

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

# روسازی راه

نشر نوآور

مؤلفان:

دکتر محمود رضا کی منش

عضو هیأت علمی دانشگاه پیام نور

مهندس فاضل فصیحی

دانش پژوه دکتری دانشگاه پیام نور



سرشناسه	کی‌منش، محمودرضا، ۱۳۳۸ -
عنوان و نام پدیدآور	روسازی راه
مشخصات نشر	تهران : نوآور، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	ص. ۲۸۰.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۲۳۹-۱
وضعیت فهرست نویسی	فیبای مختصر
یادداشت	فهرست‌نویسی کامل این اثر در نشانی: <a href="http://opac.nlai.ir">http://opac.nlai.ir</a> قابل دسترسی است.
یادداشت	کتابنامه.
شناسه افزوده	فصیحی، فاضل، <i>fazeli</i> ، <i>fasihi</i> ، ۱۳۶۵، مولف
شماره کتابشناسی ملی	۳۷۸۰۷۸۹ :

## روسازی راه

دکتر محمودرضا کی‌منش، مهندس فاضل فصیحی

نوآور

نسخه ۱۰۰۰

محمدرضا نصیرنیا

۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۲۳۹-۱

مؤلفان:

ناشر:

شمارگان:

مدیر تولید:

نوبت چاپ:

شابک:



### مرکز پخش:

نوآور: تهران - خ انقلاب، خ فخررازی، خ شهدای ژاندارمری نرسیده به خ دانشگاه ساختمان ایرانیان،

پلاک ۵۸، طبقه دوم، واحد ۶

تلفن: ۹۲ - ۶۶۴۸۴۱۹۱

[www.noavarpub.com](http://www.noavarpub.com)

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان مصوب سال ۱۳۴۸ برای ناشر محفوظ و منحصرأ متعلق به نشر نوآور می‌باشد. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب (از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، عکس برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی دی، دی وی دی، فیلم فایل صوتی یا تصویری و غیره) بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع بوده و شرعاً حرام است و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

## فهرست مطالب

- فصل اول: تعریف روسازی
- ۱-۱- مقدمه
  - ۲-۱- تاریخچه روسازی
  - ۳-۱- نقش روسازی‌ها
  - ۴-۱- انواع روسازی‌ها
  - ۱-۴-۱- روسازی انعطاف‌پذیر (آسفالتی)
  - ۲-۴-۱- روسازی‌های نیمه سخت
  - ۳-۴-۱- روسازی سخت (بتنی یا بتن سیمانی)
  - ۴-۴-۱- روسازی مختلط
  - ۵-۱- عوامل مؤثر در طرح روسازی‌ها
  - ۱-۵-۱- خاک بستر روسازی
  - ۲-۵-۱- خصوصیات لایه‌های روسازی
  - ۳-۵-۱- شرایط جوی
  - ۴-۵-۱- شرایط هندسی
  - ۵-۵-۱- ترافیک عبوری
  - ۶-۵-۱- عمر طرح
  - ۷-۵-۱- هزینه طرح
- فصل دوم: مصالح روسازی
- ۱-۲- مقدمه
  - ۲-۲- مشخصات انواع لایه‌های روسازی
  - ۱-۲-۲- خاک بستر
  - ۱-۱-۲-۲- دانه‌بندی خاک بستر
  - ۲-۱-۲-۲- خاصیت خمیری خاک
  - ۳-۱-۲-۲- تعیین نوع خاک بستر
  - ۱-۳-۱-۲-۲- روش آشتو
  - ۲-۳-۱-۲-۲- روش متحد یا یونیفاید
  - ۳-۳-۱-۲-۲- روش BCEOM
  - ۴-۱-۲-۲- مقاومت خاک بستر روسازی راه
  - ۱-۴-۱-۲-۲- نمونه‌گیری برای تعیین ضریب برجهنگی یا CBR آزمایشگاهی
  - ۵-۱-۲-۲- عوامل مؤثر بر میزان حداکثر تراکم
  - ۱-۵-۱-۲-۲- میزان رطوبت بهینه
  - ۲-۵-۱-۲-۲- انرژی تراکم
  - ۲-۲-۲- زیراساس
  - ۱-۲-۲-۲- انواع زیراساس
  - ۳-۲-۲- اساس
  - ۱-۳-۲-۲- انواع اساس
  - ۳-۲- تثبیت شده
  - ۱-۳-۲- تثبیت خاک و مصالح دانه‌ای با آهک
  - ۲-۳-۲- تثبیت خاک و مصالح شنی با سیمان پرتلند
  - ۳-۳-۲- تثبیت خاک و مصالح شنی با قیر



۲-۳-۴- تثبیت خاک‌ها با ترکیبی از مواد تثبیت‌کننده

۲-۴-۴- قیر

۲-۴-۱- منابع تهیه قیر

۲-۴-۱-۱- قیرهای طبیعی

۲-۴-۱-۱-۱- قیر سنگ‌ها

۲-۴-۱-۱-۲- قیرهای دریاچه‌ای

۲-۴-۱-۲- قیرهای نفتی

۲-۴-۲- ساختمان شیمیایی قیر

۲-۴-۳- انواع قیر مصرفی در روسازی

۲-۴-۱-۳- قیرهای خالص

۲-۴-۳-۲- قیرهای دمیده

۲-۴-۳-۳- قیرهای محلول

۲-۴-۳-۴- قیرابه‌ها (امولسیون قیر)

۲-۴-۴- انتخاب نوع قیر

۲-۴-۵- افزودنی‌های قیر

۲-۴-۶- آزمایشات قیر

۲-۴-۱-۶- آزمایش‌های قیر خالص

۲-۴-۱-۶-۴- آزمایش درجه نفوذ

۲-۴-۱-۶-۲- آزمایش کندروانی

۲-۴-۱-۶-۳- آزمایش درجه اشتعال

۲-۴-۱-۶-۴- افت وزنی قیر در اثر حرارت (لعاب نازک)

۲-۴-۱-۶-۵- قابلیت شکل‌پذیری (خاصیت انگمی) قیر

۲-۴-۱-۶-۶- درجه خلوص قیر

۲-۴-۱-۷- وزن مخصوص قیر

۲-۴-۱-۸- درجه نرمی قیر

۲-۴-۲-۶- آزمایش‌های قیر محلول

۲-۴-۲-۱- کندروانی قیر

۲-۴-۲-۲- درجه اشتعال قیر

۲-۴-۲-۳- درجه تقطیر

۲-۴-۲-۴- تعیین درصد قیر با درجه نفوذ ۱۰۰

۲-۴-۲-۵- پیاله شناور

۲-۴-۲-۶- تعیین درصد آب

۲-۴-۳-۶- آزمایش‌های امولسیون قیر

۲-۴-۳-۱- کندروانی قیر

۲-۴-۳-۲- نشست قیر

۲-۴-۳-۳- دانه‌بندی قیر

۲-۵- آسفالت

۲-۵-۱- بتن آسفالتی گرم

۲-۵-۲- آسفالت محافظتی

۲-۵-۳- آسفالت سرد

فصل سوم: تأثیر عوامل جوی در طرح روسازی‌ها

۳-۱- مقدمه

۳-۲- یخبندان

۳-۱-۲- خاک حساس در برابر یخبندان

۳-۲-۲- عمق یخبندان



- ۳-۲-۱- تعیین شاخص برودت (FI)
- ۳-۲-۲- ضریب حرارت حجمی (c)
- ۳-۲-۳- ضریب تصحیح (λ)
- ۳-۲-۴- تعیین ضریب هدایت حرارتی (K)
- ۳-۲-۵- تعیین گرمای نهان ذوب (L)
- ۳-۳- کاربرد لایه‌های جداگر و قطع‌کننده‌های موئینگی
- ۳-۳-۱- آب در روسازی
- ۳-۳-۲- بارندگی
- ۳-۳-۳- رطوبت خاک بستر
- ۳-۳-۴- فصل چهارم: بارگذاری
- ۴-۱- مقدمه
- ۴-۲- بارگذاری روسازی‌ها
- ۴-۲-۱- حجم ترافیک
- ۴-۲-۲- نوع وسایل نقلیه، نوع محور و وزن آنها
- ۴-۲-۳- رشد سالانه انواع وسایل نقلیه
- ۴-۲-۴- محور هم ارز
- ۴-۲-۵- محاسبه تعداد کل محور هم ارز عبوری در دوره طرح
- ۴-۲-۶- تعیین ضریب رشد ترافیک
- ۴-۲-۷- توزیع ترافیک در خط طرح
- ۴-۲-۸- توزیع ترافیک در شانه‌های راه
- ۴-۳- مدل‌های رفتاری مصالح
- ۴-۳-۱- مصالح الاستیک (خطی)
- ۴-۳-۲- مصالح غیر خطی
- ۴-۳-۳- مصالح ویسکوز
- ۴-۳-۴- مصالح غیرخطی (پلاستیک)
- ۴-۴- توزیع تنش و کرنش در روسازی‌ها
- ۴-۴-۱- تحلیل روسازی‌های انعطاف‌پذیر
- ۴-۴-۱-۱- تئوری سیستم‌های چند لایه‌ای
- ۴-۴-۱-۲- سیستم یک لایه‌ای
- ۴-۴-۱-۳- سیستم دو لایه‌ای
- ۴-۴-۱-۴- سیستم سه لایه‌ای
- ۴-۴-۲- تحلیل روسازی‌های صلب راه‌ها
- ۴-۴-۲-۱- انواع روش‌های تحلیل روسازی‌های صلب
- ۴-۴-۲-۲- مدول عکس‌العمل خاک بستر
- ۴-۴-۲-۳- سختی دال‌های بتنی
- ۴-۴-۲-۴- تنش در روسازی‌های بتنی غیر مسلح
- ۴-۴-۲-۵- تنش تابیدگی
- ۴-۴-۲-۶- تنش‌های ناشی از اصطکاک
- ۴-۴-۲-۷- تنش‌ها در روسازی‌های مسلح
- ۴-۴-۲-۸- آرماتورهای حرارتی
- ۴-۴-۲-۹- تنش در میلگرد اتصال
- ۴-۴-۲-۱۰- عملکرد گروهی میلگرد اتصال
- ۴-۴-۲-۱۱- انتقال بار در محل درزها
- ۴-۴-۲-۱۲- مقدار تنش مجاز تکیه‌گاهی
- ۴-۴-۲-۱۳- میلگردهای دوخت (داول بارها)

۶۶۴۸۴۱۹۱



- ۴-۲-۴-۶- تنش‌های ناشی از بارگذاری
- ۴-۲-۴-۷- تنش‌های ترکیبی
- فصل پنجم: روش‌های متداول طرح روسازی شنی و آسفالتی
- ۵-۱- مقدمه
- ۵-۲- روش تجربی اشتو
- ۵-۲-۱- روش طرح
- ۵-۲-۲- عوامل مؤثر در طراحی
- ۵-۲-۲-۱- عمر روسازی
- ۵-۲-۲-۲- ترافیک
- ۵-۲-۲-۳- سطح قابلیت اطمینان و انحراف معیار
- ۵-۲-۲-۴- عوامل جوی و آب و هوایی
- ۵-۲-۲-۵- تأثیر رطوبت
- ۵-۲-۲-۶- تأثیر یخبندان
- ۵-۲-۲-۷- نشانه خدمت‌دهی و عملکرد روسازی
- ۵-۲-۲-۸- مشخصات فنی مصالح
- ۵-۲-۲-۹- خاک بستر
- ۵-۲-۲-۱۰- مصالح زیر اساس
- ۵-۲-۲-۱۱- مصالح اساس شکسته
- ۵-۲-۲-۱۲- مصالح اساس قیری
- ۵-۲-۲-۱۳- بتن آسفالتی آستر و رویه
- ۵-۲-۲-۱۴- عدد سازه‌های روسازی
- ۵-۲-۲-۱۵- ضرایب زهکشی لایه‌های روسازی
- ۵-۲-۳- محاسبه ضخامت لایه‌های روسازی
- ۵-۳-۱- طرح اقتصادی
- ۵-۳-۲- مراحل گام به گام طراحی روسازی راه به روش اشتو
- ۵-۳-۳- روش انسیتیتو آسفالت
- ۵-۳-۴- تبدیل ترافیک عبوری به محور هم ارز
- ۵-۳-۵- ارزیابی مصالح
- ۵-۳-۶- تراکم بستر روسازی
- ۵-۳-۷- محاسبه ضخامت روسازی
- فصل ششم: روسازی‌های بتنی راه
- ۶-۱- مقدمه
- ۶-۲- تاریخچه روسازی‌های صلب
- ۶-۳- انواع روسازی‌های بتنی
- ۶-۳-۱- روسازی غیر مسلح درزدار (JPCP)
- ۶-۳-۲- روسازی بتنی مسلح درزدار (JRCP)
- ۶-۳-۳- روسازی بتنی مسلح پیوسته (CRCP)
- ۶-۳-۴- روسازی بتنی پیش تنیده (PCP)
- ۶-۴- لایه‌ها در روسازی صلب
- ۶-۴-۱- لایه اساس
- ۶-۴-۱-۱- دلایل استفاده از لایه اساس در روسازی بتنی
- ۶-۴-۱-۱-۱- کنترل پمپینگ
- ۶-۴-۱-۱-۲- کنترل یخ‌زدگی
- ۶-۴-۱-۱-۳- بهبود زهکشی
- ۶-۴-۱-۱-۴- کنترل انقباض و تورم



۶-۴-۱-۱-۵- سهولت و تسریع در عملیات ساخت

۶-۵- انواع درزها در روسازی

۶-۵-۱- درز انقباض

۶-۵-۲- درز انبساط

۶-۵-۳- درز اجرایی

۶-۵-۴- درزهای مفصلی و تاشو

۶-۶- مقایسه روسازی صلب و انعطاف‌پذیر

۶-۷- کاربرد روسازی‌های بتنی

۶-۸- انتخاب نوع روسازی بتنی (مسلح و یا غیر مسلح)

۶-۹- طراحی ضخامت روسازی بتنی

۶-۹-۱- پارامترهای طراحی

۶-۹-۱-۱- دوره طرح

۶-۹-۱-۲- ترافیک

۶-۹-۱-۲-۱- ضریب رشد ترافیک

۶-۹-۱-۲-۲- ضریب توزیع خط

۶-۹-۱-۳- مدول گسیختگی بتن

۶-۹-۱-۴- مقاومت باربری بستر و زیراساس

۶-۹-۱-۵- ضرایب ایمنی بار

۶-۹-۲- طراحی بر مبنای روش آشتو

۶-۹-۲-۱- مدول عکس‌العمل بستر

۶-۹-۲-۲- خرابی نسبی

۶-۹-۲-۳- معادلات طراحی

۶-۹-۲-۳-۱- بدون زیراساس

۶-۹-۲-۳-۲- با زیراساس

۶-۹-۳-۲-۳- با زیراساس صلب (پی صلب) در عمق کم

فصل هفتم: بررسی و ارزیابی خرابی روسازی راه‌ها

بررسی و ارزیابی خرابی روسازی راه‌ها

۷-۱- مقدمه

۷-۲- انواع خرابی‌های روسازی

۷-۲-۱- برآمدگی و فرو رفتگی

۷-۲-۲- پایین افتادگی شانه (نسبت به سواره رو)

۷-۲-۳- ترک خوردگی انعکاسی درز (ناشی از دال‌های طولی و عرضی بتن سیمانی)

۷-۲-۴- ترک خوردگی پوست سوسماری

۷-۲-۵- ترک خوردگی موزاییکی (بلوکی)

۷-۲-۶- ترک خوردگی طولی و عرضی (به‌جز ترک‌های منعکس شده از درز دال‌های بتن سیمانی)

۷-۲-۷- ترک خوردگی لبه

۷-۲-۸- ترک خوردگی لغزشی (هلالی)

۷-۲-۹- نشست موضعی

۷-۲-۱۰- تورم

۷-۲-۱۱- چاله

۷-۲-۱۲- شیار یا گودافتادگی در مسیر عبور چرخ‌ها

۷-۲-۱۳- صیقلی شدن دانه‌ها

۷-۲-۱۴- کنار رفتگی (فتیله شدن)

۷-۲-۱۵- قیرزدگی (رو زدن قیر)

۷-۲-۱۶- موج ز

## ۸ / روسازی راه

۷-۲-۱۷- وصله و کنده کاری

۷-۲-۱۸- شن زدگی

۷-۲-۱۹- پمپاژ یا رو زدن آب

۷-۲-۲۰- لکه گیری

فصل هشتم: نگهداری روسازی‌های شنی و آسفالتی و روش‌های مرمت و تقویت آنها

۸-۱- مقدمه

۸-۲- روش‌های ترمیم و نگهداری روسازی آسفالتی

۸-۲-۱- ترمیم و نگهداری موضعی

۸-۲-۱-۱- وصله کاری موضعی

۸-۲-۱-۲- پر کردن (آب‌بندی) ترک‌ها

۸-۲-۲- ترمیم و نگهداری فراگیر

۸-۲-۲-۱- اندود آب‌بندی بدون مصالح سنگی

۸-۲-۲-۲- جوانسازها

۸-۲-۲-۳- اندود آب‌بندی با اسلاری (دوغاب آب‌بندی)

۸-۲-۲-۴- روکاری با مصالح سنگی (آسفالت سطحی)

۸-۲-۳- ترمیم و نگهداری اساسی

۸-۲-۳-۱- آسیاب سرد

۸-۲-۳-۲- بازیافت سرد

۸-۲-۳-۳- بازیافت گرم

۸-۲-۳-۴- روکش بتن آسفالتی

۸-۲-۳-۵- روکش بتن سیمانی

۸-۲-۳-۶- بازسازی روسازی

۸-۳- اساس انتخاب گزینه کاملاً مطلوب

فصل نهم: روش‌های متداول طرح روکش

۹-۱- مقدمه

۹-۲- انواع روکش‌ها

۹-۳- روش‌های طراحی روکش

۹-۳-۱- طرح روکش آسفالتی بر رویه‌های آسفالتی

۹-۳-۱-۱- جمع آوری اطلاعات روسازی موجود

۹-۳-۱-۲- مطالعات ترافیک

۹-۳-۱-۳- بررسی وضعیت ظاهری روسازی موجود

۹-۳-۱-۴- تقسیم‌بندی پروژه

۹-۳-۱-۵- عدد سازه‌ای مؤثر روسازی (SNeff)

۹-۳-۱-۵-۱- روش غیرمخرب با استفاده از نتایج حاصل از افت و خیزسنج ضربه‌ای (FWD)

۹-۳-۱-۵-۲- روش ارزیابی لایه‌های روسازی موجود

۹-۳-۱-۶- تعیین عدد سازه‌ای کل روسازی (SNF)

۹-۳-۱-۷- تعیین ضخامت روکش (SNOL)

۹-۳-۲- طرح روکش آسفالتی بر روسازی بتنی

فصل دهم: تأثیر عوامل اقتصادی در طرح روسازی‌ها

۱۰-۱- مقدمه

۱۰-۲- جایگاه تحلیل اقتصادی

۱۰-۳- منافع استفاده از تحلیل اقتصادی

۱۰-۴- مبانی اقتصادی

۱۰-۴-۱- حساب سود و هزینه در طول چرخه عمر مفید پروژه

۱۰-۴-۱-۱- نرخ تورم





- ۱۰-۴-۱-۲- زمان انطباق با تورم
- ۱۰-۴-۱-۳- نرخ تنزیل
- ۱۰-۵-۱- انواع روش‌های آنالیز اقتصادی
- ۱۰-۵-۱-۱- روش هزینه معادل یکنواخت سالیانه
- ۱۰-۵-۱-۲- روش ارزش کنونی
- ۱۰-۵-۱-۳- روش نرخ برگشتی
- ۱۰-۵-۱-۴- روش نسبت سود به هزینه
- ۱۰-۵-۱-۵- روش سودمندی هزینه
- ۱۰-۶-۱- تحلیل هزینه چرخه عمر
- ۱۰-۶-۱-۱- ارزش خالص کنونی
- ۱۰-۶-۱-۲- دوره تحلیل
- ۱۰-۶-۱-۳- ارزش باقیمانده
- فصل یازدهم: اجرای عملیات روسازی راه
  - ۱۱-۱- مقدمه
  - ۱۱-۲- تعاریف
  - ۱۱-۳- آماده‌سازی بستر روسازی راه
    - ۱۱-۳-۱- خاکریزی‌ها
    - ۱۱-۳-۲- خاکبرداری‌ها
    - ۱۱-۳-۳- راه‌های موجود
    - ۱۱-۳-۴- تراکم‌پذیری خاک بستر
    - ۱۱-۳-۵- کنترل سطح بستر روسازی راه
    - ۱۱-۴- اجرای زیر اساس
  - ۱۱-۴-۱- اجرای زیراساس با شن و ماسه طبیعی و یا سنگ شکسته
    - ۱۱-۴-۱-۲- کوبیدن قشر زیراساس
    - ۱۱-۴-۱-۳- کنترل سطح تمام شده
    - ۱۱-۴-۱-۵- اجرای اساس
  - ۱۱-۵-۱- شن و ماسه شکسته و یا سنگ کوهی شکسته
    - ۱۱-۵-۱-۲- اساس ماکادامی
    - ۱۱-۵-۱-۳- کنترل سطح تمام شده
    - ۱۱-۵-۱-۴- محافظت از لایه اساس
    - ۱۱-۶-۱- اجرای رویه
  - ۱۱-۶-۱- رویه‌های آسفالتی
    - ۱۱-۶-۱-۱- آندودهای نفوذی و سطحی
      - ۱۱-۶-۱-۱-۱- کنترل دمای پخش
      - ۱۱-۶-۱-۱-۲- میزان پخش قیر
      - ۱۱-۶-۱-۱-۳- محدودیت‌های فصلی
      - ۱۱-۶-۱-۱-۴- آماده کردن سطح راه
      - ۱۱-۶-۱-۱-۵- پخش قیر
      - ۱۱-۶-۱-۱-۶- کنترل وسایل نقلیه
    - ۱۱-۶-۱-۲- اجرای آسفالت‌های حفاظتی
      - ۱۱-۶-۱-۲-۱- آماده کردن سطح راه
      - ۱۱-۶-۱-۲-۲- راه‌های شنی
      - ۱۱-۶-۱-۲-۳- راه‌های آسفالتی
      - ۱۱-۶-۱-۲-۴- قیرپاشی
      - ۱۱-۶-۱-۲-۵- پخش و کوبیدن سنگدانه‌ها

۶۶۴۸۴۱۹۱-۲

- ۱۱-۶-۲-۱-۶-۱۱- محدودیت‌های فصلی
- ۱۱-۶-۲-۱-۶-۱۱- کنترل ترافیک
- ۱۱-۶-۳-۱-۶-۱۱- آسفالت گرم
- ۱۱-۶-۳-۱-۶-۱۱- کوبیدن آسفالت
- ۱۱-۶-۳-۱-۶-۱۱- کنترل یکنواختی رقوم و سطح آسفالت کوبیده شده
- ۱۱-۷-۱-۱- تراکم لایه‌ها
- ۱۱-۷-۱-۱- عوامل مؤثر بر تعیین درصد تراکم
- ۱۱-۷-۲-۱- انواع ماشین‌آلات تراکم
- ۱۱-۷-۲-۱-۱- غلتک‌های چرخ فولادی
- ۱۱-۷-۲-۲-۱- غلتک‌های چرخ لاستیکی
- ۱۱-۷-۲-۳-۱- غلتک‌های پاچه بزی
- ۱۱-۷-۲-۴-۱- غلتک‌های لرزنده
- ۱۱-۷-۲-۵-۱- تخماق‌های دستی
- ۱۱-۸-۱- ژئوستنتیک در راهسازی
- فصل دوازدهم: روسازی فرودگاه
- ۱۲-۱- مقدمه
- ۱۲-۲- بخش‌های مختلف فرودگاه
- ۱۲-۲-۱- باندها
- ۱۲-۲-۱-۱- باندهای خزش
- ۱۲-۲-۱-۲- طرح و شکل باندهای پرواز
- ۱۲-۲-۲- تاکسی‌وی
- ۱۲-۳- انواع روسازی‌ها
- ۱۲-۴- لایه‌های روسازی
- ۱۲-۵- تغییرات ضخامت روسازی در نواحی مختلف فرودگاه
- ۱۲-۶- شناسایی خاک
- ۱۲-۷- پارامترهای مؤثر در طراحی
- ۱۲-۷-۱- مشخصات هواپیما
- ۱۲-۷-۲- وضعیت حجم ترافیکی
- ۱۲-۷-۳- تعیین هواپیمای مبنای طرح
- پیوست ۱: اصول و روش‌های طرح تثبیت خاک‌ها
- ۱-۱- طرح تثبیت خاک با آهک
- ۱-۱-۱- روش آستو
- ۱-۱-۲- استفاده از آزمایش CBR
- ۱-۱-۳- استفاده از آزمایش مقاومت فشاری
- ۱-۱-۴- استفاده از روش دامنه خمیری
- ۱-۲- طرح تثبیت خاک با سیمان
- ۱-۳- طرح تثبیت خاک با قیر
- ۱-۴- تثبیت خاک‌ها با ترکیبی از مواد تثبیت‌کننده
- ۱-۴-۱- تثبیت خاک‌ها با خاکستر بادی و آهک
- ۱-۴-۲- تثبیت خاک با آهک و سیمان
- ۱-۴-۳- تثبیت خاک با آهک و قیرآبه
- ۱-۴-۴- تثبیت خاک با سیمان و قیرآبه
- پیوست ۲: ضوابط تحلیل روسازی‌ها
- ۱-۲- نحوه محاسبه نرخ رشد
- ۲-۲- محاسبه ضرایب تبدیل هم ارزی

۶۶۴۸۴۱۹۱



- پ ۲-۳- نمودارهای تحلیل روسازی‌های آسفالتی در روش یک لایه  
پ ۲-۳-۱- نمودارهای تحلیل روسازی‌های آسفالتی در روش یک لایه  
پ ۲-۳-۲- نمودارهای تحلیل روسازی‌های آسفالتی در روش دو لایه  
پ ۲-۳-۳- نمودارهای تحلیل روسازی‌های آسفالتی در روش سه لایه  
پ ۲-۴- نمودارهای تحلیل روسازی‌های بتنی  
پ ۲-۴-۱- نمودارهای تنش  
پیوست ۳: ضوابط طراحی روسازی آسفالتی راه‌ها  
پ ۱-۳- کاهش نشانه خدمت دهی حاصل از تورم خاک‌های تورم زا  
پ ۲-۳- تعیین کاهش نشانه خدمت دهی حاصل از بالا آمدگی ناشی از یخبندان  
پ ۳-۳- نمودارهای طراحی روسازی آسفالتی به روش انیستیتو آسفالت  
پیوست ۴: ارزیابی خرابی راه‌ها  
پ ۱-۴- ناهمواری روسازی  
پ ۱-۴-۱- روش‌های ارزیابی ناهمواری روسازی  
پ ۱-۴-۱-۱- شاخص IRI  
پ ۱-۴-۱-۲- شاخص ناهمواری نیمه اتومبیل (HRI)  
پ ۱-۴-۱-۳- شاخص کیفیت رانندگی (RQI)  
پ ۲-۴- خرابی‌های سطحی روسازی  
پ ۱-۴-۲- روش‌های ارزیابی وضعیت خرابی‌های سطحی روسازی  
پ ۱-۴-۲-۱- روش درجه‌بندی (PSR)  
پ ۱-۴-۲-۲- شاخص راحتی رانندگی (RCI)  
پ ۱-۴-۲-۳- شاخص خدمت‌دهی فعلی  
پ ۱-۴-۲-۴- درجه وضعیت روسازی (PCR)  
پ ۱-۴-۲-۵- شاخص وضعیت روسازی (PCI)  
پ ۳-۴- ظرفیت باربری سازه‌های روسازی  
پ ۱-۴-۳- روش‌های ارزیابی وضعیت خرابی‌های سازه‌های روسازی  
پ ۱-۴-۳-۱- شاخص وضعیت سازه‌های (SCI)  
پ ۱-۴-۳-۲- شاخص کفایت سازه‌های (SAI)  
پ ۴-۴- تحلیل مقاومت لغزشی سطح روسازی  
پ ۱-۴-۴- ارزیابی وضعیت مقاومت لغزشی سطح روسازی  
پ ۱-۴-۴-۱- ضریب اصطکاک طولی (SN و BFC)  
پ ۱-۴-۴-۲- ضریب اصطکاک جانبی (SFC)  
پ ۱-۴-۴-۳- ارزش مقاومت لغزندگی (SRV)  
پیوست ۵: خصوصیات کارخانه آسفالت گرم  
پ ۱-۵- سرندهای کارخانه آسفالت  
پ ۲-۵- سیلوهای گرم  
پ ۳-۵- زمان اختلاط  
پ ۴-۵- درجه حرارت اختلاط  
پ ۵-۵- کنترل کیفیت مخلوط آسفالتی  
پ ۶-۵- حمل آسفالت  
پ ۷-۵- پخش آسفالت  
فهرست منابع و مراجع

۶۶۴۸۴۱۹۱-۱

## پیشگفتار

روسازی راه یکی از دروس مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری برای رشته مهندسی عمران در مقطع کارشناسی می‌باشد. با توجه به اینکه روسازی‌ها جزء سازه‌های زیرساختی هر کشور به حساب می‌آید، شناخت صحیح و اصولی آن می‌تواند باعث درک بهتر رفتار و در نتیجه طرح درست و اصولی گردد. از طرف دیگر طبق برآورد مؤسسات تحقیقاتی دنیا، ۴ تا ۶ درصد هزینه‌های ساخت راه صرف نگهداری آنها می‌گردد که نبود برنامه مدون اقتصادی می‌تواند عامل افزایش شدید این هزینه‌ها شود. ذکر همین دو مورد نشان‌دهنده اهمیت روسازی‌ها به‌عنوان سازه‌های مهم هر کشور می‌تواند کافی باشد.

در تهیه این اثر، با هدف بهبود و رفع مشکلات موجود در بخش شناخت، طراحی و نگهداری روسازی‌ها، چهار بخش کلی شناخت مصالح، رفتار روسازی‌ها (تحلیل و طراحی)، نگهداری و ارزیابی و در نهایت اصول اقتصادی در روسازی‌ها مورد نظر قرار گرفته است، که در هر بخش سعی گردیده تمام مطالب ارائه شده مطابق با آخرین نتایج مطالعات مؤسسات معتبر تحقیقاتی، آئین‌نامه‌های بین‌المللی و آیین‌نامه روسازی ایران (نشریه شماره ۲۳۴ وزارت راه و شهرسازی) که مبنای طراحی و کنترل اجرایی پروژه‌ها در کشورمان است، باشد. نویسندگان امیدوارند این کتاب مورد استقبال دانشجویان قرار گرفته و با ارسال پیشنهادات و انتقادات خود، ما را در بهتر نمودن این اثر یاری رسانند.

محمودرضا کی منش

فاضل فصیحی

تهران - زمستان ۱۳۹۳

نشر نوآور

تلفن: ۲-۶۶۴۸۴۱۹۱



# فصل اول

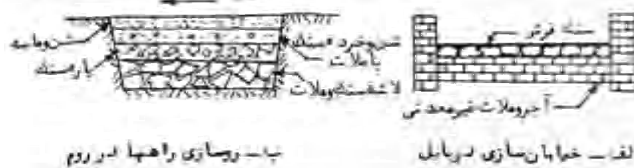
## تعریف روسازی

### ۱-۱- مقدمه

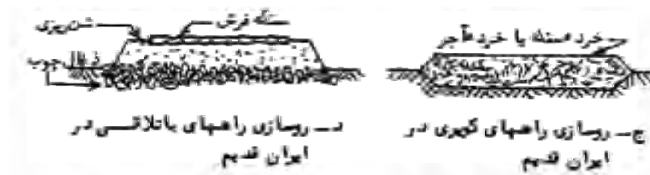
پس از پایان جنگ جهانی دوم و آغاز انقلاب صنعتی، ساخت و تولید خودرو اهمیت بیشتری پیدا نمود، به طوری که تقریباً بخش عمده‌ای از حمل و نقل بار و مسافرین توسط آن انجام گرفته و ساخت راه‌ها با رویه‌های مقاوم در مقابل بار ناشی از چرخ‌ها به تدریج رواج یافت. طبق تعریف مراجع معتبر، روسازی سازه‌ایست که هدف از احداث آن ایجاد یک سطح صاف و هموار دارای قابلیت تحمل بار بدون تغییر شکل زیاد، ترک خوردگی و نیز زهکشی مناسب برای حرکت وسیله نقلیه است. روسازی‌ها دارای انواع مختلفی بوده که انتخاب آنان بسته به شرایط محیطی همچون ترافیک عبوری، شرایط جوی، دسترسی به منابع ساخت و... می‌باشد. در این فصل پس از بررسی اجمالی بر تاریخچه روسازی، به معرفی و بیان انواع روسازی‌های موجود پرداخته شده است.

### ۱-۲- تاریخچه روسازی

با پیدایش راه‌ها و حمل و نقل جاده‌ای، کارشناسان یکی از مهمترین بخش‌های راهسازی را روسازی آن دانسته که برحسب شرایط و موقعیت مسیر، از انواع حالت‌ها استفاده می‌شود. در ابتدا، ساخت رویه در مناطق با زمین‌های سست، آب و هوای مرطوب و تحت تردد بالا ناشی از جابجایی کالا و مسافرین، بیشتر توسعه یافت که با استفاده از مصالح موجود بومی، اقدام به روسازی می‌کردند (شکل (۱-۱)). در ایران به دلیل وجود آب و هوای تقریباً گرم و خشک، راه‌ها بدون روسازی ساخته و اجرای روسازی‌ها محدود به مناطق با خاک سست، نمکزار، آب‌گیر و یا لجنی عبور می‌کرد، می‌شد (شکل (۱-۲)).



شکل (۱-۱) نمونه‌ای از روسازی‌های اولیه



شکل (۲-۱) روسازی‌های ابتدایی در ایران

### ۳-۱- نقش روسازی‌ها

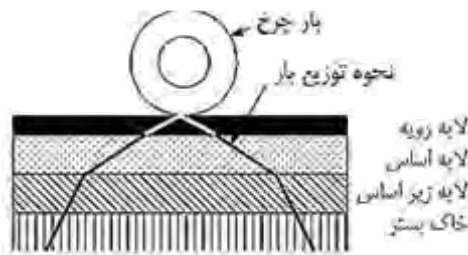
زمین طبیعی (بستر خاکریزی‌های آماده شده راه، کف برش‌های خاکی و یا سنگی) حتی در شرایط کاملاً متراکم و خوب دانه‌بندی شده، مقاومت کافی برای تحمل بارهای مستقیم وارده از چرخ خودرو را نداشته و ممکن است باعث بروز شکست برشی و ایجاد تغییر شکل‌های دائم بیش از اندازه در آنها شود. جهت جلوگیری از این معضل باید از شدت تنش‌های فشاری قائم بر روی خاک تا حد مجاز کاسته شود. این عمل با قرار دادن لایه یا لایه‌هایی از مصالح مرغوب و با مقاومت زیاد بر روی خاک انجام می‌شود که مشخصات این لایه که به روسازی مرسوم است، باید دارای دو عملکرد زیر باشد:

**الف) مقاومت در مقابل تنش:** هر یک از لایه‌ها باید در مقابل تنش‌های وارده، بدون آنکه تغییر شکل بیش از اندازه در آنها به‌وجود آید، مقاومت کند.

**ب) کاهش تنش برای لایه‌های زیرین:** هر یک از لایه‌ها باید شدت تنش‌ها را تا میزان قابل تحمل برای لایه‌ای که در زیر آن قرار گرفته‌اند، کاهش دهد.

پس می‌توان هدف اصلی طرح و اجرای روسازی راه یا فرودگاه را احداث یک سطح صاف و هموار جهت عبور و مرور راحت، سریع، مطمئن، ایمن و بدون گرد و غبار و در عین حال با ایمنی کافی برای استفاده‌کنندگان از آن به‌صورتی که قادر به تحمل وزن وسایل نقلیه عبوری در هر شرایط جوی باشد، دانست.

میزان تنش‌های فشاری قائمی که در اثر بارگذاری در روسازی‌ها به‌وجود می‌آید، در نقاط مختلف متفاوت است. شدت این تنش‌ها در نقاط واقع در زیر سطح بارگذاری حداکثر بوده که با افزایش فاصله آن، از مقدار آن کاسته می‌شود (شکل (۳-۱)). با توجه به این اصل در مواردی که ضخامت روسازی زیاد است؛ می‌توان به منظور اقتصادی‌تر کردن ساختمان روسازی، آنرا از چندین لایه با مقاومت و مرغوبیت‌های متفاوت طرح و اجرا کرد. از طرف دیگر، بدلیل آنکه شدت تنش‌های فشاری وارد بر لایه‌های بالایی روسازی بیشتر است، نحوه قرارگیری لایه‌های روسازی باید به ترتیبی باشد که لایه‌های از جنس مصالح مقاوم‌تر و مرغوب‌تر در بخش‌های بالایی روسازی قرار گرفته و از مصالح با مرغوبیت و مقاومت کمتر در لایه‌های زیرین که میزان تنش‌ها در آنجا کمتر است، استفاده شود. علاوه بر آن، جنس و ضخامت لایه‌های روسازی باید به‌صورتی انتخاب شود که ضمن تحمل تنش‌های وارده، قادر به کاهش شدت آنها تا میزان قابل تحمل برای لایه‌ای که در زیر آن قرار گرفته است، باشد.



شکل (۳-۱) نحوه تنش وارده به لایه‌های روسازی

#### ۴-۱- انواع روسازی‌ها

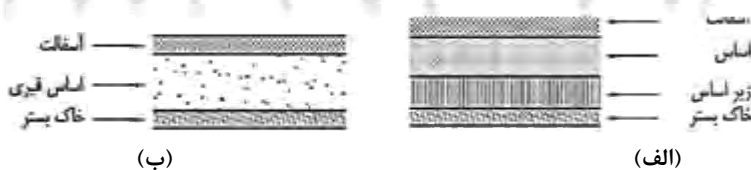
روسازی‌ها، از نظر نوع مصالح مصرفی در قشر رویه به چهار دسته آسفالتی (انعطاف‌پذیر)، نیمه‌سخت، بتنی (سخت)، و مرکب تقسیم می‌شود که در ادامه به تشریح هریک پرداخته شده است.

##### ۱-۴-۱- روسازی انعطاف‌پذیر (آسفالتی)

روسازی‌های انعطاف‌پذیر، تقریباً رایج و قدیمی‌ترین روسازی موجود در راه‌های سراسر جهان بوده که شامل سه لایه رویه، اساس و زیر اساس (لایه‌های مصالح دانه‌ای) و با رویه آسفالتی ساخته می‌شوند. روسازی‌های آسفالتی دارای مقاومت برشی بالا و کششی بسیار کمی بوده و مقاومت و کیفیت خاک بستر روسازی در پایداری روسازی آسفالتی، نقش تعیین‌کننده دارد. در این روسازی‌ها، مصالح مرغوب در بالا که میزان تنش زیاد و مصالح با مرغوبیت کمتر در پایین که شدت تنش کمتر است، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

لایه رویه که در راه‌های با ترافیک زیاد از مخلوط آسفالتی داغ با دانه‌بندی پیوسته (بتن آسفالتی) ساخته می‌شود، باید در مقابل نفوذ آب مقاوم بوده (آب بند)، تحت اثر تغییر شکل‌های ناشی از ترافیک پایدار و سطح سواره رویی صاف و مقاوم در برابر لغزش فراهم سازد. رویه آسفالتی معمولاً به دو لایه رویه (توپکا) و آستر (بیندر) که هریک جداگانه اجرا می‌شود، تقسیم می‌گردد. لایه آستر از مخلوط درشت دانه‌تر و با درصد قیر کمتر در قیاس با لایه رویه تشکیل شده و استفاده از آن موجب اقتصادی شدن طرح می‌گردد.

روسازی تمام آسفالتی نیز، یکی از انواع روسازی‌های انعطاف‌پذیر است که در آن فقط از لایه‌های آسفالتی که مستقیماً روی بستر طبیعی و یا تقویت شده قرار می‌گیرد، استفاده می‌شود. روسازی‌های تمام آسفالت، عمر طولانی داشته و صرفاً برای مناطق مرطوب یا یخبندان زیاد، کاربرد دارد. شکل (۴-۱) و شکل (۵-۱) نمونه‌هایی از این نوع روسازی‌ها را نشان می‌دهد.



شکل (۴-۱) مقطع عرضی روسازی انعطاف‌پذیر در حالت: (الف) معمولی، (ب) تمام آسفالت





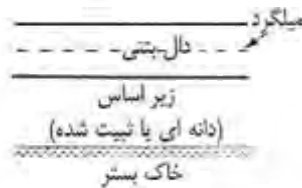
### ۱-۴-۳- روسازی سخت (بتنی یا بتن سیمانی)

روسازی‌های سخت، روسازی‌های با رویه بتنی هستند. در اینگونه روسازی‌ها برخلاف روسازی‌های انعطاف‌پذیر، رویه بتنی در شرایطی که خاک بستر روسازی از کیفیت و مقاومت مطلوبی برخوردار بوده و ترافیک، سنگین و یا خیلی سنگین نباشد؛ مستقیماً یا با واسطه یک و یا دو لایه (مصالح دانه‌ای یا تثبیت شده) بر روی بستر روسازی قرار می‌گیرد.

مقاومت فشاری و کششی روسازی بتنی بالا بوده و بدلیل اینکه، این نوع روسازی‌ها بار ترافیک را، بدون تغییر شکل زیاد صفحه بتنی، در سطح گسترده‌تری نسبت به روسازی‌های آسفالتی به خاک بستر منتقل می‌سازد؛ پس می‌توان بیان نمود مقاومت و کیفیت لایه بتنی عامل تعیین‌کننده توان بارگیری رویه است و تغییرات مقاومتی خاک بستر روسازی، نقش کمتری دارد. (شکل (۶-۱)). البته، دال بتنی رویه به مرور تغییر شکل داده و زیر آن تنش کششی ایجاد می‌شود. در صورتیکه تنش کششی ایجاد از مقاومت کششی بتن زیادتر باشد، بتن ترک می‌خورد. از این رو این گونه روسازی‌ها به صورت مسلح طرح و اجرا می‌گردند. شکل (۷-۱) مقطع عرضی یک نمونه از روسازی بتنی را نشان می‌دهد.



شکل (۶-۱) نحوه انتقال تنش در روسازی‌های آسفالتی و بتنی



شکل (۷-۱) نمونه‌ای از روسازی بتنی

### ۱-۴-۴- روسازی مختلط

روسازی که ترکیبی از دو نوع روسازی سخت و انعطاف‌پذیر باشد، روسازی مختلط نامیده می‌شود. به‌عنوان مثال در روسازی فرودگاه‌ها که با روسازی سخت و بتنی طرح می‌شود، دال بتنی را معمولاً بر روی قشری از آسفالت (معمولاً اساس قیری) قرار می‌دهند و یا این که رویه‌های سخت و یا قابل انعطاف موجود در راه‌ها و فرودگاه‌ها را به هنگام بهسازی و تقویت، برحسب مورد و با توجه به شرایط خاص طرح، به ترتیب با رویه قابل انعطاف و یا سخت، روکش می‌نمایند. در واقع در روسازی‌های مختلط و یا ترکیبی، روسازی از لایه‌های مختلف غیر آسفالتی، آسفالتی و بتنی تشکیل می‌شود.