انواع آسفالت های حفاظتی :

۱) آسفالت های سطحی یک یا چند لایه

۲) مسلکوت ها یا اندودهای آب بندی

۳) آسفالت متخلخل

۴) عمار نشالی

۱- آسفالت سطحی

به بخش فوقانی سطح آماده شده ای که بر روی آن مصالح شکسته آمیزه با دانه بندی مشخص بخش آسفالت سطحی گفته می شود که می تواند در یک یا حداکثر دو لایه اجرا شود.

دانه بندی مصالح سنگی :

- دانه بندی یک اندازه ← اندازه بزرگترین دانه ها حداکثر دو برابر اندازه کوچکترین دانه ها
- دانه بندی باز (جدول 3-7 و 4-7 در جزوه)

اگر بخواهیم آسفالت سطحی را در دو یا سه لایه اجرا کنیم باید به این نکته توجه کنیم که حداکثر اندازه بزرگترین دانه هر لایه نصف لایه قبلی باید باشد. (به علت ایجاد قفل و بست مناسب)

ارتباط نوع قیر با مصالح سنگی :

(جدول 4-7 جزوه) : با توجه به دانه بندی و شرایط محیطی نوع قیر تعیین می شود.

باید توجه داشته که یکی از پارامترهای تعیین محیطی که بر روسازی تأثیر زیادی دارد، رطوبت است که باید در طراحی به آن توجه شود. (اولین معیار انتخاب قیر رطوبت)

طرح آسفالت سطحی :

می خواهیم ببینیم چه مقدار قیر با چه مقدار مصالح سنگی مخلوط کنیم.

(هدف از طراحی تعیین مقدار قیر و مصالح سنگی است)

www.tmari.ir

از روابط تجربی در طراحی استفاده می‌کنیم:

$$C = M\,(1 - 0.4V)\,HGE$$

C : وزن مصالح سنگفرش kg/m^2

M : ضریب تجربی بین 0.8 تا 1.1 تابع شرایط اقلیمی، ترافیک، نوع سنگدانه‌ها و ...

$$V = 1 - \frac{W}{1000\,G}$$: حجم فضای خالی سنگدانه‌ها

W : وزن واحد سنگدانه‌ها در حالت kg/m^3

وزن مخصوص حقیقی سنگدانه‌ها t/m^3 G :

H : میانگین کمترین عبور سنگدانه‌ها (حداقل ضخامت) برحسب mm (از روی نمودار تعیین می‌شود)

E : ضریب هندرسل (E می‌تواند بین 1.01 تا 1.15 باشد) ← جدول 7-7

• تعیین مقدار قیر

$$B = \frac{K(0.4\,HTV + S + A)}{R}$$

B : مقدار قیر برحسب lit/m^2

T : ضریب ترافیک (جدول 7-8) عریضی برای روسازی تعیین می‌شود و میزان عبور وسایل نقلیه می‌شود

K : ضریب تجربی کوچکتر یا بزرگتر از یک تابع شرایط اقلیمی، ترافیک و ...

مثلاً برای قیرابه در مناطق سرد 1.2

S : عامل مربوط به اصلاح میزان قیر برحسب وضعیت سطح راه (lit/m^2)

- اگر سطح راه فرسوده باشد : $S = -0.27\,i - 0.04$ lit/m^2
- حالت سطح راه بدون تخلل و فضای خالی ... $S = 0$
- حالت سطح راه کمی متخلل ... $S = +0.14$ lit/m^2
- " " " خیلی متخلل ... $S = 0.4$ lit/m^2

A : ضریب اصلاح مربوط به جذب مواد قیری توسط سنگدانه‌ها. اگر سنگدانه خیلی متخلل

www.tnar.ir

$A = 0.1 - 0.15$ lit/m²

R: ضریب مربوط به مقدار قیر برجای مانده پس از تخیر و تقعید (جدول 9-7)

مقدار قیری که در رابطه بدست می آید برای دمای کمتر از 50°C است. (یعنی دمای پیش قیر کمتر از 50°C است نه دمای منطقه). اگر دما بیش از 50°C باشد از گراف برحسب وزن مخصوص و دما برای اصلاح مقدار قیر استفاده می کنیم.

اصلاحیت لازم:

- E برای لایه های دوم و سوم ... واحد فرض می شود.
- S برای لایه دوم صفر است.

در آسفالت های سطحی دو و سه لایه پس از طراحی تک تک لایه ها:

- اگر اجرا دو ماه های اردیبهشت خرداد شروع شود ← جدول لایه ها مشخص شده

دو لایه: لایه اول 60٪ و لایه دوم 40٪

سه لایه: لایه اول 40٪ و لایه دوم 40٪ و لایه سوم 20٪

ممکن است قیر زدن در دو مرحله انجام می دهیم

- اگر اجرا در ماه شهریور آغاز شود ← جدول مشخص شده

دو لایه: لایه اول 40٪ و لایه دوم 60٪

سه لایه: لایه اول 30٪ و لایه دوم 40٪ و لایه سوم 30٪

← اندودهای آب بندی Seal Coats

نوعی از آسفالت حفاظتی که جهت آب بندی از آن استفاده می شود.

انواع اندودهای آب بندی عبارتند از:

1) اندود آب بندی با مصالح سنگی Aggregate Seal

مشابه آسفالت سطحی ولی برای آب بندی

www.tmar.ir

۲) اندود ماسه‌ای ... Sand Seal

در آن از مصالح ریز مثل ماسه استفاده می‌شود ... (جدول 10.7)

مقادیر قیر و مصالح سنگی:

- مصالح سنگی ... 5-8 kg/m²
- قیرهای محلول ... 400-700 g/m²
- قیر امولسیون‌ها ... 600-900 gr/m²

۳) اندود آب‌بندی قیری ... Fog Seal

پخش قیر کاروی بستر آسفالتی یا بتنی (جدول 11.7)

۴) دوغاب قیری ... Slurry Seal

از اختلاط مصالح سنگی ریزدانه با قیر امولسیون‌ها تهیه می‌شوند.

تأثیر مهمی سطح رویه خارجی را ترمیم می‌کند. (مصالح سنگی: جدول 12.7)

۴- آسفالت مخلوط

- از اختلاط قیر با مصالح سنگی شکسته دارای دانه‌بندی خاص در کارخانه آسفالت تهیه شده و با ضخامتی حدود 2 cm در سطح راه پخش می‌شود.
- حفره‌های خالی آن حدود 20 درصد است.

مزایا:
- زهکشی سریع آب
- کاهش صدای عبور چرخ‌ها
- افزایش تأثیر لغزندگی راه (به علت عبور سریع آب از زیر لاستیک وسایل نقلیه)

آسفالت مخلوط: مخلوط آسفالت گرم ... برای ترافیک سنگین و متوسط

مخلوط آسفالت سرد ... برای حجم ترافیک کم

www.ttnar.ir

راه‌بندی ← جدول 7-13 و نوع قیر مناسب ← جدول 7-14

• پیمانکاران مجری عملیات قیرپاشی در سطح آسفالت سطحی باید دارای شرایط زیر باشند به علاوه:

← درصد شکستگی در یک وجه حداقل ٪90

← " " در دو وجه حداقل ٪75

← ارزش ماسه حداقل ٪45

۱- عیار قیر پاشی

با پخش قیر در سطح راه‌های شنی از تولید گرد و غبار جلوگیری می‌شود.

در حقیقت نوعی اندود قیری است. بدون از سنگدانه‌ها استفاده می‌شود.

استفاده از اندود قیری در روی راه‌های شنی بسیار مهم است. بدون اندود قیری چرخ‌ها، سنگدانه‌ها را جابجا می‌کنند و هم‌چنین با بلند شدن گرد و غبار سنگدانه‌های ریز همراهی می‌شوند و بنابراین به اصلاح رویه شنی کمک می‌کند. با استفاده از اندود قیری این عمل تا حد زیادی می‌شود

مقدار قیر: قیر کاول 0.15-2 kg/m²

قیر آلیه 0.75-2.5 kg/m²

روکش قیری راه Road Oiling

نوعی قیرپاشی در سطح راه‌های شنی که به منظور تکمیل و تثبیت سطح شنی راه به کار برده می‌شود.

مقدار قیر: قیر کاول 3-4 kg/m²

قیر آلیه 4-5 kg/m²

اجرای آسفالت سطحی

۱۱ آماده کردن سطح راه.

www.tfnar.ir

• راه های بتنی ... (به جز نقاط ضعف ... مثل ترک ها و ...)

• راه های آسفالتی ... (گودگیری ، تراشیدن قیر زدگی و ...)

گودفرزدگی ها را با قیر می پوشانیم و قیرزدگی را می تراشیم تا سطح ترمیم شده ای بدست آید

۱۲ قیر پاشی و پخش بلیواکت ، کنترل با سینی ، تولرانس ۱۵٪) ۱۰٪ مقدار طراحی

۳) پخش مصالح سنگی

۴) کوبیدن مصالح سنگی

آسفالت سرد

• ویژگی آن این است که مصالح سنگی را با قیر امولسیونی مخلوط کرده و پخش می کنیم

• از اختلاط مصالح سنگی با قیرهای محلول یا قیر امولسیون ها در دمای محیط تهیه و در حین دما پخش و متراکم می شود .

• اگر با قیرهای محلول مخلوط شود مانند ML - 3000 یا SC - 3000 تهیه شود ، مانند آسفالت گرم در حرارت 95°C تهیه و پخش می شود .

برای ترافیک های سبک و متوسط در اساس قیری ... آسفالت سرد می توان استفاده نمود .

برای ترافیک های سنگین در اساس قیری استفاده می شود .

ضریب حجم ارزی آسفالت گرم ... 2 ... 1.3 ...

یعنی در حجم ارزی 2 تنه ، 2 آسفالت سرد مانند 3 آسفالت گرم عمل می کند

"Asphalt Cold Mix Manual", Asphalt Institute, MS No. 19 (99)

انواع آسفالت سرد

با توجه به روش تهیه و مصالح :

• آسفالت سرد کارخانه ای

www.tnar.ir

• آسفالت سرد مخلوط در محل

- مخلوط در کارگاه (مورد کارگاه تهیه و در راه پخش می‌شود.)
- مخلوط در راه (بدون کیفیت)

مشخصات مصالح سنگی در آسفالت سرد ... جدول 8-1 و 8-9

قیر مناسب برای آسفالت سرد ... جدول 8-2

درجه حرارت قیر در آسفالت سرد ... جدول 8-3

انتخاب دانه‌بندی کارگاهی ... جدول 8-4

طرح اختلاط آسفالت سرد

منظور این است که مقدار قیر مابقی مصالح سنگی مخلوط شود.

الف) روش‌های تجربی:

* برای قیرابه‌ها

روش اول) $P = 0.7(0.05A + 0.1B + 0.5C)$

P: درصد وزنی قیرابه بر حسب وزن مصالح سنگی

A: " " مصالح مانده روی الک 2.36 mm

B: " " رد شده از الک 2.36 mm و مانده روی الک #200

C: " " " از الک #200

روش دوم) $P = 0.0038AB + 0.358 \log C - 4.655/R$

A: درصد وزنی مانده روی الک #4

B: " " رد شده از الک #4 و مانده روی الک #200

www.tnari.ir

C : درصد وزنی رد شده از الک #200

R : درصد قیر خالص (: حدود 0.55 ~ 0.65)

* برای قیر محلول

$$P = 0.02A + 0.07B + 0.15C + 0.2D$$

A : درصد مانده روی الک #50

B : " رد شده از الک #50 و مانده روی الک #100

C : " " از الک #100 و " " الک #200

D : درصد رد شده از الک #200

ب) روش های آزمایشگاهی

می توان از روش های آزمایشگاهی مثل مارشال استفاده کرد

(جدول 8-6) و (جدول 8-8)

وسایل تهیه آسفالت گرم

۱) کارخانه آسفالت گرمی

• متحرک • پیوسته

۲) دستگاه های اصلاط آسفالت در محل

• اصلاط سیار (Travel Plant)

- دستگاه های سیار اصلاط ریه ای

- " " " همراه با کمپرس شده

www.ttnar.ir

- مخلوط کننده چرخشی (Rotary Type Mixer)
- اضافه بارگیر

ماشین آلات پخش و تراکم آسفالت

۱- جاروی مکانیکی
۲- کامیون
۳- فینیشر (برای پخش)
۴- غلتک
۵- غلتک (برای رویه)

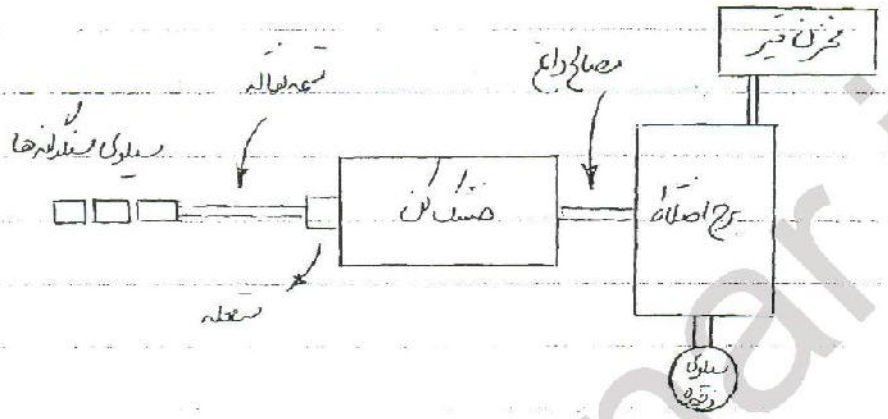
اجرای آسفالت سرد

۱۱) آماده کردن بستر راه
راه بتنی ← راه آسفالتی
۱۲) ریسه کردن مصالح
۱۳) تعیین مقدار قیر برای مصالح ریسه
۱۴) پخش قیر و اضافه (دوبار گرزنه 120 - 20 ثانیه ای یکبار)
دوبار حرارت مصالح استقر در سایه در حین اضافه نباید کمتر از 10°C باشد.

۱۵) پخش آسفالت سرد و تراکم (حداقل ۳ تا هر لایه نباید کمتر از دو برابر حداکثر اندازه دانه ها باشد)
۱۶) کنترل سطح آسفالت (تلرانس 10 mm و در لایه رویه 5mm ، استفاده از شمشه)
۱۷) کنترل ترافیک

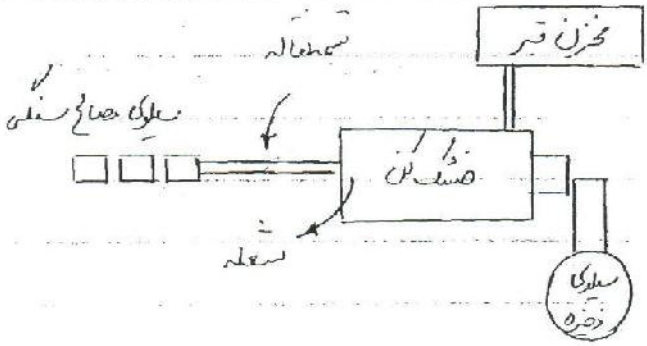
www.ttnar.ir

پلان یک کارخانه آسفالت



- برج اصلاط در بالا یک سری سرند دارد که براساس اندازه دانه‌ها ذخیره می‌شوند و گرد و غبار جمع‌آوری می‌شود. (کنترل مصالح)
- سنگدانه‌ها با استفاده از تراز و به میزان لازم وزن شده و به خشک‌کن ریخته می‌شوند و با قیر گرم مخلوط می‌شوند.

پلان یک کارخانه آسفالت پیوسته



www.tmar.ir

طرح مخلوط آسفالتی به روش مارشال

در حال حاضر در ایران روش رایج است.

نیازهای طراحی

منظور این است که از آسفالت گرم چه می خواهیم

۱) قیر کافی برای دوام آسفالت
۲) مقاومت (پایداری) کافی (مخالفت از ایجاد تغییر شکل زیاد)
۳) فضای هوای مناسب
- حد بالایی برای جلوگیری از اثرات مخرب رطوبت محیطی
- حد پائینی برای اندود کامل سنگدانه ها و ایجاد قابلیت تراکم حداقل
(جهت مخالفت از تغییر شکل کم بار)
۴) کارایی کافی در حین اجرا

مراحل انجام آزمایش

۱) انتخاب مصالح سنگی مناسب
۲) " قیر مناسب (با توجه به دما و ترافیک)
۳) تعیین مقدار مصالح سنگی و قیر
- 177 تا 191 درصد استاندارد برای مصالح
- 121 تا 138 " " برای قیر

۴) اصلاح دانه بندی مصالح سنگی و قیر (با درصد قیر مورد نظر) (3.5 تا 6.5 درصد)
(درصد قیر روی دیگر روسازی بسیار مؤثر است.)

www.tnar.ir

۵) تراکم (تعداد ضربه مناسب با ترافیک)

تراکم در قالب 10 cm انجام می‌گیرد. قالب 15 cm هم داریم به دلیل بزرگ بودن سنگدانه‌ها تا 25 mm (روش اصلاح شده)

۶) بارگذاری

- مقاومت مارشال (تغییر شکل حاکم)
- روانی (تغییر شکل افقی)

نکات حائز اهمیت در آزمایش

- تعیین پارامترهای مورد نظر با استفاده از روابط تجربی و ورزش
- در صورت لزوم باید به ارتفاع نمونه مقاومت مارشال اصلاح شود
  (62.5 mm ارتفاع استاندارد است)
- نگهداری نمونه متراکم شده در حمام آب 60°C (30 تا 40 دقیقه)
- سرعت بارگذاری 50 mm/min

جدول 9-9 : مشخصات آیین نامه‌ای نمونه‌ها (آزمایش مارشال - حداکثر اندازه دانه‌ها 25 mm)

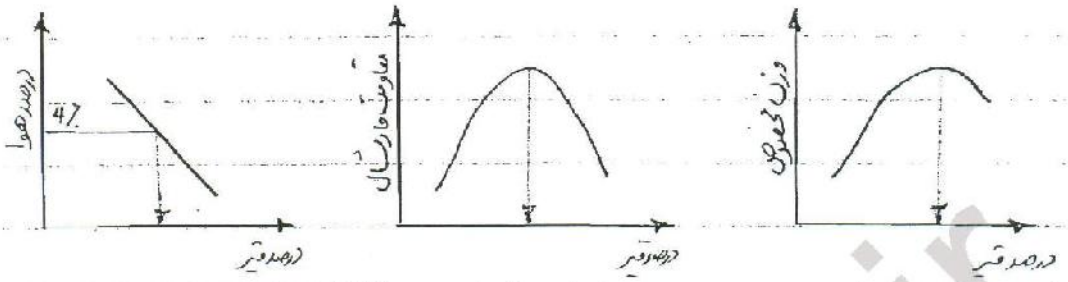
جدول 9-10 : " " " (آزمایش مارشال اصلاح شده - حداکثر اندازه دانه‌ها 50 mm و قطر قالب 150 mm)

جدول 9-11 : فضای خالی سنگدانه‌ها

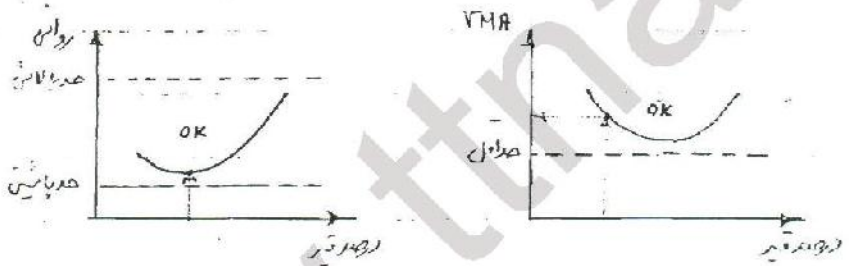
تعیین درصد قیر مناسب به روش مؤسسه آسفالت

با توجه به نمودارهای صفحه بعد، درصد قیر بهینه مخلوط مطابق مشخصات داده شده است.

www.ttnar.ir



← با درصد پیچ بهینه (بدست آمده کنترل می شود تا سایر شرایط نیز برقرار باشد.



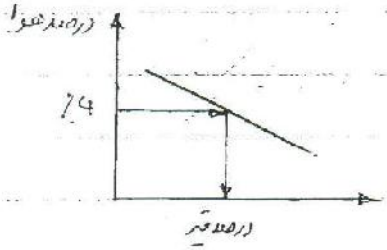
VMA = حجم حفرات خالی در پیچ مخلوط (حجم هوا + پیچ آزاد)

↓

میزانی که توسط دانه ها جذب نمی شود (پیچ مؤثر)

← اگر کنترل های لازم جواب ندادند، کمی درصد پیچ را تغییر می دهیم تا شرایط ایجاد شود.

تعیین درصد مناسب پیچ به روش NAFA



درصد پیچ بهینه معادل درصد پیچ در درصد هوای ۴٪ است.

کنترل های لازم باید انجام شود.

www.ttnar.ir

75

مزایا و معایب روش مارشال

مزایا:
۱) توصیه به مقاومت، درصد هوا و دوام
۲) ارزان است
۳) ابزار آزمایش در دسترس است
۴) استفاده از آن ساده و آشنایی با آن کافی است

معایب:
۱) روش تراکم با نحوهٔ تراکم محلی مقاوت است
(در تراکم محلی هم تنش برشی وارد و هم تنش قائم. چون با ضربه تراکم می‌شود.)
۲) بارگذاری محور بر امتداد تراکم است

اجرای آسفالت گرم

۱) آماده‌سازی سطح موجود
- اساس یا شن
- رویهٔ آسفالتی

۲) حمل آسفالت
- پوشاندن سطح آسفالت (چون دمای آسفالت گرم به صورت گرم حمل شود، اگر سرد شود کیفیت لازم را نخواهد داشت)
- حداکثر کاهش دما 10°C (حداکثر زمان حمل 45 min و حداکثر فاصله 70 km)
- اگر فاصله حمل زیاد باشد توزیع دما یکنواخت نخواهد بود.
(در قسمت پائین قیر زیاد (قیرزدگی) و در قسمت بالا قیر کم (ترک خوردگی))
- شستشوی کامیون قبل از آب و آهک
(توجه شود که نباید با حلال قیر شسته شود)

www.tmar.ir

۱۳. پخش و تراکم آسفالت

- توسط Finisher انجام می‌شود.

(آسفالت را با ضخامت مشخص پخش می‌کند و لوکی اولیه را می‌زند. در این حالت سطح صاف است ولی تراکم صورت نگرفته.)

- حداقل دمای آسفالت تخلیه شده در Finisher ، 120°c
- برای هر خط مختلف حدود ۱۵ کامیون در یک روز (ممکن است در روزی ایجاد شود که به مرور رفع نیاز می‌شود.)
- پوشش کامل دو خط (ست 30)
- کنترل ترکیم (برای اساس ترابرش 7 mm و برای رویه 5 mm)

لایه‌های مختلف نباید در یک خط روی هم قرار گیرند. چون احتمال درز کاشته شوند، نقاط ضعف ایجاد می‌کنند.

www.tnar.ir

فصل ششم - تأثیر عوامل زیست محیطی در طراحی روسازی

روسازی سازه‌ای است که تحت تأثیر مستقیم عوامل زیست محیطی است بنابراین نمی‌توان بدون در نظر گرفتن این عوامل، طراحی را انجام داد.

عوامل زیست محیطی مؤثر

۱) تغییرات دما ۲) کمبودان ۳) رطوبت

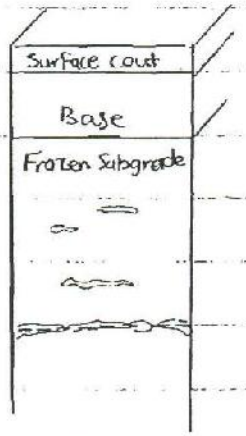
- تغییرات دما
  - رفتار مکانیکی مواد اسفالت شدیداً تابع دما می‌باشد.
  - تغییرات شدید دما باعث انبساط و انقباض روسازی آسفالتی و ایجاد خرابی در آنها می‌شود.
  - در طبقه‌بندی قدیمی قیرها به دما توجه نشده بود ولی در طبقه‌بندی SHRP به آن بها داده شده است.

- تأثیرات تغییر دما
  - بالا آمدگی روسازی صلب به دلیل دمای زیاد.
  - ترک‌های حرارتی در روسازی آسفالتی (به صورت ترک‌های عرضی)

- کمبودان
  - مشکلات ناشی از کمبودان:
    - افزایش حجم خاک در اثر انجماد آب
    - کاهش مقاومت خاک در هنگام ذوب یخ (اوایل بهار)

← اگر سطح حائل آب موجود در خاک را به‌تبخیر دهد مشکل نیست ولی به واسطه پدیده موئینگی آب از لایه‌های عمیق‌تر به سمت بالا می‌آید و به همان نحو عمل می‌کند و یخ می‌زند.

www.tnar.ir



- در نتیجه به واسطه انجماد، موئینگی که عمدتاً بالا می‌آید و حجم یخ زدگی افزایش می‌یابد و تورم مشکل ساز می‌شود. در زمان ذوب شدن هم، رطوبت خاک از حالت اولیه بیشتر شده و مقاومت خاک کاهش می‌یابد.

- عوامل لازم برای ایجاد مشکل یخبندان

۱) سرما

۲) بالا بودن سطح ایستابی

۳) حساس بودن خاک در برابر یخبندان (با خاصیت موئینگی خوب آنان (هد)

. لای‌ها

. رس‌های با شاخص خمیری کمتر از 12

. Casagrande (1932) :

- خاک‌های غیر یکنواخت با بیشتر از 3٪ دانه‌ها کوچکتر از 0.02 mm

- خاک‌های یکنواخت با بیشتر از 10٪ دانه‌ها کوچکتر از 0.02mm

- تقسیم بندی خاک‌ها به چهار گروه F_1 تا F_4

- محافظت روسازی در برابر یخبندان

با حذف یکی از عوامل لازم برای ایجاد مشکل می‌توان روسازی را محافظت نمود.

www.tmar.ir

- حذف نهرها

در منطقه ما می از یک پرشش استفاده کنیم که غیر اقتصادی است چون هزینه بالایی دارد.

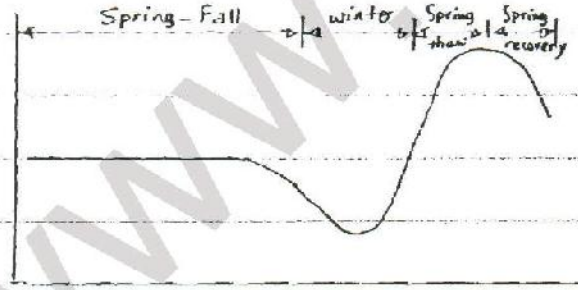
- حذف خاک های صنایع در برابر یخبندان

- پایین آوردن سطح ایستابی

یک سری چاه می زنیم تا سطح ایستابی پایین بیاید ولی عملی نیست

کاری که در عمل انجام می شود و منطقی است این است که پس از طراحی روسازی اگر ضخامت کمتر از عمق یخبندان باشد نیازی به محافظت نیست ولی اگر ضخامت از عمق یخبندان بیشتر شد، در صورتی که به عمق یخبندان نفوذ می کند از مصالح مقاوم در برابر یخبندان استفاده می کنیم.

- استفاده از ضخامت طبق استیل (ضخامت های مختلف 30، 40، 50 و 80 میلی متر) که در زیر روسازی یک لایه اجرا می شود (مخصوصا در مناطق خیلی سرد)



تعیین عمق یخبندان منطقه

دو روش داریم:

۱) اندازه گیری

- استفاده از لوله های صابدار

لوله را در عمق فرو می کنند. عمق توقف فرو رفتن لوله همان عمق یخبندان است.

- استفاده از لوله های حاوی مایع فلورسین (این مایع تغییر رنگ می دهد)

www.tnar.ir

۲) استفاده از روابط ارائه شده

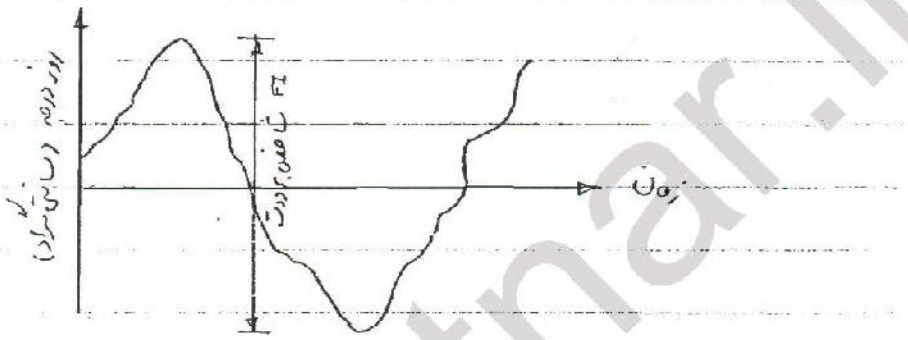
• روش اول

$Z = A\sqrt{FI}$ ← شاخص برودت (درجه سانتی‌گراد)

Z: عمق یخبندان (cm)

A: عددی که تمام خصوصیات حرارتی مصالح بستگی دارد.

برای بتن‌ها با تخلخل زیاد برابر 4.7 می‌باشد.



از روی آمار هواشناسی منطقه تعیین می‌شود و به صورت تجمعی ترسیم می‌شود.

اختلاف بین min و max این منحنی FI (شاخص برودت) است.

• روش دوم ـ روش استفان ـ آلدریچ

با سعی و خطا حل می‌شود.

$$Z = \lambda\sqrt{\frac{48\,FI}{L/K}}$$

ضریب اصلاح آلدریچ

$$\frac{L}{K} = \frac{2}{Z^*}\left[\frac{h_1}{K_1}\left(\frac{L_1 h_1}{2} + L_2 h_2 + \dots + L_n h_n\right) + \frac{h_2}{K_2}\left(\frac{L_2 h_2}{2} + L_3 h_3 + \dots + L_n h_n\right) + \dots + \frac{h_n}{K_n}\left(\frac{L_n K_n}{2}\right)\right]$$

Z^*: عمق یخبندان فرضی — h_i: ضخامت لایه iام (cm)

L_i: حرارت تغییر حالت لایه iام از حالت غیریخبار به حالت یخبار

$$L_i = 80\left(\frac{\omega}{100}\right)\gamma_d$$

ω: درصد رطوبت — γ_d: وزن مخصوص خشک (g/cm^3)

www.ttnar.ir

K_i : ضریب هدایت حرارتی لایه i ام

$$K_i = \frac{1}{2}(K_{ui} + K_{fi})$$

K_{ui} حالت یخ نزده — K_{fi} حالت یخ زده

K_{ui} و K_{fi} از گراف هایی با توجه به نوع خاک تعیین می شوند (کتاب دکتر طباطبایی)

λ : ضریب تصحیح آندریک (با توجه به μ و α تعیین می شود)

μ : پارامتر ذوب $\quad \mu = \frac{C \cdot FI}{L \cdot t}$ ← طول فصل سرما (روز)

C : ضریب حرارت حجمی مصالح

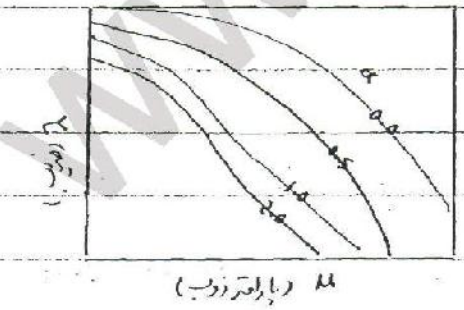
$$\begin{cases} C_u = \gamma_d(0.17 + \frac{w}{100}) \\ C_F = \gamma_d(0.17 + \frac{0.5w}{100}) \end{cases} \Rightarrow C = \frac{1}{2}(C_u + C_F)$$

مرتبط با وزن لایه ها

α : نسبت حرارتی $\quad \alpha = \frac{7 \cdot t}{FI}$

λ : اختلاف درجه حرارت متوسط سالیانی و درجه حرارتی که خاک یخ می زند (°C)

λ از روی گراف تعیین می شود ⇐



- تأثیر رطوبت در طراحی روسازی

— افزایش رطوبت می تواند مقاومت خاک را کاهش دهد

— رطوبت در خاک ناشی از منبع می تواند باشد :

• بارندگی • ذوب یخ • آبهای زیرزمینی

www.tnar.ir

- تعیین مقاومت بعد از یک دوره خیسدن راحت نیست !

⇐ از مقاومت اشباع استفاده می شود. (از CBR اشباع استفاده میکنیم)

- فقط در مناطقی که مقدار بارندگی سالیانه کمتر از 25 cm و عمق سطح آب زیرزمینی بستر از 6 m و دارای اقلیم گرم است، می توان از CBR در رطوبت طبیعی در طراحی استفاده کرد.

- در این رطوبت می تواند باعث ترک خوردگی شود !

توصیه: خاک در رطوبت ... مرطوب نگه داشته شود.

Degree of expansion	Probable expansion	Colloidal Content	Plasticity Index	Shrinkage Limit
	> 30	> 28	> 35	< 11
	20-30	20-31	25-41	7-12
		13-23	15-28	10-16
			> 18	> 15

در پروژه های هم می توان از این جداول تقریبی استفاده نمود و درجه تقریبی متورم بودن خاک را تعیین کرد.

- حتی الامکان باید مانع ورود آب به بدنه خاک روسازی شد.

• زهکشی سطحی:

شیب عرضی رویه (معمولاً 2٪)

کانال جهت انتقال

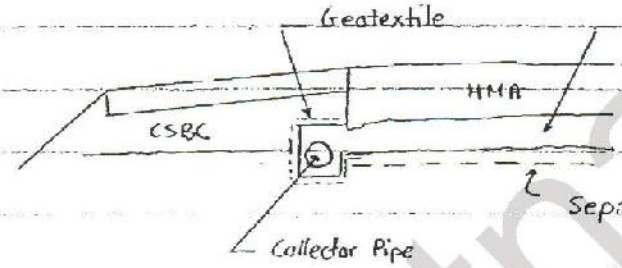
زهکشی سطحی عمومی است و همه باید انجام شود و در صورت تورم می توان از زهکشی زیرسطحی استفاده نمود.

www.tnar.ir

• زهکشی زیر سطحی

درصورت لزوم به شکل به کشش زیر است:

- اساس نفوذپذیر برای جمع آوری و خروج آبهای نفوذکرده.
- سیستم برای خروج آبهای نفوذی (حداقل شیب دار کردن اساس)
- یک لایه فیلتر برای ممانعت از ورود ریزدانه زیر اساس یا خاک بستر به داخل اساس



Separator layer Options

- Aggregate filter
- Geotextile
- ATPB

◄ فصل هفتم — بارگذاری (ترافیک)

✓ یکی از عملکردهای روسازی تحمل بار و توزیع آن در راستا و ضخامت خود است.
(باید به گونه‌ای تنش‌ها را در خود کاهش دهد که خاک بستر تحمل پذیرفته باشد.)

- در طراحی همه سازه‌های راه‌سنگ بارواردبر آن لازم است.
- ترافیک معرف بار وارد بر روسازی است.
- بار وارد بر روسازی تابع عوامل زیر است:

• وزن چرخ (یا محور)	• تعریف وسایل نقلیه
• توزیع محور	که وقتی تعریف کم می‌شود، تأثیر وسایل
• تعداد دفعات تکرار (در عمر روسازی)	نقلیه در اولویت قرار گیرد.
• توزیع ترافیک در خطوط مختلف راه	

www.tnar.ir

تعیین نوع و مشخصات ترافیک وظیفه مهندسی ترافیک است.

با توجه به آمار برداشت شده، مشابه سازی و پیش بینی نرخ رشد ترافیک، میزان و نوع ترافیک برای طراحی روسازی تعیین می شود.

تبدیل ترافیک به بارگذاری

دو روش وجود دارد:

۱) با استفاده از محور استاندارد

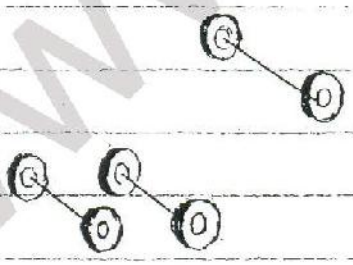
- با استفاده از ضریب هم ارز میزان و نوع ترافیک به تعداد معادل عبور محور استاندارد تبدیل می شود.

۲) بار واقعی (طیف بار)

- میزان بار، نوع و توزیع آن مستقیماً در طراحی وارد می شود.

← استفاده از روش اول ساده تر و رایج تر است.

انواع محورها



۱) محور ساده با چرخ منفرد

۲) محور ساده با چرخ دوتایی

۳) محور مرکب با چرخ منفرد

۴) محور مرکب با چرخ دوتایی

← محور استاندارد در آئین نامه ایران یک محور ساده با چرخ منفرد به وزن 8.2 ton است.

روش های تعیین ضریب هم ارز

۱) تسورنگ: باید بار معادل و واقعی مقدار تنش یا تغییر شکل یکسانی در سیستم روسازی ایجاد کنند.

www.tnar.ir

بار محوری استاندارد را چند برابر می کنیم تا تنش های تغییر شکل ها یکسان شوند.

چون مدل سازی کامل سیستم ممکن نیست به دنبال یک معیری تنش ها و تغییر شکل های حرانی می رویم.

- حداکثر تنش قائم در روی صفحه بحرانی
- حداکثر تنش برشی افقی در ریل یا آسفالت
- حداکثر نشست روسازی

۲) تحریب: باید با معادل دو اقدام خرابی یکسانی در روسازی ایجاد نمایند.

با استفاده از یک سری از ماشین های معروف اشتو محاسبه می شود.

(تغییر شکل های دائم مانند ترک های ناشی از خستگی مبنای خرابی قرار می گیرند.

اگر ترک های موئینه بیش از 20 درصد سطح را بپوشانند خرابی رخ داده است)

ضریب کامیون: تعداد عبور محور استاندارد که معادل یک بار عبور وسیله نقلیه مورد نظر (وانت، کامیون، میني بوس ...) باشد.

تعیین ضریب هم از به روش تورنیک

- حل مسئله خط های دو لبه

مجهولات

تنش 6 ، کرنش 6 ، تغییر مکان 3

⇐ 15 مجهول داریم

معادلات

تعادل 3 ، رفتاری 6 ، کرنش-تغییر مکان 6 ⇐ 15 معادله داریم

www.tnar.ir

روش های حل معادلات

- تئوریک (حل بسته)

حل همزمان تمام معادلات در حالت کلی مشکل است.

- نیاز به فرضیات ساده کننده دارد (مثلاً فرض رفتار ارتجاعی خطی و همواره همسان)

- روش Multilayer Elastic Theory در همین گروه بوده و رایج است.

- روش های عددی

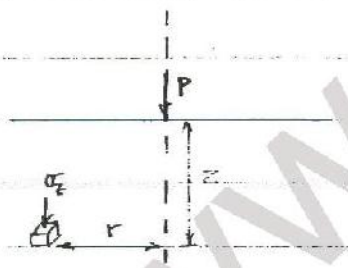
- استفاده از FEM بیشتر از روش های دیگر مطرح است.

← روش های تئوری بیشتر و پرکاربرد و قابل اعتماد تر از روش های دیگر رایج می باشند.

سیستم های چندلایه الاستیک

۱) سیستم یک لایه (وضعیت بوسینسک)

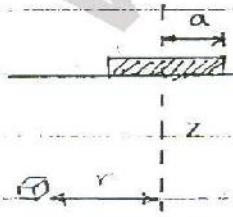
Boussinesq (1885)



$$\sigma_z = \frac{3}{2\pi} \frac{1}{\left[1+\left(\frac{r}{z}\right)^2\right]^{5/2}} \frac{P}{z^2}$$

از انتگرال گیری حل Boussinesq مسئله برای حالت های دیگر حل شده است.

تطابق تماس چرخ ها با روسازی به دایره نزدیک است:



- برای بارگذاری یکنواخت دایره ای

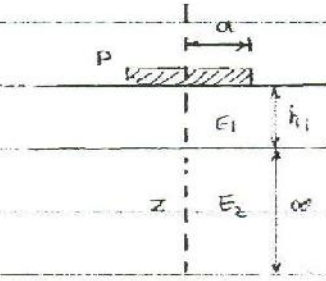
روابط مربوط به تنش ها و کرنش ها و ...

در صفحات 346 تا 354 کتاب

دکتر طباطبائی آمده است.

۲) سیستم دولایه : Bermister (1943)

www.ttnar.ir



• تنش زیر مرکز دایره

$\sigma_z = \alpha \cdot p$

↓

از روی گراف در کتاب طباطبایی تعیین می‌شود

• نشست قائم زیر مرکز دایره :

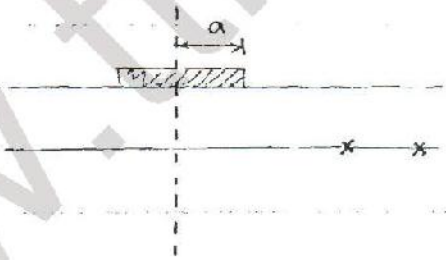
$\Delta_z = 1.5\,\beta\,\frac{pa}{E_2} \qquad (\mu_1 = \mu_2 = 0.5)$

↓

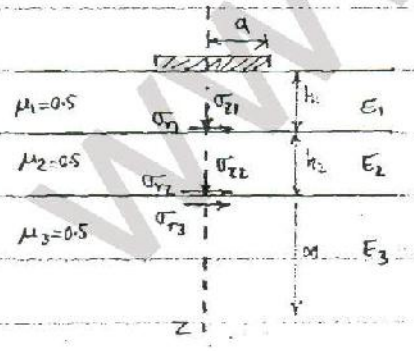
β از روی گراف در کتاب طباطبایی

نشست Wang براساس کارهای پرمیستر مقدار نشست زیر مرکز دو لایه برای حالت‌های مختلف ارائه کرده است.

$\Delta_s = \gamma\,\frac{pa}{E_2}$



۱۳ سیستم لایه‌ای



$\sigma_{z1} = p\,(ZZ_1)$

$\sigma_{z2} = p\,(ZZ_2)$

$\sigma_{r1} = \sigma_{z1} - p\,(ZZ_1 - RR_1)$

$\sigma_{r2} = \sigma_{z2} - p\,(ZZ_2 - RR_2)$

$\sigma_{r3} = \sigma_{z2} - p\,(ZZ_2 - RR_3)$

عامل پارامترهای داخل پرانتز را می‌توان از روی گراف‌ها به دست آورد ولی نیاز به پارامترهای زیر برای استفاده از جداول می‌باشد:

$K_1 = \frac{E_1}{E_2}$, $K_2 = \frac{E_2}{E_3}$, $a_1 = A = \frac{a}{h_2}$, $H = \frac{h_1}{h_2}$

www.tnar.ir

کرنش ها نیز از روابط زیر بدست می آیند:

$$\varepsilon_{Zi} = \frac{1}{E_i}(\sigma_{Zi} - \sigma_{ri})$$

$$\varepsilon_{ri} = \frac{1}{2E_i}(\sigma_{ri} - \sigma_{Zi})$$

در صفحات 363 تا 385 جداول و گراف ها برای محاسبه پارامترها موجود دارد.

تعیین ضریب هم ارزی به روش تجربی

روش AASHTO بر اساس نتایج آزمایشات بزرگ خود در سالهای 1958-1960:

$$F = \left[\frac{2.2L_1 + L_2}{2.2L_{10} + L_{20}}\right]^{4.79} \left[\frac{(10)^{6/8}}{(10)^{6/\alpha}(L_2)^{4.33}}\right]$$

F : ضریب هم ارزی

L_1 : وزن محور بر حسب ton

L_2 : برای محور ساده یک و برای محور تاندم 2

L_{10} : وزن محور استاندارد بر حسب ton

L_{20} : مربوط به محور استاندارد (برای محور ساده یک و برای محور تاندم 2)

$$\alpha = 0.4 + \frac{0.081(2.2L_{10} + L_{20})^{3.23}}{(SN+1)^{5.19}(L_{20})^{3.23}}$$

$$\beta = 0.4 + \frac{0.081(2.2L_1 + L_2)^{3.23}}{(SN+1)^{5.19}(L_2)^{3.23}}$$

$$G = \left(\frac{4.2 - P_t}{4.2 - 1.5}\right)$$

SN : (Structural Number) عدد سازه ای

P_t : نشانه ضعیت روسازی در پایان عمر مفید آن

(بالاترین مقدار از لحاظ تئوریک 5 است ولی در عمل به آن نمی رسیم و از 4.2 استفاده می کنیم)

www.ttnar.ir

ضریب هم از پیش تعیین شده از راه آزمایش در جاده ای ارائه شده است.

انتخاب ۲ مرحله ای نیز بر اساس آزمایشات بزرگ راه AASHO ضرایب هم از را جدول توصیه

عبور سازه ای و شاخص خدمت نهایی (در واقع $P_t = 2.5$ و $SN = 2.5$) در جاده ای ارائه

شده است.

رشد سالانه ترافیک و کل ترافیک عبوری

• بار اکسل ترافیک در سال اول و نرخ رشد :

تعداد محور استاندارد در سال ۲

$$EAL_2 = EAL_1 (1+i)^2$$

نرخ رشد ، تعداد محور استاندارد در سال اول

$$EAL_n = EAL_1 \frac{(1+i)^n - 1}{\ln(1+i)}$$

تعداد کل محور استاندارد در طول n سال

توزیع ترافیک در خط طرح

$$W = D_D \times D_L \times EAL_n$$

W : تعداد کل محورهایی که در دوره طرح از خط طرح عبور می کنند.

D_D : ضریب توزیع ترافیک در هر جهت. (معمولا 0.5)

ممکن است در بعضی راه های خاص رفت و برگشت ها یکسان نباشد و می توان

آن را لحاظ کرد.

D_L : ضریب توزیع ترافیک در خط طرح

EAL_n : تعداد کل محور استاندارد (مجموع رفت و برگشت) در n سال دوره طرح

از روی جدول 3-19 می توان D_L را بدست آورد.

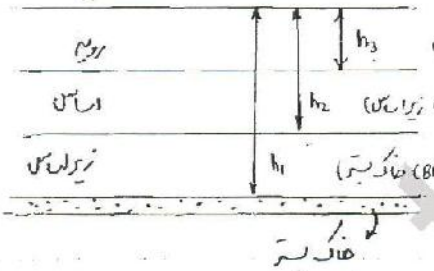
www.tnar.ir

فصل هشتم ـ طراحی روسازی

هدف : تعیین ضخامت کل روسازی و هریک از لایه‌ها با توجه به کیفیت مصالح ، به گونه‌ای که خاک بستر و هریک از لایه‌ها قابلیت تحمل تنش های وارده را داشته باشند.

I ـ روش CBR

روش قدیمی و بسیار ساده است . ایده این است که مقاومت مورد نیاز هر لایه را در نظر گرفته و ضخامت لازم را به دست می آوریم .



h_3 : ضخامت رویه

$h_2 - h_3$: ضخامت اساس

$h_1 - h_2 - h_3$: ضخامت زیراساس

گراف طراحی در شکل ۹-۱ کتاب دکتر طباطبایی آمده است

! اشکال مهم : میزان ترافیک در طراحی روسازی لحاظ نمی شود و فقط وزن چرخ ها در نظر گرفته می شود (اثر ترافیک در نظر گرفته نشده است)

II ـ روش AASHTO (1993)

در حال حاضر رایج ترین روش در طراحی روسازی است.

عوامل موثر در طراحی روسازی :

۱) عمر روسازی

۱-۱ ـ عمر طراحی : مدت زمانی که روسازی برای آن طرح می شود . بهتر است در عمر طراحی صدمات یک روکش دیده شود.

۱-۲ ـ عمر بهره برداری : مدت زمانی که روسازی اولیه بدون نیاز به روکش با قابلیت قابل قبول

www.tnar.ir

دوام بیاورد

نوع راه	عمر طراحی بسال
بین شهری با ترافیک زیاد	20 - 25
روسازی شده با ترافیک کم	15 - 25
شنی	10 - 20

- هرچه اهمیت راه بیشتر باشد، عمر طراحی بیشتر در نظر گرفته می شود چون برای ترمیم روسازی نیاز به جلوگیری از ترافیک سنگین تر است.

۲) ترافیک

۳) سطح اطمینان (R)

۴) انحراف معیار (S_0)

} با چه سطحی از اطمینان می توان به عملکرد روسازی در طول عمر خود مطمئن بود

ناشی از عواملی نظیر ترافیک پیش بینی شده، خواص مصالح و ...

نوع راه	سطح اطمینان
آزادراه	80 - 95
راه اصلی	75 - 95
راه فرعی درجه 1	70 - 90
راه فرعی درجه 2	50 - 80

در آیین نامه برای راه های اصلی و آزادراه ها

$S_0 = 0.35$ ، $R = 0.95$

۵) شاخص ضعف : معرف کیفیت روسازی است.

PSI (Present Serviceability Index)

www.tnar.ir

کیفیت روسازی	PSI
خیلی بد	0-1
بد	1-2
قابل قبول	2-3
خوب	3-4
عالی	4-5

- روش های تعیین PSI

• با زدن میدانی و امتیازدهی

چند نفر ماشین را رانندگی می کنند و از روی آن عبور می کنند و امتیاز می دهند. میانگین این مقادیر PSI را مشخص می کند.

• استفاده از رابطه

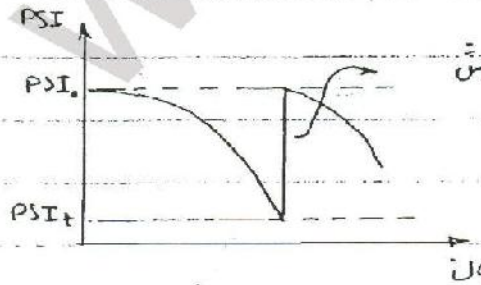
$$PSI = 5.03 - 1.9 \log(1+SV) - 0.1\sqrt{\frac{C}{0.3} + \frac{P}{0.09}} - 1.38\left(\frac{\overline{RD}}{2.5}\right)^2$$

SV : میزان ناهمواری سطح روسازی (تغییر شیب)

C : میزان ترک های مهم سطح روسازی برحسب متر در هر صد متر مربع

P : میزان لکه گیری ها و تغییرات برحسب m^2 در هر صد متر مربع

$\overline{RD}$: مقدار متوسط گودی و شیار چرخ ها (در هر دو مسیر چرخ) برحسب cm



$$\Delta PSI = PSI_0 - PSI_t$$

شاخص ضعف اولیه 4.2

شاخص ضعف نهایی { راه های اصلی 2.5
راه های فرعی 2.0

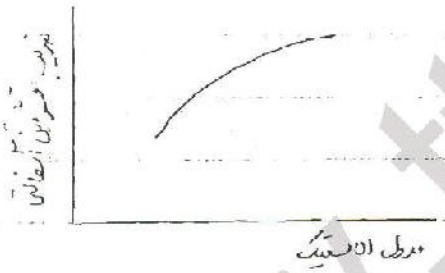
www.tnar.ir

۱۶ مشخصات فنی خاک بستر و مصالح روسازی

- برای خاک بستر M_R (ضریب برجهندگی) صرفاً از طریق تعیین می‌شود.
- در غیر این صورت CBR تعیین و به M_R تبدیل می‌شود. (جدول ۱۱-۳)

- نمودار تعیین ضریب لایه‌ی اساس (شکل ۱۱-۲)

- برای اساس با توجه به نوع اساس از شکل مناسب مدول الاستیک تعیین می‌شود.
- برای بتن آسفالتی از آزمایش استاندارد استفاده می‌شود.



• تعیین عدد سازه‌ای روسازی (SN)

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

a_1: ضریب لایه (قشر) لایه اول
D_1: ضخامت لایه اول بر حسب سانتی‌متر
a_2: ضریب زهکشی لایه دوم
m_2: ضخامت لایه دوم
a_3: ضریب زهکشی لایه سوم
m_3: ضخامت لایه سوم

(مدول لایه اول بتن آسفالتی است، ضریب زهکشی ندارد)

← اگر آزمایش استاندارد انجام نشده باشد $a_1 = 0.42$ انتخاب شود

- ضریب زهکشی لایه‌ها

معرف قابلیت زهکشی لایه‌ها هستند.

طبقه‌بندی براساس زمان لازم برای کاهش رطوبت از حالت اشباع به 50٪ رطوبت اشباع است. (جدول ۱۱-۹: طبقه‌بندی مصالح از نظر خاصیت زهکشی)

www.ttnar.ir

جدول 11-5 ← ضرایب اصلاحی m_i برای قشرهای اساس و زیراساس
(براساس میزان بارندگی سالانه تعیین می‌شود)

گراف اصلی طراحی روش AASHTO

ابتدا ضریب قابلیت اعتماد و انحراف معیار را مشخص کرده و در گراف به هم وصل می‌کنیم.
(اگر اطلاعات لازم در دست نبود $R = 95\%$ و $S = 0.35$)
سپس به خط میانی اول می‌رسیم. سپس تفاضل جدید را به مقدار کل محور ساده 8.2 تن هم اثر وصل کرده و به خط میانی دوم می‌رسیم و آن را به ضریب برجهندگی یا مدول الاستیک لایه وصل می‌کنیم

برای SN_1 ← مدول الاستیک اساس
برای SN_2 ← مدول الاستیک زیراساس
برای SN_3 ← ضریب برجهندگی خاک بستر

طراحی را باید به گونه‌ای کامل کنیم که هم از نظر بازه‌ای جواب داشته و هم از نظر اقتصادی.

$$\bar{D}_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} \times 2.5$$

$$\bar{D}_2 \geq \frac{SN_2 - a_1\bar{D}_1/2.5}{a_2 m_2} \times 2.5$$

$$\bar{D}_3 \geq \frac{SN_3 - \frac{a_1\bar{D}_1 + a_2 m_2 \bar{D}_2}{2.5}}{a_3 m_3} \times 2.5$$

بعد از طراحی باید محدودیت‌های اجرایی را کنترل کنیم

محدودیت‌های اجرایی ← جدول 11-6

www.tmar.ir

مثال: مطلوبست طراحی روسازی راهی با مشخصات زیر:

$W_{8.2} = 1 \times 10^6$ ، $R = 0.95$ ، $S_o = 0.35$

$PSI_o = 4.2$ ، $PSI_t = 2.5$ ، $M_r = 350\ kg/cm^2$

$E_{SB} = 945\ kg/cm^2$ ، $E_B = 1925\ kg/cm^2$ ، $m_2 = m_3 = 1$

حل: ضریب لایه‌ی آسفالتی طراحی $\Rightarrow$ $a_1 = 0.42$

ضریب لایه‌ی اساس $\Rightarrow$ $a_2 = 0.13$ ، $a_3 = 0.1$

عدد سازه‌ای لایه‌های طراحی اولیه $\Rightarrow$ $SN_1 = 2.3$ ، $SN_2 = 2.8$ ، $SN_3 = 4.1$

ضخامت لایه‌ی آسفالتی $\bar{D}_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} \times 2.5 = \frac{2.3}{0.42} \times 2.5 = 13.7 \approx 14\ cm > 10$ ✓

حداقل ضخامت اجرایی لایه‌ی آسفالتی

ضخامت اساس $\bar{D}_2 \geq \frac{SN_2 - a_1\bar{D}_1/2.5}{a_2 m_2} \times 2.5$

حداقل ضخامت اجرایی اساس

$= \frac{2.8 - \frac{0.42(14)}{2.5}}{0.13(1)} \times 2.5 = 8.65 \approx 9\ cm < 15$

$\Rightarrow$ ضخامت اساس $\bar{D}_2 = 15\ cm$

ضخامت زیراساس $\bar{D}_3 = \frac{4.1 - \frac{0.42(14) + 0.13(1)(15)}{2.5}}{0.1(1)} \times 2.5$

$= 24.3 \simeq 25\ cm$

آسفالتی	14 cm
اساس	15 cm
زیراساس	25 cm

III. روش آشتو ۱۹۹۳ (مثال)

- معیارهای دوام در نظر گرفته شده در طراحی:

کرنش کششی در کف لایه‌ی آسفالتی

کرنش قائم روی بستر

www.ttnar.ir

• از کابل چندلایه فولادی استفاده شده است.

• انتخاب مقاومت های بتن

تعداد کل محورهای 8.2 تنی	درصد طراحی	
$<10^6$	60	← یعنی مقاومتی را در نظر می گیریم
$10^6 - 10^7$	75	که 60٪ مقاومت های
$>10^7$	87.5	ورزانه گیری شده از آن
		بیشتر باشند.

• گراف های ارائه شده برای سه نوع روسازی است:

- بتن آسفالتی
- بتن آسفالتی + اساس اموبسیون
  • مخلوط سنگ شکسته خوب
  • مصالح سنگی شکسته و یا مخلوط رودخانه ای
  • مصالح سنگی عالی با چسبندگی دار
- بتن آسفالتی + اساس سنگی

← روسازی نوع ۳ آسفالتی

بتن آسفالتی ۲۰

مثل 12-9 در صفحه 472 کتاب طباطبایی

← گراف طراحی

← بتن آسفالتی + اساس اموبسیون

بتن آسفالتی ۳

اساس اموبسیون

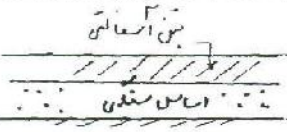
گراف طراحی: شکل های 13-9 تا 15-9 کتاب

باید توجه داشته باشیم که بعدی کمار این گراف ها بدست می آید مجموع ضخامت دو لایه است.

www.tmar.ir

جدولی برای صرفه جویی در آسفالتی ارائه شده است. بعد تعیین ضخامت لایه آسفالتی و عدد بست آمده از گراف، ضخامت اساس را تعیین می‌کنیم.

بتن آسفالتی + اساس سنگی



- ضخامت اساس سنگی را انتخاب کنید.
- از نمودن مناسب ضخامت بتن آسفالتی را تعیین کنید.

(شکل 9-6)

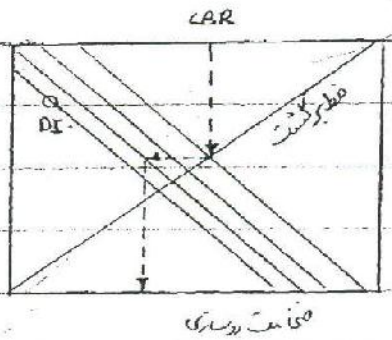
- مشخصات فنی مصالح اساس و زیر اساس سنگی و عوامل ضخامت بتن آسفالتی در صفحه 437.

IV. روش NCSA (National Crushed Stone Association)

- از CBR برای طراحی روسازی استفاده می‌شود.
- بر مبنای جلوگیری از تغییر شکل‌های پلاستیک مکرر و خاصیت ارتجاعی ارائه شده است.
- ابتدا ضخامت طرح (DI) با توجه به تعداد وسایل نقلیه عبوری تعیین می‌شود.

(صفحه 451 کتاب)

- با توجه به DI و CBR خاک بستر از شکل 9-30 در صفحه 451 کتاب مجموع ضخامت روسازی تعیین می‌شود.



از CBR طرح به سمت خط بست می‌رویم و به طرف راست به DI طرح می‌رسیم و با کشیدن خط تا خط کنترل مجموع ضخامت روسازی را به دست می‌آوریم.

- با توجه به رده خاک (F1-F4) عوامل ضخامت کنترل می‌شود. (جدول 9-17)
- ترافیک حائز اهمیت است. با جدول 9-18 در صفحه 453 کتاب کنترل می‌شود.

www.tnar.ir

- حداقل ضخامت بتن آسفالتی (طبق جدول 9-19 در صفحه 453 کتاب) کنترل شود.

X. روش شیلی Shell

- طراحی براساس محدودکردن کرنش عامل خاک بستر و کرنش کششی در زیر لایه آسفالتی قرار دارد.
- آزمایش در این روش زده شده است. (چین روش Shell)

شکل 9-27 منحنی شیلی برای طرح روسازی های آسفالتی

- داده های لازم برای طراحی:
  - دمای میانگین وزنی دارسالانه منطقه
  - ضریب برجهندگی خاک بستر
  - مدول الاستیک لایه های زیراساس - اساس
  - ترافیک
  - نوع آسفالت SL(S2) - E1(F2) - S0(100)

سختی روبه
مقاومت دربرابر خستگی
درجه نفوذ پذیری در هنگام تهیه آسفالت

- منحنی های طراحی HN

گراف های طراحی به گونه ای طراحی شده اند که ترافیک تغییر می کند.

- منحنی مناسب انتخاب می شود. (شکل 9-28)
  198 منحنی برای تغییر ترافیک داریم.
- انتخاب ضخامت کل لایه اساس و زیراساس
- تعیین ضخامت لایه آسفالتی (از روی گراف با توجه به ضخامت کل انتخاب شده)

با طبقه کردن گراف رسم می شود چند خط مدول الاستیک را قطع می کند که ضخامت لایه های با مدول الاستیک مختلف مارا نشان می دهد یعنی چند ضخامت انتخاب شده برای یک ... است

www.ttnar.ir

فصل نهم ـ خرابی در رویه سازی ها

روسازی به هر حال دچار خرابی می شود که باید ترمیم شود ولی ما باید سعی کنیم از خرابی زودرس جلوگیری کنیم.

۱) تشخیص خرابی ۲) عوامل بوجود آورنده خرابی
۳) مشکلات ناشی از خرابی ۴) روش های ترمیم خرابی ها

- انواع خرابی ها
۱ـ سازه ای
۲ـ وظیفه ای (از لحاظ سازه ای جواب می دهد ولی از لحاظ بهره برداری مناسب نیست مانند لغزنده شدن سطح راه)

- خرابی ها به دلیل انتخاب نامناسب مصالح و یا طراحی نامناسب مخلوط، طراحی سازه ای اشتباه یا اجرای نامناسب بوجود می آیند.

- نوع دیگر دسته بندی خرابی ها به صورت زیر می باشد:
۱ـ ترک ها ۲ـ تغییر شکل ها ۳ـ خرد و کنده شدن(ها)
۴ـ لغزنده شدن سطح رویه ۵ـ خرابی شانه ها
۶ـ خرابی آسفالت های مخلوط

I. انواع ترک ها
۱) ترک های مورفولوژیکی (پوست ماری یا سوسماری)
- روش شناسایی: شکل مورفولوژیکی
- ترک های ایجاد شده از پایین به بالا (بعلت لایه آسفالتی نازک)

www.tnar.ir

- ترک‌های با لایه‌ی پایین (لایه‌ی آسفالتی ضعیف)

به دلیل فرسودگی بتن در ترکیب با بارگذاری

- مشکلات ناشی از آن:

• نفوذ آب از طریق ترک‌ها ← کاهش مقاومت خاک

• ناهموار ساختن سطح رویه

• بازگشایی ممکن است به صورت چاله در بیاید. (بدترین نوع خرابی)

- علت:

• کاهش مقاومت لایه‌های مختلف روسازی (مثلاً در اثر نفوذ آب)

• افزایش بار نسبت به مقاله در نظر گرفته شده در طراحی

• طراحی نامناسب سازه‌ای

• اجرای نامناسب

• یخبندان و ذوب مجدد ← کاهش مقاومت

- تعمیر:

• اگر در محدوده‌ی کوچکی باشد

معرف کاهش شدید خاک بستر است

در این حالت از وصله استفاده می‌شود

• اگر در محدوده‌ی بزرگی باشد

معرف مقاومت سازه‌ای کم کل سطح است

از روکش یا بازسازی استفاده می‌شود

۲) ترک‌های طولی

در راجرایی همیشه خط تقارن است.

- شناسایی: ترک‌های طولی سواری کوره راه

- مشکلات ناشی از آن:

• نفوذ آب از طریق ترک‌ها

www.tnar.ir

- ناهموار ساختن سطح رویه
- بازگشت محلول است. بطوریکه مواد اولیه در آمده و کیفیت سازه‌ای را بسیار کاهش دهد.

- علت:
  - اجرای نامناسب درز انقباض
  - انتخاب نامناسب محل درز (باید محل درز را در جایی بگذاریم که ترک کمتر است)
  - هسته‌گی (شروع ایجاد ترک‌های موئینگی)
  - ترک‌های بالا به پایین

- تعمیر:
  - در ترک‌های کوچک (بازشدگی کمتر از 13 mm) پرکردن ترک‌ها (با دوغاب قیر)
  - در ترک‌های بزرگ (بازشدگی بیش از 13 mm) برداشت ترک و اجرای روکش

۱۳ ترک‌های عرضی (حرارتی)

این ترک‌ها به دلیل پدیده انقباض حرارتی بوجود می‌آیند. انتخاب نامناسب قیر این پدیده را تشدید می‌کند.

- شناسایی: ترک‌های عرضی در روسازی
- مشکلات:
  - نفوذ آب از حاشیه ترک‌ها
  - ناهموار ساختن سطح رویه
- علت:
  - انقباض حرارتی
- تعمیر:
  - در ترک‌های کوچک (<13mm) پرکردن ترک‌ها
  - در ترک‌های بزرگ (>13mm) برداشت ترک و اجرای روکش

گاهی اوقات از مجموع ترک‌های طولی و عرضی، ترک‌های بلوکی بوجود می‌آید.

www.ttnar.ir

۴) ترک های هلالی

- شناسایی : ترک های هلالی شبیه نیم ماه

- مشکلات :
  - نفوذ آب از طریق ترک ها
  - ناهموار شدن سطح رویه

- علت :
  - مقاومت کم آسفالت
  - چسبندگی کم لایه آخر با لایه قبلی رویه

- تعمیر :
  - برداشت بخش آسیب دیده و پرکردن مجدد آن

۵) ترک های انعکاسی

در واقع انعکاس نقاط ضعف لایه یا بین لایه ها

- شناسایی : در بالای ترک های زیرین

- مشکلات : نفوذ آب از طریق ترک ها
  - ناهموار شدن سطح رویه

- علت :
  - جابجایی در امتداد ترک های پایین در اثر تغییرات دما، رطوبت و بارگذاری

- تعمیر :
  - در ترک های کوچک (<13mm) پرکردن ترک ها
  - در ترک های بزرگ (>13mm) برداشت ترک و اجرای روکش

۶) ترک های پوستی (کناری)

- در کنار ترک خورده لوله های آب و گاز و کنار رویه آسفالتی ایجاد می شود

www.ttnar.ir

- شناسایی:
  - ترک های طولی و یا عمیق کف از لبه رودبار کنار محل برآشدهای اجرایی
  - نشست های کم شده و ترک های برشی ایجاد می شوند
- مشکلات:
  - نفوذ آب و گسترش خرابی و ایجاد چاله
  - ناهمواری سطح رویه
- علت:
  - کم بودن فشار جانبی و در نتیجه مقاومت برشی خاک
- تعمیر:
  - افزایش مقاومت برشی
  - برداشتن قسمت های ضعیف و اجرای وصله

www.tmar.ir

فصل ... تأثیر عوامل زیست محیطی در طراحی روسازی

روسازی سازه‌ای است که مدت تأثیر عوامل زیست محیطی است. بنابراین نمی‌توان بدون در نظر گرفتن این عوامل، طراحی را انجام داد.

۱- عوامل زیست محیطی مؤثر

۱) تغییرات دما ۲) یخبندان ۳) رطوبت

- تغییرات دما
  - رفتار مکانیکی قیر در اثر تغییرات شدید تابع دما می‌باشد.
  - تغییرات شدید دما باعث انبساط و انقباض روسازی و ایجاد تنش در آن می‌شود.
  - در طبقه‌بندی قدیمی قیرها به دما کمتر توجه شده بود ولی در طبقه‌بندی SHRP به آن بها داده شده است.

- تأثیرات تغییر دما
  - بالا آمدگی روسازی مطلب به دلیل دمای زیاد.
  - ترک‌های حرارتی در روسازی آسفالتی (در صورت ترک‌ها، عرضی)

- یخبندان
  - مشکلات ناشی از یخبندان:
    - افزایش حجم خاک در اثر ایجاد آب
    - کاهش مقاومت خاک در هنگام ذوب یخ (اوایل بهار)

اگر زهکش آب موجود در خاک به‌تدریج دهد بسیطی نیست ولی به واسطه پدیده تراوایی آب از لایه‌های گرم‌تر به سمت بالا می‌آید و به همان محدوده می‌رسد و یخ می‌زند.

www.tnar.ir

در این حالت خاصیت موئینگی آب عمدتاً بالا می آید و حجم یخ زدگی افزایش می یابد و تورم مشکل ساز می شود. در زمان آب شدن هم، رطوبت خاک از حالت اولیه بیشتر شده و مقاومت خاک کاهش می یابد.

- عوامل لازم برای ایجاد مشکل یخبندان

۱) سرما

۲) بالا بودن سطح آب زیرزمینی

۳) حساس بودن خاک در برابر یخبندان (با خاصیت موئینگی خود آنان (مهم)

لای ها

رس های با شاخص خمیری کمتر از 12

: (casagrande (1932

- خاک های غیر یکنواخت با بیشتر از 3٪ دانه ها کوچکتر از 0.02 mm

- خاک های یکنواخت با بیشتر از 10٪ دانه ها کوچکتر از 0.02 mm

- تقسیم بندی خاک ها به چهار گروه F_1 تا F_4

- محافظت روسازی در برابر یخبندان

با حذف یکی از عوامل لازم برای ایجاد مشکل می توان روسازی را محافظت نمود.

www.ttnar.ir

- حذف سرما

در منطقه ما بیل از یک پوشش استفاده کنیم که غیر اقتصادی است چون هزینه بالایی دارد.

- حذف خاک های حساس در برابر یخبندان

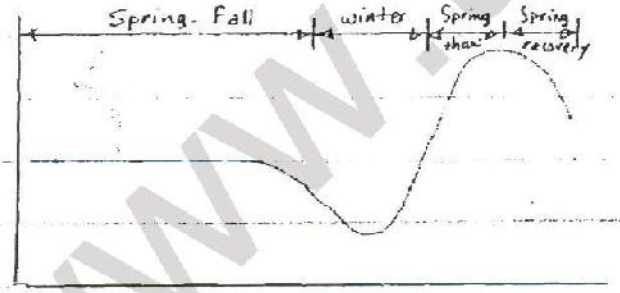
- پایین آوردن سطح ایستابی

یک روش چاه می زنیم تا سطح ایستابی پایین بیاید ولی عملی نیست.

کاری که در عمل انجام می شود و منطقی است این است که بیل از طراحی روسازی اگر ضخامت کمتر از عمق یخبندان باشد نیازی به محافظت نیست ولی اگر ضخامت از عمق یخبندان بیشتر شد، در قسمتی که به عمق یخبندان نفوذ می کند از مصالح مقاوم در برابر یخبندان استفاده می کنیم

- استفاده از ضخامت طی استیل (ضخامت های مختلف ... 30، 40، 50، 60 میلی متر)

که در زیر روسازی یک لایه اجرا می شود (مخصوصاً در مناطق ضعیف تر)



تعیین عمق یخبندان منطقه

دو روش داریم:

۱) اندازه گیری

- استفاده از لوله های حبابدار

لوله را در عمق فرو می کنند. عمق تر شدن لوله همان عمق یخبندان است

- استفاده از لوله های حاوی مایع فلورسین (این مایع تغییر رنگ می دهد)

www.tnar.ir

۲) استفاده از روابط ارائه شده

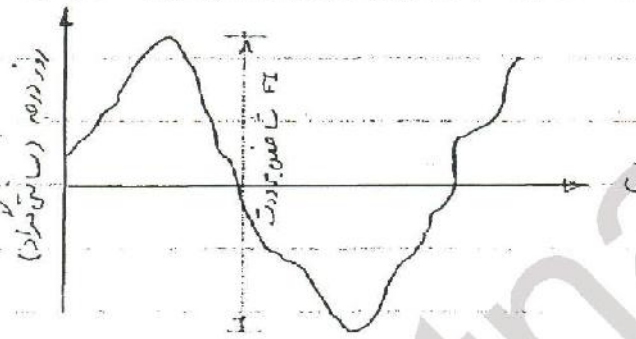
• روش اول

$Z = A\sqrt{FI}$ ← شاخص یخبندان (روز یا درجه سانتی‌گراد)

عمق یخبندان cm

A : عددی که به خصوصیات حرارتی مصالح بستگی دارد.

برای سنگ‌ها با تخلخل زیاد، برابر 4.7 می‌باشد



از روی آمار هواشناسی منطقه تعیین می‌شود و به صورت گنجی ترسیم می‌شود.

اختلاف بین min و max این منحنی FI (شاخص یخبندان) است.

• روش دوم

با سعی و خطا حل می‌شود

$$Z = \lambda\sqrt{\frac{48\,FI}{L/K}}$$

ضریب اصلاح اثر تیغ

$$\frac{L}{K} = \frac{2}{Z^*}\left[\frac{h_1}{K_1}\left(\frac{L_1 h_1}{2} + L_2 h_2 + \dots + L_n h_n\right) + \frac{h_2}{K_2}\left(\frac{L_2 h_2}{2} + L_3 h_3 + \dots + L_n h_n\right) + \dots + \frac{h_n}{K_n}\left(\frac{L_n k_n}{2}\right)\right]$$

Z^* : عمق یخبندان فرضی h_i : ضخامت لایه i ام (cm)

L_i : حرارت تغییر حالت لایه i ام از حالت غیرانجماد به حالت انجماد

$$L_i = 80\left(\frac{\omega}{100}\right)\gamma_d$$

ω : درصد رطوبت γ_d : وزن مخصوص خشک (g/cm^3)

www.tnar.ir

K_i : ضریب هدایت حرارتی لایه i ام

$$K_i = \frac{1}{2}\cdot(K_{ui} + K_{fi})$$

K_{ui} : هدایت زده — K_{fi} : هدایت یخ زده

K_{ui} و K_{fi} از گراف هایی با توجه به نوع خاک تعیین می شوند. (کتاب دکتر طباطبایی)

λ : ضریب تصحیح آلدریچ (با توجه به α و μ تعیین می شود)

μ : پارامتر ذوب

$$\mu = \frac{C\cdot FI}{L.t}$$

طول فصل سرما (روز)

C : ضریب حرارت حجمی مصالح

$$\begin{cases} C_u = \gamma_d\left(0.17 + \frac{w}{100}\right) \\ C_f = \gamma_d\left(0.17 + \frac{0.5w}{100}\right) \end{cases} \Rightarrow C = \frac{1}{2}(C_u + C_f)$$

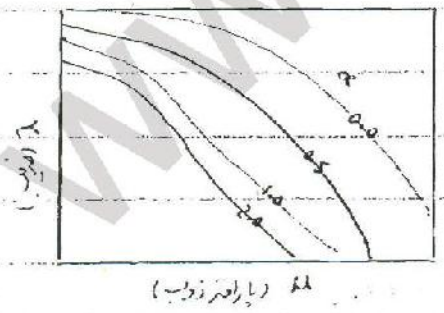
متوسط وزنی لایه ها

α : نسبت حرارتی

$$\alpha = \frac{V.L}{FI}$$

V : اختلاف درجه حرارت متوسط سالیانی و درجه حرارتی که خاک یخ می زند (°C)

λ از روی گراف تعیین می گردد $\Rightarrow$



- تاثیر رطوبت در طراحی روسازی

- افزایش رطوبت می تواند مقاومت خاک را کاهش دهد

- رطوبت در خاک ناشی از سه منبع می تواند باشد :

• باران و برف • ذوب یخ • آبهای زیرزمینی

www.ttnar.ir

- تعیین مقاومت بعد از یک دوره چسبندگی راحت نیست !

← از مقاومت اشباع استفاده می شود (از CBR اشباع استفاده می کنیم)

- منطقه ای که مقدار بارندگی سالیانه کمتر از 25 cm و عمق سطح آب زیرزمینی بیشتر از 6m و دارای اقلیم گرم است ، می توان از CBR در رطوبت طبیعی در طراحی استفاده کرد.

- افزایش رطوبت می تواند باعث ترم خاک شود !

توصیه : خاک در رطوبت $(Z + w_{opt})$ کوبیده شود.

Degree of expansion	Probable expansion	Colloidal Content	Plasticity Index	Shrinkage Limit
	> 30	>28	> 35	<11
	20-30	20-31	25-41	7-12
		13-23	15-28	10-16
			>18	>15

در پروژه های مهم می توان از این جداول تقریبی استفاده نمود و درجه اهمیت متورم بودن خاک را تعیین کرد.

- حتی الامکان باید مانع ورود آب به بسترهای روسازی شد.

• زهکشی سطحی :

شیب عرضی رویه (معمولاً 2٪)

کانال جهت انتقال

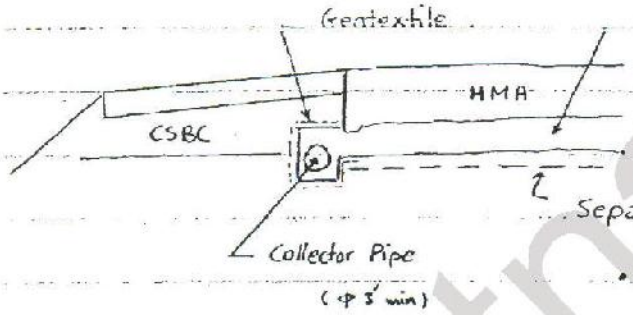
زهکشی سطحی عمومی است و همیشه باید انجام شود و در صورت ترم می توان از زهکشی زیرسطحی استفاده نمود.

www.itmar.ir

- زهکشی زیرسطحی

درصورت لزوم شامل سه بخش زیر است:

- اساس نفوذپذیر برای جمع آوری و خروج آبهای نفوذکرده.
- سیستم برای خروج آبهای نفوذی (معاصل شیب دار کردن اساس)
- یک لایه فیلتر برای ممانعت از ورود ریزدانه زیر اساس یا هاک بستر به داخل اساس



Separator layer Options

- Aggregate filter
- Geotextile
- ATPB

◀ فصل - بارگذاری (ترافیک)

✗ یکی از ملاکردهای روسازی تحمل بار و توزیع آن در راستا و عمق است.
(باید به گونه‌ای تنش حاصل را در خود کاهش دهد که هاک بستر مشکلی پیدا نکند.)

+ روسازی در برابر تکرار بار وارد بر آن ناشی است.
+ ترافیک معرف بار واردبر روسازی است.
+ بار وارد بر روسازی تابع عوامل زیر است:

- وزن چرخ (یا محور) • سرعت وسایل نقلیه
- نوع محور • کندی سرعت کم می‌شود تأثیر وسایل
- تعداد دفعات عبور (در عمر روسازی) • نقلیه در ازدحت ی است
- توزیع ترافیک در خطوط مختلف راه

www.ttnar.ir

تعیین نوع و مشخصات ترافیک وظیفه مهندسی ترافیک است.

با توجه به آمار برداشت شده، مشاهده بصری، پیش بینی نرخ رشد ترافیک، میزان و نوع ترافیک برای طراحی روسازی تعیین می‌شود.

تبدیل ترافیک به بارگذاری

دو روش وجود دارد:

۱) استفاده از محور استاندارد

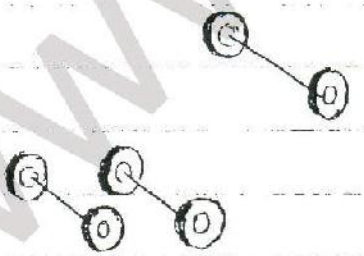
- استفاده از ضریب هم ارز میزان و نوع ترافیک به تعداد معادل عبور محور استاندارد تبدیل می‌شود.

۲) بار واقعی (طیف بار)

- میزان بار، نوع و توزیع آن مستقیماً در طراحی وارد می‌شود.

← استفاده از روش اول ساده‌تر و رایج‌تر است.

انواع محورها



۱) محور ساده با چرخ منفرد

۲) محور ساده با چرخ زوج

۳) محور مرکب با چرخ منفرد

۴) محور مرکب با چرخ زوج

← محور استاندارد در آیین نامه ایران یک محور ساده با چرخ منفرد به وزن 8.2 ton است.

روش های تعیین ضریب هم ارز

۱) آشو بلک: باید بار معادل و واقعی محاسبه شده با تغییر شکل یکسانی در سیستم روسازی ایجاد کند.

www.tnar.ir

بارگذاری استاندارد را چند برابر می کنیم تا تنش ها یا تغییر شکل ها یکسان شوند.
چون مدل سازی کامل سیستم ممکن نیست به دنبال یک سری تنش ها و تغییر شکل های
خواص می رویم

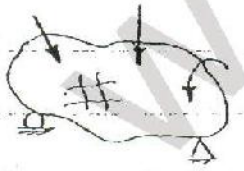
- حداکثر تنش عامل در روی خاک پی
- حداکثر تنش کششی افقی در زیر لایه آسفالتی
- حداکثر نشست روسازی

۱۲ تجربی : باید با رفتار واقعی خرابی یکسان در روسازی ایجاد نمایند.
با استفاده از یک سری آزمایش های معروف اشتو محاسبه می شود.
(تغییر شکل های دائم مانند ترک های ناشی از خستگی مبنای خرابی قرار می گیرند.
اگر ترک های موزائیکی بیش از 20 درصد سطح را بپوشانند خرابی رخ داده است)

ضریب هم ارزی : تعداد عبور محور استاندارد که معادل یک بار عبور وسیله نقلیه مورد نظر
(وانت، کامیون، مینی بوس و ...) باشد

تعیین ضریب هم ارزی به روش تئوریک

- حل مسئله لایه های پیوسته



→ مجهولات

تنش 6 ، کرنش 6 ، تغییر مکان 3

⇐ 15 مجهول داریم

→ معادلات

تعادل 3 ، سازگاری 6 ، کرنش - تغییر مکان 6 ⇐ 15 معادله داریم

www.ttnar.ir

← روش های حل معادلات

• تئوریک (حل بسته)

- حل جریان عام معادلات در حالت کلی مشکل است
- نیاز به فرضیات ساده کننده دارد (مثلاً فرض رفتار ارتجاعی خطی و مواد همسان)
- روش Multilayer Elastic Theory در همین گروه بوده و رایج است

• روش های عددی

- استفاده از FEM بیشتر از روش های دیگر متداول است

← روش های تئوری شامل سیستم الاستیک و مدل های خزشی کمتر از روش های دیگر رایج می باشد

سیستم های چند لایه الاستیک

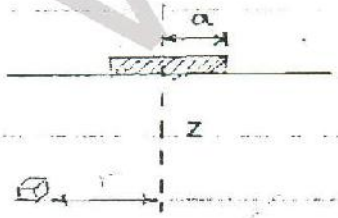
۱) سیستم یک لایه : (وضعیت بحرانی)

Boussinesq (1885)

$$\sigma_z = \frac{3}{2\pi} \frac{1}{\left[1+\left(\frac{r}{z}\right)^2\right]^{5/2}} \frac{P}{z^2}$$

از انتگرال گیری حل Boussinesq مسئله برای حالت های دیگر حل شده است

سطح تماس چرخ ها با روسازی به دایره نزدیک است :



• برای بارگسترده یکنواخت دایره ای

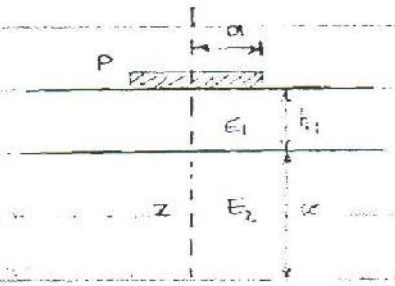
روابط مربوط به تنش ها، کرنش ها و ...

در صفحات 348 تا 354 کتاب

دکتر طباطبائی آمده است

۲) سیستم دو لایه : Bermister (1943)

www.ttnar.ir



• مثل زیر مرکز دایره

$\sigma_z = \alpha \cdot p$

↓

از روی گراف ورقتاب طباطبایی تعیین می‌شود

• نشست مرکز دایره صلب:

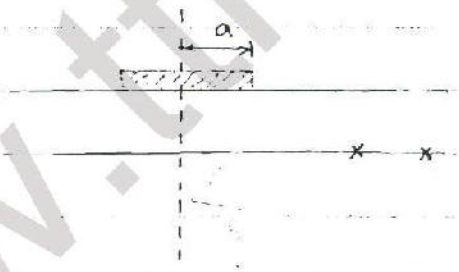
$\Delta z = 1.5 \beta \frac{pa}{E_2}$ $(\mu_1 = \mu_2 = 0.5)$

↓

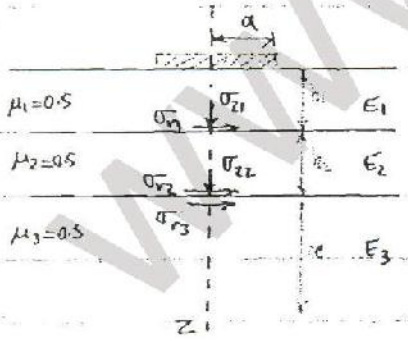
β از روی گراف ورقتاب طباطبایی

Wang براساس کارهای پرسیتر، مقادیر نشست را در عمق شش دولایه برای ۱۵۵ حالت مختلف ارائه کرده است.

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



۱۳ سیستم سه لایه



$\sigma_{z1} = p(zz_1)$

$\sigma_{z2} = p(zz_2)$

$\sigma_{r1} = \sigma_{z1} - p(zz_1 - RR_1)$

$\sigma_{r2} = \sigma_{z1} - p(zz_2 - RR_2)$

$\sigma_{r3} = \sigma_{z2} - p(zz_2 - RR_3)$

عامل پارامترهای فاصل پراکنده را می‌توان از روی نمودارها به دست آورد ولی نیاز به پارامترهای زیر

برای استفاده از جداول می‌باشد:

$k_1 = \frac{E_1}{E_2}$ ، $k_2 = \frac{E_2}{E_3}$ ، $a_1 = A = \frac{a}{h_2}$ ، $H = \frac{h_1}{h_2}$

www.tnar.ir

◄ کرنش ها نیز از روابط زیر بدست می آیند :

$$\varepsilon_{zi} = \frac{1}{E_i}(\sigma_{zi} - \sigma_{ri})$$

$$\varepsilon_{ri} = \frac{1}{2E_i}(\sigma_{ri} - \sigma_{zi})$$

← در صفحات 363 تا 385 جداول و گراف ها برای محاسبه پارامترها وجود دارد

تعیین ضریب هم ارز به روش تجربی

روش آشتو بر اساس نتایج آزمایشات بزرگ هدف در سالهای 1958 - 1960 :

$$F = \left[\frac{2.2L_1 + L_2}{2.2L_{10} + L_{20}}\right]^{4.79} \left[\frac{(10)^{G/\beta}}{(10)^{G/\alpha}(L_2)^{4.33}}\right]$$

F : ضریب هم ارز

L_1 : بار محور برحسب ton

2 : برای محور ساده تک و برای محور تاندم 2

L_{10} : وزن محور استاندارد برحسب ton

L_{20} : مربوط به محور استاندارد (برای محور ساده تک و برای محور تاندم 2)

$$\alpha = 0.4 + \frac{0.081(2.2L_{10} + L_{20})^{3.23}}{(SN+1)^{5.19}(L_{20})^{3.23}}$$

$$\beta = 0.4 + \frac{0.081(2.2L_1 + L_2)^{3.23}}{(SN+1)^{5.19}(L_2)^{3.23}}$$

$$G = \left(\frac{4.2 - P_t}{4.2 - 1.5}\right)$$

SN : عدد سازه ای (Structural Number)

P_t : نشانه ضعف روسازی در پایان عمر مفید آن

(بالاترین مقدار از لحاظ تئوریک 5 است ولی در عمل به آن نمی رسیم و از 4.2 استفاده می کنیم)

www.ttnar.ir

ضریب هم ارز با استفاده از رابطه اشتو در جداولی ارائه شده است.

از نتیجه آسفالت نیز بر اساس آزمایشات بزرگ اشتو، ضرایب هم ارز را بدون توجه به عدد سازه‌ای و شاخص خدمت نهایی (در واقع $P_t = 2.5$ و $SN = 2.5$) در جداولی ارائه شده است.

رشد سالانه ترافیک و کل ترافیک عبوری

- بار استاندارد ترافیک در سال اول و نرخ رشد

$$EAL_2 = EAL_1 (1+i)^2$$

EAL_2: تعداد محور استاندارد در سال دوم

i: نرخ رشد

EAL_1: تعداد محور استاندارد در سال اول

$$EAL_n = EAL_1 \frac{(1+i)^n - 1}{\ln(1+i)}$$

EAL_n: تعداد کل محور استاندارد در طول n سال

توزیع ترافیک در خط طرح

$$W = D_D \times D_L \times EAL_n$$

W: تعداد کل محورهایی که در دوره طرح از خط طرح عبور می‌کنند.

D_D: ضریب توزیع ترافیک در هر جهت (معمولاً 0.5)

ممکن است در بعضی راه‌های خاص رفت و برگشت ها کاملاً متفاوت باشد و می‌توان آن را لحاظ کرد.

D_L: ضریب توزیع ترافیک در خط طرح

EAL_n: تعداد کل محور استاندارد (مجموع رفت و برگشت) در n سال دوره طرح

از روی جدول 10-3 می‌توان D_L را بدست آورد.

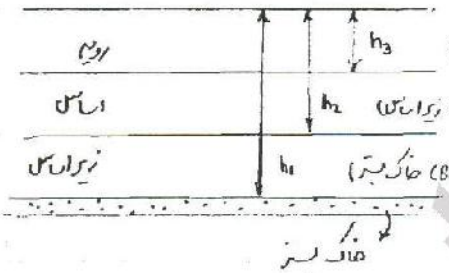
www.tinar.ir

فصل ـ طراحی روسازی

هدف : تعیین ضخامت کل روسازی و هریک از لایه‌ها با توجه به کیفیت مصالح ، به گونه‌ای که خاک بستر و هریک از لایه‌ها قابلیت تحمل تنش های وارده را داشته باشند .

I . روش CBR

روش قدیمی و بسیار ساده است . ایده این است که مقاومت مورد نیاز هر لایه را در نظر گرفته و ضخامت لازم را به دست می آوریم .



h_3 : ضخامت رویه

$h_2 - h_3$: ضخامت اساس

$h_1 - h_2 - h_3$: ضخامت زیراساس

گراف طراحی در شکل 9-1 کتاب دکتر طباطبایی آمده است .

! اشکال مهم : میزان ترافیک در طراحی روسازی لحاظ می شود و فقط وزن چرخ ها در نظر گرفته می شود . (اثر ترافیک در نظر گرفته نشده است)

II . روش AASHTO (1993)

در حال حاضر رایج ترین روش در طراحی روسازی است .

عوامل مؤثر در طراحی روسازی :

1) عمر روسازی

1-1 ـ عمر طراحی : مدت زمانی که روسازی برای آن طراحی می شود . بهتر است در عمر طراحی حداقل یک روکش داده شود .

1-2 ـ عمر بهره برداری : مدت زمانی که روسازی اولیه بدون نیاز به روکش با قابلیت قابل قبول

www.ttnar.ir

دوام بیاورد .

نوع راه	عمر طراحی سال
بین شهری با ترافیک زیاد	20 - 25
روسازی شده با ترافیک کم	15 - 25
شنی	10 - 20

هرچه اهمیت راه بیشتر باشد ، عمر طراحی بیشتر در نظر گرفته می شود چون برای ترمیم روسازی نیاز به جلوگیری از ترافیک سنگین تر است .

۲) ترافیک

۳) سطح اطمینان (R)

باید سطحی از اطمینان می توان به عملکرد روسازی در طول عمر خود مطمئن بود .

۴) انحراف معیار (S₀)

ناشی از عواملی نظیر ترافیک پیش بینی نشده ، خواص مصالح و ...

نوع راه	قابلیت اطمینان
آزادراه	80 - 95
راه اصلی	75 - 95
راه فرعی درجه 1	70 - 90
راه فرعی درجه 2	50 - 80

در آئین نامه برای راه های اصلی و آزادراه ها

$S_0 = 0.35$ ، $R = 0.9$

۵) شاخص خدمت ... : معرف کیفیت روسازی است :

PSI (Present Serviceability Index)

www.tnar.ir

PSI	کیفیت روسازی
0-1	خیلی بد
1-2	بد
2-3	قابل قبول
3-4	خوب
4-5	عالی

← روش‌های تعیین PSI

• با روش میدانی و امتیازدهی

چند نفر ناظر انتخاب شده و از روی آن عبور می‌کنند و امتیازدهی می‌کنند. سپس این مقادیر PSI را مشخص می‌کنند.

• استفاده از رابطه

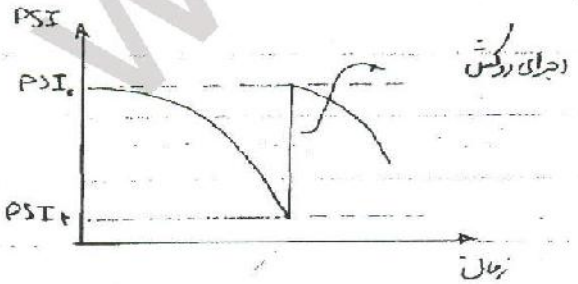
$$PSI = 5.03 - 1.9 \log(1+SV) - 0.1\sqrt{\frac{C}{0.3}+\frac{P}{0.09}} - 1.38\left(\frac{\overline{RD}}{2.5}\right)^2$$

SV : میزان ناهمواری سطح روسازی (تغییر شیب)

C : میزان ترک های هم سطح رو سازی برحسب فوت در هر 1000 فوت مربع

P : میزان لکه گیری ها و تعمیرات برحسب m^2 در هر 100 فوت مربع

$\overline{RD}$: مقدار متوسط گودی رشیار چرخ ها (در هر دو مسیر چرخ) برحسب cm



$\Delta PSI = PSI_0 - PSI_1$

شاخص ضعف اولیه 4.2

شاخص ضعف نهایی { راه های اصلی 2.5
راه های فرعی 2.0

www.tmar.ir

۶) مشخصات فنی خاک بستر و مصالح روسازی

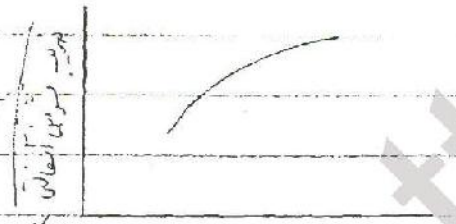
- برای خاک بستر ... M_r ... (ضریب برجهندگی) ... متن الاستیک تعیین می‌شود.

در غیراین صورت CBR تعیین و به M_r تبدیل می‌شود. (جدول 11-3)

نمودار تعیین ضریب لایه‌ای اساس (شکل 11-2)

- برای اساس باتوجه به نوع اساس از شکل مناسب مدول الاستیک تعیین می‌شود.

- برای بتن آسفالتی از آزمایش استاتیک استفاده می‌شود.



مدول الاستیک ($\frac{kg}{cm^2}$ در 20 درجه سانتی‌گراد)

• تعیین عدد سازه‌ای روسازی (SN) ... (با مشخصات لایه‌های روسازی اساس) (a

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

a_1: ضریب لایه اول (بر اساس نوع مقاومت مصالح لایه)
D_2: ضخامت لایه دوم
a_3: ضریب زهکشی لایه سوم
$m_1 = 1$

(چون لایه اول بتن آسفالتی است ... ضریب زهکشی ندارد)

- اگر آزمایش استاندارد انجام شده باشد، آیین‌نامه توصیه می‌کند $a_1 = 0.42$ انتخاب شود.

- ضریب زهکشی لایه‌ها

منظور قابلیت زهکشی لایه‌ها است.

طبقه‌بندی براساس زمان لازم برای کاهش رطوبت از حالت اشباع به 50٪ رطوبت حالت اشباع است. (جدول 11-9 : طبقه‌بندی مصالح از نظر خاصیت زهکشی)

www.ttnar.ir

ناحیه بندی کشور و ترافیک محاسباتی

جدول 11-5 ← ضرایب اصلاحی m_i برای قشرهای اساس و زیراساس

(برای اساس دیواری با بارندگی سالانه تعیین می‌شود.)

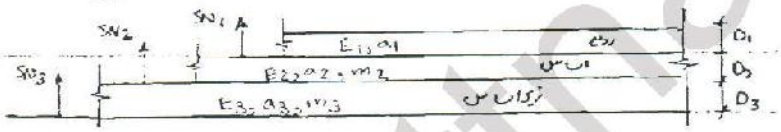
گام اصلی طراحی روش AASHTO

ابتدا ضریب قابلیت اعتماد و انحراف معیار را مشخص کرده و دو تراف به هم وصل می‌کنیم

(اگر اطلاعات لازم در دست نبود $R = 95\%$ ، $S = 0.35$)

سپس به خط سمت اول می‌رسیم. سپس نقطه جدید را به تعداد کل محور ساده 82 تن هم اور وصل کرده و به خط سمت دوم می‌رسیم و آن را به ضریب برجندگی یا مدول الاستیک لایه وصل می‌کنیم.

و با استفاده از شروع و توافق دولت ... می‌کنیم که طرح ضخامت در سیستم سپس به پایین ترک را به ضخامت لایه



برای SN_1 ← مدول الاستیک اساس

برای SN_2 ← مدول الاستیک زیراساس

برای SN_3 ← ضریب برجندگی خاک بستر

طراحی را باید به گونه‌ای کنیم

$$\bar{D}_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} \times 2.5$$

کم از نظر سازه‌ای جواب دهد

$$\bar{D}_2 \geq \frac{SN_2 - a_1\bar{D}_1/2.5}{a_2 m_2} \times 2.5$$

و هم از نظر اقتصادی.

$$\bar{D}_3 \geq \frac{SN_3 - \frac{a_1\bar{D}_1 + a_2 m_2 \bar{D}_2}{2.5}}{a_3 m_3} \times 2.5$$

بعد از طراحی باید محدودیت‌های اجرایی را کنترل کنیم

محدودیت‌های اجرایی ← جدول 11-6

www.tinar.ir