویند stress number curve

برای ما مهم است که بار زیر لاستیک چقدر است و هم چنین میزان تنش روی سطح روستازی چقدر

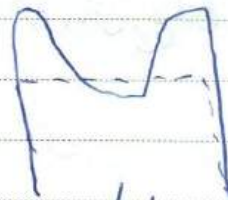
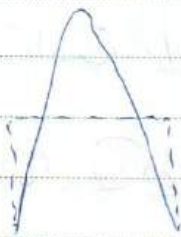
است. مثلاً ممکن است به دلیل نامیزان بودن بار لاستیک، عدم کار کردن سیستم suspension

و یا بارگذاری نامتوازن داخل کامیون بار روی برخی از چرخ ها بیشتر گردد

41 kN



در مرحله‌ی بعضی خوردگی روی سطح لاستیک آب تنش روی سطح را تأثیر می‌گذارد



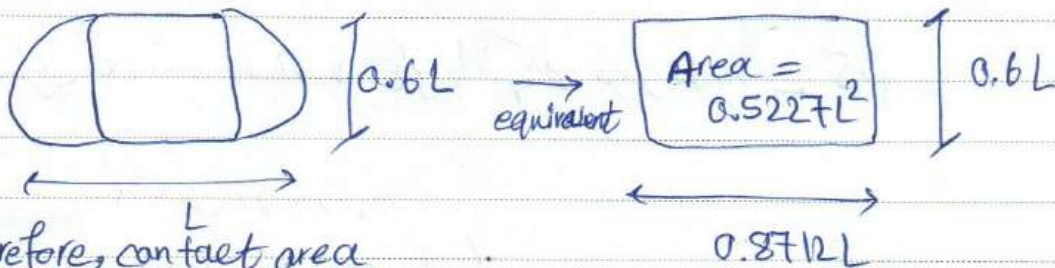
باز برای لاستیک تنش در وسط
لاستیک است.

لاستیک کم بار

برای رولاری، نه لاستیک پر بار مناسب است و نه لاستیک کم بار

برخی اوقات برای تحلیل بارگذاری رولاری سطح تماس را با دایره یا مستطیل تقریب می‌زنند

این کار، محاسبات را برای بدست آوردن تنش آسان می‌کند.



Therefore, contact area

A_c , is given by
 $= 0.5227 L^2$



$$a = \sqrt{\frac{P}{\rho \pi}}$$

pressure = P

در سطح رولاری همیشه یک باند مجرای وجود دارد و در داخل همان باند هم گودی و سایش است هم

حرکت نمی‌کند که به آن traffic wander گویند.

روابطی که برای تنش های روستاری به صورت تجربی بود برای نوعی از لاستیک که در آن زمان
موجود است صادق است. برای ربط دادن آنها به روستاری های نوعی دیگر

طراحی گانه های ~~روستاری~~ سازه های روستاری

طراحی بر مبنای روش AASHTO

اسلاید های که نیاز به مطالعه ای آنها نیست.

سری ۴ — ۳ اسلاید مربوط به تنشی آبی FYI

سری ۶ — که

سری ۱۰ — اسلاید های انتهایی مربوط به PSI

طراحی سازه های روستاری

لیک ۵۵۰ داریم که باید در آن حرکت کنیم و بهینه ترین و اقتصاد ترین راه را پیدا کنیم این

مسئله بستگی به این دارد که چه Option هایی داریم و گزینه ای ما چیست ؟ برای هر لایه ای

روستاری با توجه به set مواد که داریم ضخامت های را تعیین می کنیم و سپس بهینه هزینه ای

هر set مواد با set های دیگر مواد چه تفاوت دارد و اینکه در هر زمان چه قدر هزینه برای

فشاری این set داریم.

نوع آسین نامه می که در ابتدا طرح شد با توجه به وسایل تقطیل آن زمان است که در طول زمان و بازنوع
در چهار تغییرات بسیار زیاد شده است. از جمله محدودیت می دیگر این روش آن است که فقط

برای base در نظر گرفته شده است.

$$ESAL = f(t_{AC}, t_{base}, t_{subbase}, load)$$

asphalt concrete

Design for standard Aste

structural number

$$\log W_{18} = 9.36 \log(SN+1) - 0.2 + \frac{\log \left[\frac{4.2 - P}{4.5 - 1.5} \right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)}}$$

این فرمول برای یک خاک بسته خاص می باشد و برای خاک بسته های مختلف باید یک ترم جدید

$$2.32 \log M_R - 8.07$$

اصلاح اضافه کرد.

به ما نشان می دهد که سازه و سازه های فایده رتوی است $SN \rightarrow$

$$SN = a_1 D_1 + m_2 a_2 D_2 + m_3 a_3 D_3$$

هر چه مقاومت لایه ای قوی تر باشد a آن بیشتر است.

ضرایب ضربه لایه

ضخامت هر لایه

در لایه HMA یا آسفالت M نداریم چون با این روش می توانیم

تأثیری نمی گذارد

ضرایب زهکشی هر لایه

۳. دو حصہ پستی دارد: اریہ این کہ زہلست ما جید خوب است ۲۔
اگر طرف ۲ باعث آب از زہلست خارج گردد عالمی است۔

۲۴ ~ ~ ~ ~ ~ خوب است۔

~ ~ ~ ~ ~ Fair است

Table 4.7

۲. راسر a_2 از روس Figure 2.6 خوانده می شود با توجه به تسمیہ کہ انجام داده ایم

می توان a_2 را بر حسب E_2 bases resilient modulus

$$a_2 = 0.249 \log(E_2) - 0.977 \rightarrow \text{فقط برای خاک اصلاح}$$

نشده می تواند از این رابطه استفاده کرد۔
 $E_2 = K_1 \theta^{K_2}$
میزان استرس است کہ مجموع تنش های اصلی می باشد۔
تأثیر آب است۔

$$Q = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z + \gamma z (1 + 2K_0)$$

coef of earth pressure at rest

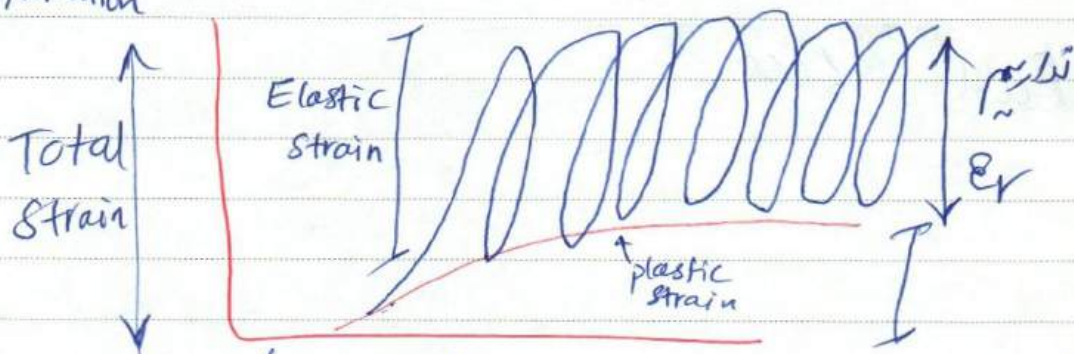
از وی نمود مربوطه آن

Fig 2.7 a_3 (شماره a_2 بدست می آید) رابطه a_2 و a_3

مقاومت هستند و باید رفت شود از طرف a_2 و a_3 برای اصلاح شده رابطه

بعضی وقتها خاک زیر را اصلاح می کنیم (با سیمان قیر) بنا برای با مدت بردن که از خود دار
 a_2 و a_3 اصلاح زنده استفاده کنیم مثلاً Fig 2.8 برای base اصلاح زنده
 تأثیر با خوردن هم روی خاک بسته یا M_R تأثیر می گذارد و هم روی ϵ_m که برای
 لایه ای مختلف روسازی است از آن استفاده می شود.

$M_R = \frac{\sigma_d \rightarrow \text{deviatoric stress}}{\epsilon_r}$ resilient modulus
 تست تعیین برگشت است برگشت پذیر
 این modulus از جایی به بعد که recoverable می شود چون دیگر permanent deformation



با یک M_R می خواهیم روسازی را طراحی کنیم که با توجه به اینکه در طول سال چند damage داریم و با توجه به آن یک average گیری می کنیم و روسازی را طراحی می کنیم.

$$U_f = \bigcirc \times M_R$$

$M_R \uparrow$ مقدار $U_f \downarrow$ و بعضی میزان damage کمتر است.

$$\overline{U_f} = \frac{\sum U_{fi}}{a=12}$$

Subject:

Year: Month: Date: ()

بعد از بدست آوردن M_r مقدار M_r را از رابطه M_r با M_r می توان بدست آورد از این طریق می توان M_r متوسط را بدست آورد. اما همواره اینگونه نیست که بازه های زمانی مساوی داشته باشیم مثلاً در مناطق جنوبی ایران بارندگی نداریم مثلاً

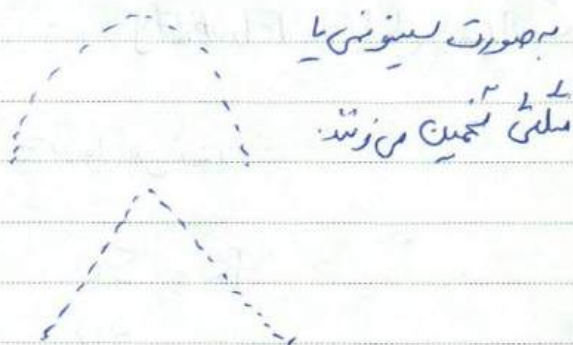
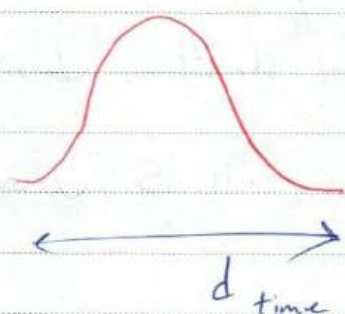
winter	
spring	5000
summer	
Fall	8000

K_1 و K_2 برای مصالح خاک و تربه حالت های مختلف و متفاوتی هستند و دارای بازه هستند.

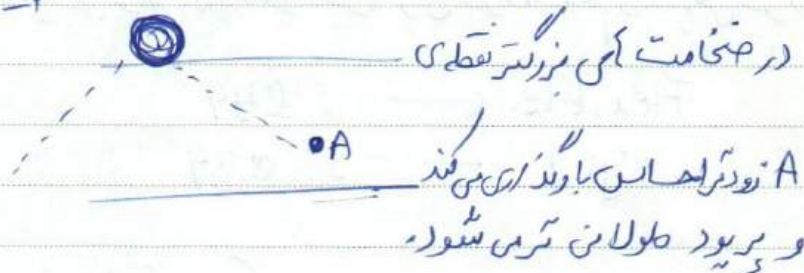
مطالب مربوط به طراحی فصل ۱۱ و ۱۲ است

K_1 و K_2 برای Subbase و base دارای مقادیر مختلفی هستند

با گذاشتن یک خودرو به از روی راه عبور می کنند به شکل زیر است



زمان d یا پریود با گذشتن تابع (و حین اصلی است) از سرعت خودروهای عبوری
۲- ضخامت روسازی



برای دانستن Reliability در رابطه $\log \frac{W_{18}}{10}$ با استفاده از Z_R بدست می آید

و وارد روابط می شود.

$$\Delta PSI = P_i - P_f$$

باید نت شود که SN را به جزو رابطه ای که $\log_{10}^{18} = \dots$ است می توان با داشتن جاب

از آن رابطه بدست آورد و راه دیگر استفاده از nomogram است nomogram بدست

بی دارد

جدول ۱۱.۱۴ کتاب هوانت جدول درجه reliability برای انواع راهها است

جدول ۱۱.۱۵ برای هر reliability Z به ما می دهد

$R = 50$	$Z = 0$
40	-1.282
95	-1.645

standard deviation s می تواند اندازه گرفته شود ولی اگر ندانستیم توصیه می شود

(ص ۸۰ کتاب هوانت)
 Flexible $\leftarrow s = 0.49$
 rigid $\leftarrow s = 0.39$

P_f در رابطه برابر PSI در زمان استهلاک است

کمترین شکل معادس design معادسی ۱۱.۳۷ است - در رابطه ها PSI

اولیه را ۴.۲ می گذارند که PSI اولیه به نوع راه و نمونه ای اجرا بستگی دارد

$$psi_{initial} \begin{cases} \text{Flexible} \rightarrow 4.2 \\ \text{Rigid} \rightarrow 4.5 \end{cases}$$

$P_t \leq psi_t$ اینها در سه حالت تا ۱.۵ پائین می آید.

$$\log \left[\frac{4.2 - P_t}{4.2 - 1.5} \right]$$

$$psi_{final} \begin{cases} 2.5 \text{ م} \\ 2 \text{ کیلوگرم} \end{cases} \left. \begin{array}{l} \text{حد نهایی پائین} \\ \text{وقت} \end{array} \right\} \text{ ۵۰۹ کثیف خوانند}$$

بسیار ضخامت لایه های روسازی

$$SN = ?$$

subgrade به

برای بدست آوردن SN در معادله design به جای M_R باید E_2 یا E لایه زیرین

را قرار داد و طبق SN آنست که روسازی را با چه لایه ای باید ساخت. بالایی از لایه ای پائینی محافظت کند

بسیار ضخامت لایه اول از رابطه $\frac{SN_1}{a_1} \geq D_1$ بدست می آید. برای SN لایه

دوم باید $SN_2 = a_2 D_1 + a_2 D_2 m_2$ پس E لایه زیرین را قرار دهیم.

و از آن رابطه D_2 بدست می آید و رومانی ما نهایتاً برای ۴ لایه طراحی می گردد و برای یاسین ترین لایه از M_R که جدول خاک بستر استفاده می گردد و یاسین

$$SN_3 = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

$$SN_4 = a_4 D_4 m_4$$

در اثر شرایط آب و هوایی نیز تغییرات در شرایط ΔPSI داریم که ΔPSI

۴ جزء داریم ۱- swelling loss ۲- Frost heave
۳- جمع این دو مورد تغییرات ΔPSI است

بدست می آید و در اثر افزایش زمان این مشکل بیشتر و بیشتر می گردد و ما باید بشیم

برای رومانی که داریم چه مقداری ΔPSI کن ما در اثر آب و هوا تغییر می کند و این را باید

$$\Delta PSI = 0.0035 \cdot V_R \cdot P_S \cdot (1 - e^{-0.4})$$

نکات مهم

درصد ناهمبسی تحت تأثیر ΔPSI و پتانسیل افزایش ارتفاع ΔPSI
vertical Rise ΔPSI swelling

V_R را با توجه به شرایط رطوبتی چگونه کنترل می گردد که بنویسد در PI خاک را

به معنی مربوط به ربط می دهد به ضریب رومانی مرتبط می باشد پس V_R یا پتانسیل

افزایش ارتفاع را می یابیم

برای سیم یا θ برابر rate یا سرعت swelling است و θ هم به میزان moisture

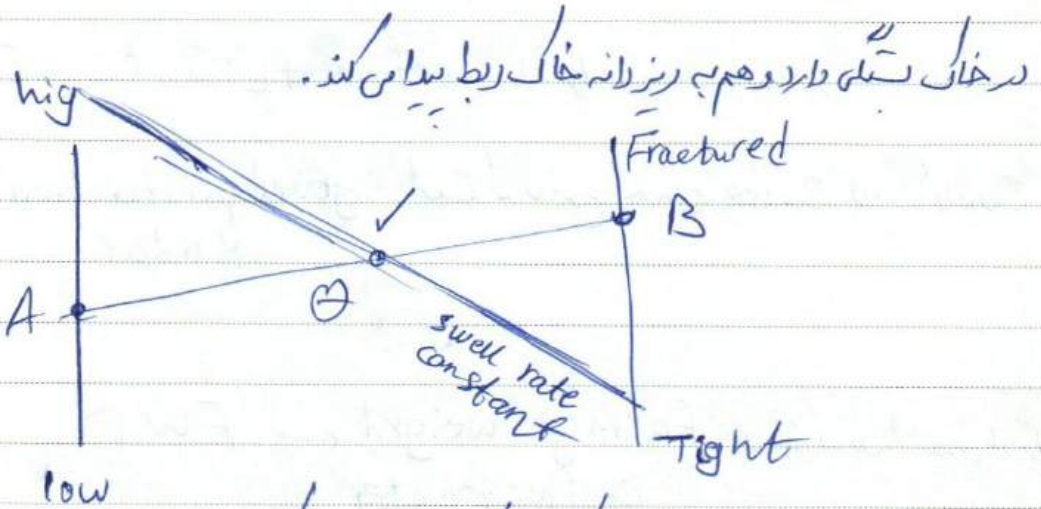


Fig 2.2 برای جایی است که مثل ریزانه و خاک رس دارد و باید روستایی را

بر اساس شرایط آب و هوایی نیز طراحی کنیم θ swelling & Frost heave

Frost heave $\Delta PSI = 0.01 \times P_f \times \Delta PSI_{ind} \times (1 - e^{-\phi})$

از ϕ بهر چه بیشتر خاک است می توان ϕ را بدست آورد.
mm/hr نموداری

این نمودار دارد که ما توجه به عمق یخبندان به شرایط زهکشی ΔPSI_{ind} را
می دهند . Fig G.7

زمانیکه روستایی را طراحی کردیم برای اطمینان از ایند و اتفاقاً ϕ روستایی داریم
استحکام کافی است یا نه می توان از نتایج فحری استفاده کرد و این نتایج فحری

شامل core گیری است ۱- تحریب می کند ۲- زمان برای آن ۳-

هزینه برای آن ۴- شرایط confinement را در نمونه ها ندارد -

راه دیگر ground penetration است که با موج جنبش و ضغامت لایه را بدیت
Radar می آورد

راه دیگر FWD ← Falling weight است که یک صغش با وزن
Deflectometer

خاص را روی راه می اندازند تا ببینند چه deflection ای ایجاد می شود و به تعدادی سنسور

نیاز داریم و سنسور سمت راست آنها و سنسورهای در data ای که به ما می دهند بر روی

به deflection لایه های آسفالته و هر چه به زیر plate نزدیک تر می شویم deflection لایه های

بالا تر تأثیر گذار تر است و به تدریج جدول لایه را بدیت می آورند و روش بدیت آوردن

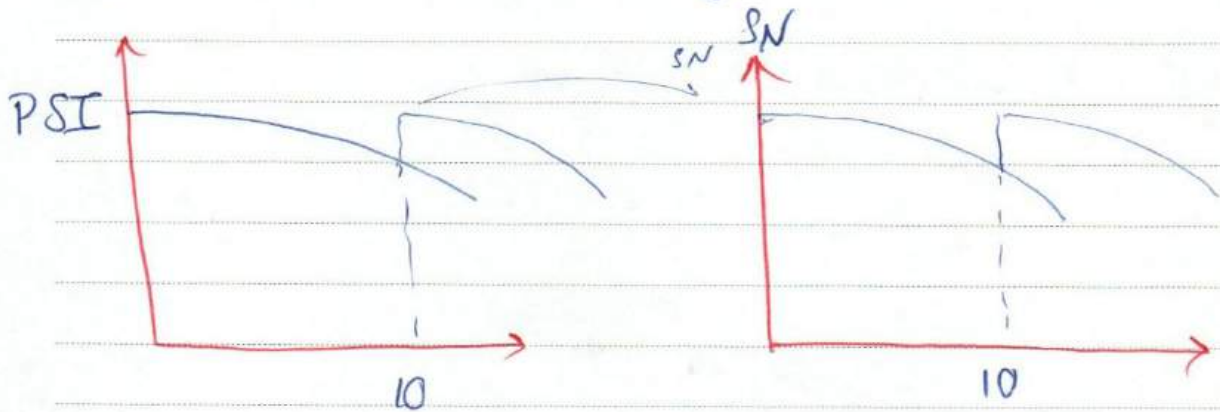
جدول لایه ها به صورت معی و خطی است این فرایندی که از deflection جدول لایه را بدیت

می آوریم به آن back calculation یا محاسبی معکوس گویند و داریم برعکس می طراح می کند

می کنیم. NDT → none destructive test ←

FWD جزو این نوع تست ها است.

Application, QC $\rightarrow$ quality control



Subject :

Year . Month . Date . ()

طراحی

Eq. 11-37

Fig 11.25

دو چیز بسیار برای طراحی

برای SN محمول

ESAL $\rightarrow$ w_{18} S_o SN ΔPSI M_R $\rightarrow$ مدول الاستیک خاکی

SN $\rightarrow$ structural number Z_R $\rightarrow$ Reliability

layer coeff	a_1	D ₁ D ₂ D ₃
	a_2	
	a_3	

$$M_R \quad SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$$

اول SN را می‌خواهیم به عبارتی solve آن SN بدست می‌آید و سپس D_1 و D_2 و D_3 را بدست می‌آوریم.

یک بک بوال آن است که می‌گویند و می‌گویند چه حجمی از ترمال می‌تواند عبور کند در این حالت w_{18} محمول است که بر حسب ESAL است.

هر چه پایین‌تر از M_R کمتر می‌شود و M_R مدول الاستیک می‌لای خاکی است.

$$\Delta PSI \rightarrow \begin{cases} P_i = \frac{5}{4.5} \\ P_t = \frac{2.5}{2} \end{cases}$$

$$\Delta PSI = P_i - P_t$$

$$\Delta PSI_{traffic} + \Delta PSI_{environ}$$

$\downarrow$
Frost heave
swelling

جلسه چهارم

Eq 11-37

 w_{18}

Fig 11-25

توضیح می‌شود اگر SN مجهول بود از نمودار Fig 11.25 است

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$$

اولین تکه

environmental

inch

Due to traffic

1 inch = 2.54 cm

حالت مهم است

برای استخراج می‌تواند مجهول باشد w_{18} ، Z_R و S_o و ΔPSI و M_R

subgrade modulus

traffic ESAL
reliabilitySN
structural number

standard deviation (اگر به ما ندارند فرض کنیم)

بررسی شود در کتاب یک جدول داده که برای بررسی بتن و آسفالت در آن داده شده است و فرق می‌کند با هم.

$$1.5 = P_i - P_t$$

اولیه terminal

$$\Delta PSI = \Delta PSI_{\text{traffic}} + \Delta PSI_{\text{environmental}}$$

۱.۵ جمع مقدارهای $\Delta PSI_{\text{traffic}}$ و $\Delta PSI_{\text{environmental}}$ باید در فرمول اصلی ΔPSI قرار گیرد

را بگذاریم. در صورتی که اگر بگوییم فقط $\Delta PSI_{\text{environmental}}$ را بگیریم
اگر هیچ چیزی تلفت از نمودار ۱۱.۲۳ که یک نمودار کلی است برای یک

منطقه است می توان $\Delta PSI_{\text{environmental}}$ را بدست آورد. اگر چیزی را جمع $\Delta PSI_{\text{environmental}}$

تلفت یا دوره می طرح ۱۰ الی ۱۵ سال مقدار $\Delta PSI_{\text{environmental}}$ را بدست می آوریم

برای Z_R از ۱۱.۱۵ table آن را بدست آورد.
به جای کتاب

برای طراحی S_N روشی بین ۶ تا ۴ است ولی ممکن است
بین ۳ تا ۵ هم باشد.

طراحی برای طراحی S_N را بدست می آوریم پس باید یک روشی ۳ لایه
استفاده می کنیم

D_1	a_1	
D_2	a_2	m_2
D_3	a_3	m_3

Subject:

Year:

Month:

Date:

()

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3$$

Fig 11.27

11.44 فرمول

$$a_2 = \begin{cases} \text{مکرم} \checkmark \\ E_2 = \begin{cases} 7.15 (a) \end{cases} \text{untreated} \\ 7.15 (b) \rightarrow \text{bituminous treated} \\ 7.15 (c) \rightarrow \text{Cement treated} \end{cases}$$

$$a_3 \begin{cases} E_3 \rightarrow E_4 \text{ 11.46} \\ 7.16 \rightarrow \text{CBR} \\ \text{R-value} \end{cases}$$

برای بدست آوردن m_2 و m_3 جدول 11.20

جدول 11.20 خوانده شود SN_1, SN_2, SN_3

Subject:

Year. Month. Date. ()

$$SN_1 \rightarrow E_9 \ 11.37 \rightarrow M_R = E_2$$

$$SN_2 \rightarrow \sim \rightarrow M_R = E_3$$

$$SN_3 \rightarrow \sim \rightarrow M_R = M_R$$

$$SN_{\omega} = SN_3 \checkmark$$

$$PG \rightarrow \checkmark \rightarrow PG \text{ المخطط / الرسم}$$

volumetric & marshal

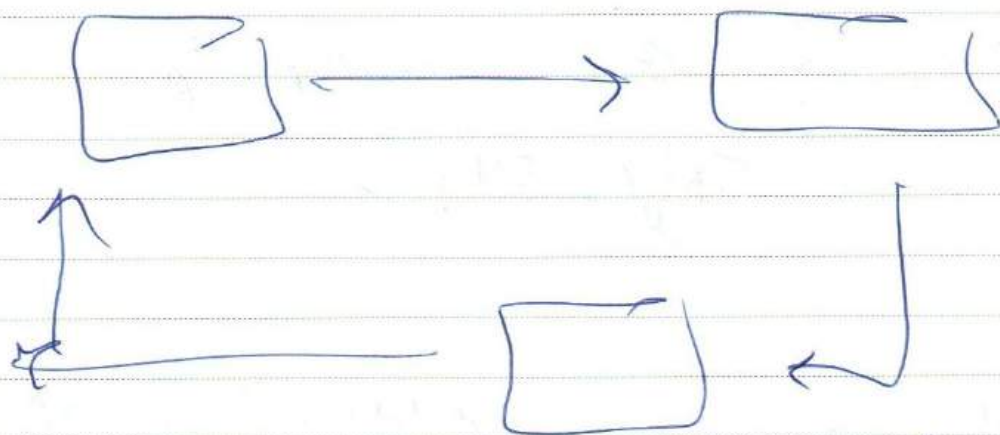
Design $\checkmark$

$$N_f, N_d$$

$$f_1, E^{-f_2}, E^{f_3}$$

$$\rightarrow \text{المخطط / الرسم}$$

یک چیز که به صورت چرخشی بود به صورت دایره‌ای



حرف مارشال

معیارهای superave چیست؟

آزمایش rutting تنش کنترل است

fatigue کرنش کنترل است.

$$E = \frac{\epsilon}{\epsilon} \quad \text{کامین}$$

Subject:

Year: Month: Date: ()

PG - I

Design - 4

Volumetric - 4

Marshall - 4

PG - 5 ← تعرف $\bar{x}$ و CV

fatigue - 4

Traffic - 4 (ESAL و W_{18})

(load factor EALF)

1- طرقات آسفالت که در سرما thermal cracking
در آن ترک‌های خستگی می‌خورد

{ Flash point → safety → $> 230^{\circ}C$
Rotational viscometer → $@ 135^{\circ} < 3 \text{ pas}$

{ RTFO } Aging → short aging
PAV → long term aging

{ DSR } Test
BBR

DT

Subject:

Year:

Month:

Date:

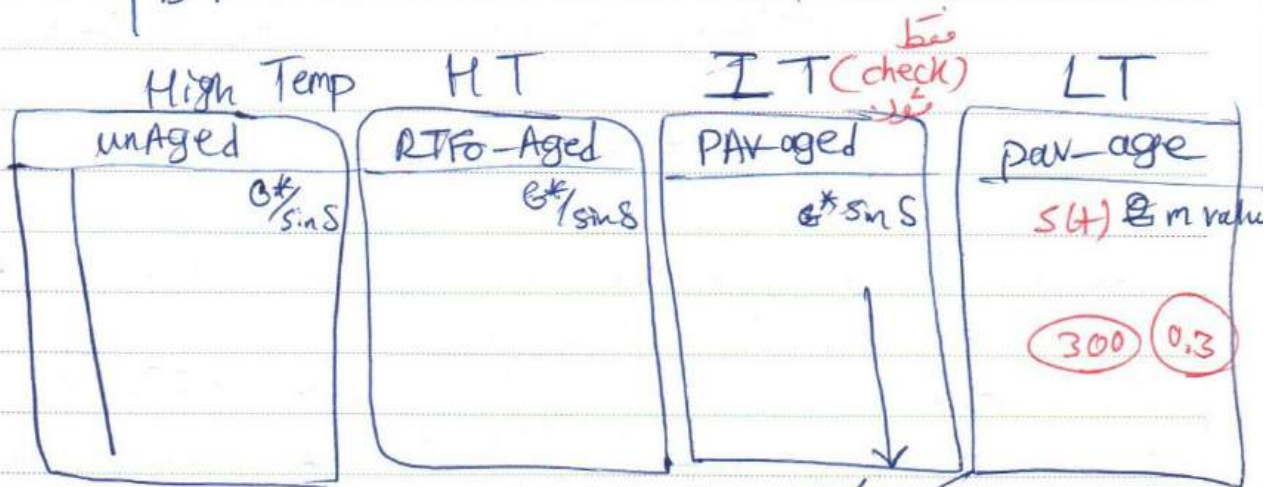
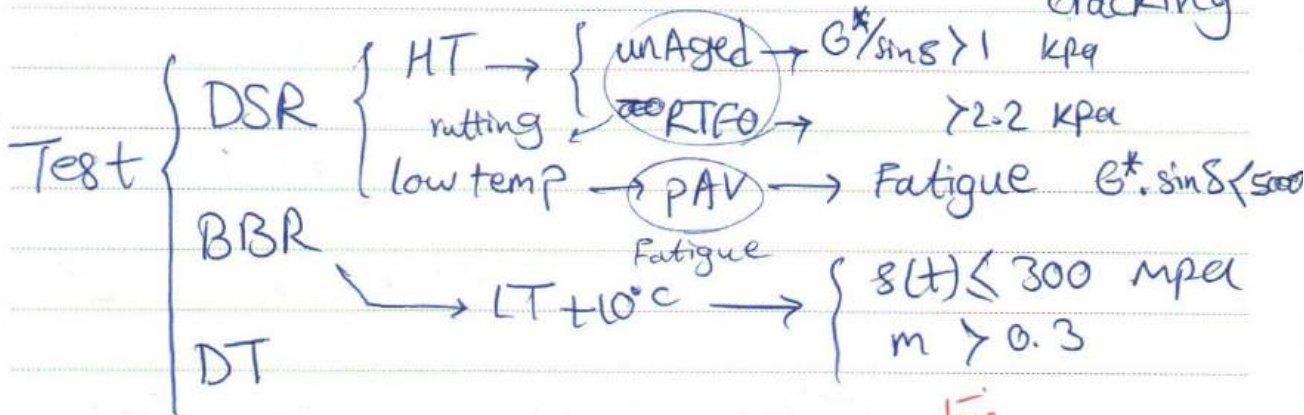
28-10-2023

10/10/2023

PAV ← Fatigue

1) $HT_{min}(HT_1, HT_2)$ ← RTFO Aged / unaged ← Rutting

PAV ← low-Temp cracking



$G^* \sin \delta = 1$

$G^* \sin \delta \geq 2.2$

$-6 - 10 = -16$

Subject :

Year . Month . Date . ()

IT ← باید حل شود بعد مثال PG سده

$$PG \ 58-16 \quad IT_2 \quad \frac{58-16}{2} + 4 = 25$$

روی جدول می رویم به سینم $G^* \sin \delta$ ←
 $5000 > G^* \sin \delta$
 باشد اگر بود OK اگر نبود دمای HT را در یک نمره
 و LT را به اندازه یک درجه افزایش می دهیم.

بای True PG 2 Continuous PG را بخواهیم بدست بیاوریم

فرقی بین PG سینم است و باید مقدار $\frac{G^*}{\sin \delta} = 1$ و

$$G^*_{\sin \delta} = 2.2 \quad \text{و} \quad S(t) = 300 \quad \text{و} \quad m_{\text{value}} = 0.3$$

Subject:

Year: Month: Date: ()

روشن ماندنی می تواند بسیار دقیق باشد - می تواند به ما محدود بدهد که در چه بارگذاری
 می توان خرابی را متوقف کرد - پس آن سیدگی لاش می مربوط محاسبات موجود با توجه به
 سیدگی ماده می آید.



شکل می نامیم جهت ایجاد فشارهای غیر خطی و
 stress concentration در نقاط مختلف روشنی می گردد.

روش تغییر - وابسته به دما، زمان، سرعت بارگذاری، سیدگی، رطوبت

همچنین یک روش جدید ME Mechanical-Empirical ایجاد شده است