



روسازی راه

ویرایش سوم

مؤلفان:

دکتر محمود رضا کی منش
عضو هیأت علمی دانشگاه پیام نور
مهندس فاضل فصیحی
دانش پژوه دکتری دانشگاه پیام نور



کی منش، محمودرضا، ۱۳۳۸ -
روسازی راه / مؤلفان محمودرضا کی منش، فاضل فصیحی.
ویراست ۲.
تهران: نوآور، ۱۳۹۵.

۲۳۴ ص.
۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۲۳۹-۱

ص.ع. به انگلیسی: MahmoudReza Keymanesh. Fazel Fasihi. Pavements engineering.
روسازی
Pavements
فصیحی، فاضل، ۱۳۶۵ -
TE۳۵۰/۹۳۹۵
۶۲۵/۸۵
۴۴۴۸۱۱۳

شناسه:
عنوان و نام پدیدآور:
وضعیت ویراست:
مشخصات شعر:
مشخصات ظاهری:
شابک:
یادداشت:
موضوع:
موضوع:
شناسه افزوده:
رده بندی کنگره:
رده بندی دیوبی:
شماره کتابشناسی ملی:

روسازی راه

مؤلفان: دکتر محمودرضا کی منش، مهندس فاضل فصیحی

ناشر: نوآور

شماره گان: ۱۰۰۰ نسخه

مدیر فنی: محمدرضا نصیرنیا

شایبک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۲۳۹-۱



نشرنواور

مرکز پخش:

نوآور: تهران - خانقاب، خ فخر رازی، خ شهدای ژاندارمری نرسیده به
خ دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸، طبقه دوم، واحد ۶
تلفن: ۹۲ - ۶۶۴۸۴۱۹۱
www.noavarpub.com

کلیه حقوق جاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و
مصنفان مصوب سال ۱۳۴۸ برای ناشر محفوظ و منحصرًا متعلق به
نشر نوآور می‌باشد. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از این
کتاب (از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، عکسبرداری، 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

۱۱.....	پیشگفتار.....
۱۲.....	فصل اول: تعریف روسازی
۱۳.....	۱-۱- مقدمه
۱۴.....	۱-۲- تاریخچه روسازی
۱۵.....	۱-۳- نقش روسازی ها
۱۶.....	۱-۴- انواع روسازی ها
۱۷.....	۱-۴-۱- روسازی های انعطاف پذیر (آسفالتی)
۱۸.....	۱-۴-۱-۱- روسازی های نیمه سخت
۱۹.....	۱-۴-۱-۲- روسازی های سخت (بتنی یا بتن سیمانی)
۲۰.....	۱-۴-۱-۳- روسازی مخلط
۲۱.....	۱-۴-۱-۴- عوامل مؤثر در طرح روسازی ها
۲۲.....	۱-۴-۱-۵- خاک بستر روسازی
۲۳.....	۱-۴-۱-۶- خصوصیات لایه های روسازی
۲۴.....	۱-۴-۱-۷- شرایط جوی
۲۵.....	۱-۴-۱-۸- شرایط هندسی
۲۶.....	۱-۴-۱-۹- ترافیک عبوری
۲۷.....	۱-۴-۱-۱۰- عمر طرح
۲۸.....	۱-۴-۱-۱۱- هزینه طرح
۲۹.....	فصل دوم: مصالح روسازی
۳۰.....	۲-۱- مقدمه
۳۱.....	۲-۲- مشخصات انواع لایه های روسازی
۳۲.....	۲-۲-۱- خاک بستر
۳۳.....	۲-۲-۲- زیراساس
۳۴.....	۲-۲-۳- اساس
۳۵.....	۲-۳- مصالح تثبیت شده
۳۶.....	۲-۳-۱- تثبیت خاک و مصالح دانه ای با آهک
۳۷.....	۲-۳-۲- تثبیت خاک و مصالح شنی با سیمان پرتلند
۳۸.....	۲-۳-۳- تثبیت خاک و مصالح شنی با قیر
۳۹.....	۲-۳-۴- تثبیت خاک ها با ترکیبی از مواد تثبیت کننده
۴۰.....	۲-۴- قیر
۴۱.....	۲-۴-۱- منابع تهیه قیر
۴۲.....	۲-۴-۲- ساختمان شیمیایی قیر
۴۳.....	۲-۴-۳- انواع قیر مصرفی در روسازی
۴۴.....	۲-۴-۴- انتخاب نوع قیر
۴۵.....	۲-۵- آسفالت
۴۶.....	۲-۵-۱- بتن آسفالتی گرم
۴۷.....	۲-۵-۲- آسفالت محافظتی
۴۸.....	۲-۵-۳- آسفالت سرد

۴۲	فصل سوم: تأثیر عوامل جوی در طرح روسازی‌ها
۴۲	۱-۳ - مقدمه
۴۲	۲-۳ - یخندهان
۴۳	۱-۲-۳ - خاک‌های حساس در برابر یخندهان
۴۳	۲-۲-۳ - عمق یخندهان
۵۱	۳-۲-۳ - کاربرد لایه‌های جداگر و قطع کننده‌های موینگی
۵۱	۳-۳ - آب در روسازی
۵۱	۱-۳-۳ - بارندگی
۵۲	۲-۳-۳ - رطوبت خاک بستر
۵۳	فصل چهارم: بارگذاری در روسازی‌های انعطاف پذیر
۵۳	۱-۴ - مقدمه
۵۳	۲-۴ - بارگذاری روسازی‌ها
۵۳	۱-۲-۴ - حجم ترافیک.
۵۴	۲-۲-۴ - نوع وسایل نقلیه، نوع محور و وزن آنها
۵۴	۳-۲-۴ - رشد سالانه انواع وسایل نقلیه
۵۵	۴-۲-۴ - محور هم ارز
۵۵	۵-۲-۴ - محاسبه تعداد کل محور هم ارز عبوری در دوره طرح
۵۸	۳-۴ - مدل‌های رفتاری مصالح
۵۹	۱-۳-۴ - مصالح الاستیک (خطی)
۵۹	۲-۳-۴ - مصالح غیرخطی
۶۱	۳-۳-۴ - مصالح ویسکوز
۶۰	۴-۳-۴ - مصالح غیرخطی (پلاستیک).
۶۰	۴-۴ - توزیع تنش و کرنش در روسازی‌ها
۶۱	۱-۴-۴ - تحلیل روسازی‌های انعطاف‌پذیر
۷۰	فصل پنجم: طراحی روسازی
۷۰	۱-۵ - مقدمه
۷۰	۲-۵ - روش تجربی اشتو
۷۰	۱-۲-۵ - روش طرح
۷۱	۲-۲-۵ - عوامل مؤثر در طراحی
۸۲	۳-۲-۵ - محاسبه ضخامت لایه‌های روسازی
۸۸	فصل ششم: طرح روکش
۸۸	۱-۶ - مقدمه
۸۸	۲-۶ - انواع روکش‌ها
۸۹	۳-۶ - روش‌های طراحی روکش
۹۰	۱-۳-۶ - فرآیند طرح روکش
۹۱	۴-۶ - طراحی روکش آسفالتی به روش آشتو
۹۲	۱-۴-۶ - محاسبه ضرب برجهندگی موثر بستر روسازی (MR)



۹۵.....	- تعیین عدد سازه‌ای کل روسازی (SNF).....	۶-۴-۲
۹۵.....	- تعیین ضخامت روکش (SNOL).....	۶-۴-۳
فصل هفتم: ارزیابی خرابی روسازی راهها		
۹۸.....	- مقدمه.....	۷-۱
۹۸.....	- انواع خرابی‌های روسازی.....	۷-۲
۹۸.....	- برآمدگی و فرورفتگی.....	۷-۲-۱
۹۹.....	- پایین افتادگی شانه (نسبت به سواره‌رو).....	۷-۲-۲
۱۰۰.....	- ترک خودگی انعکاسی درز (ناشی از دال‌های طولی و عرضی بتن سیمانی).....	۷-۲-۳
۱۰۱.....	- ترک خودگی پوست سوسماری.....	۷-۲-۴
۱۰۱.....	- ترک خودگی موزاییکی (بلوکی).....	۷-۲-۵
۱۰۲.....	- ترک خودگی طولی و عرضی (به جز ترک‌های منعکس شده از درز دال‌های بتن سیمانی).....	۷-۲-۶
۱۰۳.....	- ترک خودگی لبه.....	۷-۲-۷
۱۰۳.....	- ترک خودگی لغزشی (هلالی).....	۷-۲-۸
۱۰۴.....	- نشست موضعی.....	۷-۲-۹
۱۰۴.....	- تورم.....	۷-۲-۱۰
۱۰۴.....	- چاله.....	۷-۲-۱۱
۱۰۴.....	- شیار یا گودافتدگی در مسیر عبور چرخها.....	۷-۲-۱۲
۱۰۵.....	- صیقلی شدن سنگدانه‌ها.....	۷-۲-۱۳
۱۰۶.....	- کنار رفتگی (فتیله شدن).....	۷-۲-۱۴
۱۰۶.....	- قیرزدگی (دو زدن قیر).....	۷-۲-۱۵
۱۰۷.....	- موج‌زدگی.....	۷-۲-۱۶
۱۰۷.....	- وصله و کنده‌کاری.....	۷-۲-۱۷
۱۰۸.....	- شن‌زدگی.....	۷-۲-۱۸
۱۰۸.....	- پمپاژ یا رو زدن آب.....	۷-۲-۱۹
۱۰۹.....	- لکه‌گیری	۷-۲-۲۰
فصل هشتم: نگهداری روسازی و روش‌های مرمت		
۱۱۰.....	- مقدمه.....	۸-۱
۱۱۰.....	- روش‌های ترمیم و نگهداری روسازی آسفالتی.....	۸-۲
۱۱۰.....	- ترمیم و نگهداری موضعی.....	۸-۲-۱
۱۱۱.....	- ترمیم و نگهداری فراگیر.....	۸-۲-۲
۱۱۳.....	- ترمیم و نگهداری اساسی.....	۸-۲-۳
۱۱۵.....	- انتخاب راهکار کاملاً مطلوب.....	۸-۳
فصل نهم: اجرای عملیات روسازی راه		
۱۱۶.....	- مقدمه.....	۹-۱
۱۱۶.....	- تعاریف.....	۹-۲
۱۱۶.....	- بستر راه.....	۹-۳
۱۱۷.....	- خاکریزی‌ها.....	۹-۳-۱

۱۱۷.....	- خاکبرداری‌ها.....	۲-۳-۹
۱۱۷.....	- راه‌های موجود	۳-۳-۹
۱۱۸.....	- تراکم‌پذیری خاک بستر	۴-۳-۹
۱۱۸.....	- کنترل سطح بستر روسازی راه	۵-۳-۹
۱۱۸.....	- اجرای زیراساس	۴-۹
۱۱۸.....	- با شن و ماسه طبیعی یا سنگ شکسته	۱-۴-۹
۱۱۹.....	- کوبیدن قشر زیراساس	۲-۴-۹
۱۱۹.....	- کنترل سطح تمام شده	۳-۴-۹
۱۱۹.....	- اجرای اساس	۵-۹
۱۱۹.....	- سنگ کوهی شکسته	۱-۵-۹
۱۲۰.....	- اساس ماکadamی	۲-۵-۹
۱۲۱.....	- کنترل سطح تمام شده	۳-۵-۹
۱۲۱.....	- محافظت از لایه اساس	۴-۵-۹
۱۲۱.....	- تراکم لایه‌ها	۶-۹
۱۲۱.....	- عوامل مؤثر بر تعیین درصد تراکم	۱-۶-۹
۱۲۱.....	- انواع ماشین آلات تراکم	۲-۶-۹
۱۲۴.....	- اجرای رویه	۷-۹
۱۲۴.....	- رویه‌های آسفالتی	۱-۷-۹
۱۳۱.....	- ژئوستیک در راهسازی	۸-۹

فصل دهم: کنترل کیفیت روسازی

۱۳۳.....	- مقدمه.....	۱-۱۰
۱۳۳.....	- آزمایشات قیر	۲-۱۰
۱۳۳.....	- آزمایش‌های قیر خالص	۱-۲-۱۰
۱۳۹.....	- آزمایش‌های قیر محلول	۲-۲-۱۰
۱۴۱.....	- آزمایش‌های امولسیون قیر	۳-۲-۱۰
۱۴۱.....	- ساخت آسفالت	۳-۱۰
۱۴۱.....	- مقدمه.....	۱-۳-۱۰
۱۴۱.....	- کارگاه تولید آسفالت	۲-۳-۱۰
۱۴۵.....	- استانداردهای کارخانه‌ای آسفالت	۳-۳-۱۰
۱۴۷.....	- آزمایش‌های غیرمخرب جهت ارزیابی روسازی‌ها	۴-۱۰
۱۴۸.....	- افت و خیز سنج‌ها	۱-۴-۱۰
۱۵۲.....	- تعیین دانسیته روسازی	۲-۴-۱۰
۱۵۳.....	- تعیین ضخامت لایه توسط دستگاه رادار نفوذی زمین (GPR)	۳-۴-۱۰
۱۵۴.....	- تعیین سختی لایه‌ها	۴-۴-۱۰
۱۵۵.....	- تعیین ناهمواری	۵-۴-۱۰

فصل یازدهم: روسازی‌های بتنی راه

۱۵۷.....	- مقدمه.....	۱-۱۱
۱۵۷.....	- تاریخچه روسازی‌های صلب	۲-۱۱



۱۵۷	- انواع روسازی‌های بتنی ۳-۱۱
۱۵۸	- ۱- روسازی غیر مسلح درزدار (JPCTP) ۳-۱۱
۱۵۹	- ۲- روسازی بتنی مسلح درزدار (JRCP) ۲-۳-۱۱
۱۶۰	- ۳- روسازی بتنی مسلح پیوسته (CRCP) ۳-۳-۱۱
۱۶۰	- ۴- روسازی بتنی پیش‌تنیده (PCP) ۴-۳-۱۱
۱۶۱	- لایه‌ها در روسازی صلب ۴-۱۱
۱۶۱	- ۱- لایه اساس ۴-۱۱
۱۶۲	- ۲- انواع درزها در روسازی ۵-۱۱
۱۶۳	- ۱- درز انقباض ۵-۱۱
۱۶۴	- ۲- درز انبساط ۵-۱۱
۱۶۴	- ۳- درز اجرایی ۵-۱۱
۱۶۴	- ۴- درزهای مفصلی و تاشو ۵-۱۱
۱۶۴	- ۵- مقایسه روسازی صلب و انعطاف‌پذیر ۶-۱۱
۱۶۶	- ۶- کاربرد روسازی‌های بتنی ۷-۱۱
۱۶۶	- ۷- انتخاب نوع روسازی بتنی (مسلح و یا غیر مسلح) ۸-۱۱
۱۶۷	- ۸- پارامترهای موثر در طراحی روسازی بتنی ۹-۱۱
۱۶۸	فصل دوازدهم: روسازی فرودگاه
۱۶۸	- ۱- مقدمه ۱۲
۱۶۹	- ۲- اهمیت حمل و نقل هوایی ۱۲
۱۶۹	- ۳- بخش‌های مختلف فرودگاه ۱۲
۱۶۹	- ۴- باند ۱۳-۱۲
۱۷۱	- ۵- تاکسی‌وی ۲-۳-۱۲
۱۷۱	- ۶- روسازی فرودگاه ۴-۱۲
۱۷۱	- ۷- انواع روسازی‌ها ۵-۱۲
۱۷۲	- ۸- لایه‌های روسازی ۶-۱۲
۱۷۲	- ۹- انتخاب نوع روسازی ۷-۱۲
۱۷۲	- ۱۰- مقایسه روسازی راه و فرودگاه ۸-۱۲
۱۷۳	- ۱۱- تغییرات ضخامت روسازی در نواحی مختلف فرودگاه ۹-۱۲
۱۷۴	- ۱۲- شناسایی خاک ۱۰-۱۲
۱۷۶	- ۱۳- طراحی روسازی فرودگاه ۱۱-۱۲
۱۷۶	- ۱۴- مشخصات هوایپیما ۱۱-۱۲
۱۷۷	- ۱۵- وضعیت حجم ترافیکی ۱۱-۱۲
۱۷۷	- ۱۶- تعیین هوایپیمای مبنای طرح ۱۱-۱۲
۱۷۹	فصل سیزدهم: تأثیر عوامل اقتصادی در طرح روسازی‌ها
۱۷۹	- ۱- مقدمه ۱۳
۱۷۹	- ۲- جایگاه تحلیل اقتصادی ۲-۱۳
۱۷۹	- ۳- منافع استفاده از تحلیل اقتصادی ۳-۱۳
۱۸۰	- ۴- مبانی اقتصادی ۴-۱۳

۱۸۱.....	۱-۴-۱۳- نرخ تورم.....
۱۸۱.....	۲-۴-۱۳- نرخ تنزیل.....
۱۸۲.....	۵-۱۳- انواع روش‌های آنالیز اقتصادی.....
۱۸۲.....	۱-۵-۱۳- روش هزینه معادل یکنواخت سالیانه.....
۱۸۲.....	۲-۵-۱۳- روش ارزش کنونی.....
۱۸۳.....	۳-۵-۱۳- روش نرخ برگشتی.....
۱۸۴.....	۴-۵-۱۳- روش نسبت سود به هزینه.....
۱۸۴.....	۵-۵-۱۳- روش سودمندی هزینه.....
۱۸۵.....	۶-۱۳- تحلیل هزینه چرخه عمر.....
۱۸۵.....	۱-۶-۱۳- دوره تحلیل.....
۱۸۵.....	۲-۶-۱۳- ارزش باقیمانده.....

۱۸۷.....	پیوست ۱: اصول و روش‌های طرح تثبیت خاک‌ها
۱۸۷.....	پ-۱- طرح تثبیت خاک با آهک
۱۸۸.....	پ-۱-۱- روش آشتو.....
۱۸۹.....	پ-۱-۲- استفاده از آزمایش CBR.....
۱۸۹.....	پ-۱-۳- استفاده از آزمایش مقاومت فشاری.....
۱۸۹.....	پ-۱-۴- استفاده از روش دامنه خمیری.....
۱۹۰.....	پ-۲-۱- طرح تثبیت خاک با سیمان.....
۱۹۳.....	پ-۲-۲- طرح تثبیت خاک با قیر.....
۱۹۳.....	پ-۲-۳- تثبیت خاک‌ها با ترکیبی از مواد تثبیت‌کننده.....
۱۹۳.....	پ-۱-۴-۱- تثبیت خاک‌ها با خاکستر بادی و آهک.....
۱۹۳.....	پ-۱-۴-۲- تثبیت خاک با آهک و سیمان.....
۱۹۴.....	پ-۱-۴-۳- تثبیت خاک با آهک و قیرآبه.....
۱۹۴.....	پ-۱-۴-۴- تثبیت خاک با سیمان و قیرآبه.....

۱۹۵.....	پیوست ۲: خصائص تحلیل روسازی‌ها
۱۹۵.....	پ-۱-۲- نحوه محاسبه نرخ رشد.....
۱۹۵.....	پ-۲-۲- محاسبه ضرایب تبدیل هم ارزی.....
۱۹۹.....	پ-۲-۳- نمودارهای تحلیل روسازی‌های آسفالتی.....
۱۹۹.....	پ-۱-۳-۲- نمودارهای تحلیل روسازی‌های آسفالتی در روش یک لایه.....
۲۰۳.....	پ-۲-۳-۲- نمودارهای تحلیل روسازی‌های آسفالتی در روش دو لایه.....
۲۰۶.....	پ-۲-۳-۲- نمودارهای تحلیل روسازی‌های آسفالتی در روش سه لایه.....

۲۲۰.....	پیوست ۳: خصائص طراحی روسازی آسفالتی راه‌ها
۲۲۰.....	پ-۱-۳- کاهش نشانه خدمت‌دهی حاصل از تورم خاک‌های تورمزا.....
۲۲۲.....	پ-۲-۳- تعیین کاهش نشانه خدمت‌دهی حاصل از بالا آمدگی ناشی از یخبندان.....

۲۲۴.....	پیوست ۴: ارزیابی خرابی راهها
۲۲۴.....	پ-۱-۴- ناهمواری روسازی



پ ۱-۴- روش‌های ارزیابی ناهمواری روسازی	۲۲۴
پ ۲-۴- خرابی‌های سطحی روسازی	۲۲۶
پ ۲-۴- روش‌های ارزیابی وضعیت خرابی‌های سطحی روسازی	۲۲۶
پ ۳-۴- ظرفیت باربری سازه‌ای روسازی	۲۲۹
پ ۳-۴- روش‌های ارزیابی وضعیت خرابی‌های سازه‌ای روسازی	۲۲۹
پ ۴-۴- تحلیل مقاومت لغزشی سطح روسازی	۲۳۰
پ ۴-۴- ارزیابی وضعیت مقاومت لغزشی سطح روسازی	۲۳۰
منابع و مأخذ	۲۳۳



فراخوان مساعدت فرهنگی و علمی

خواننده فرهیخته و بزرگوار

نشر نوآور ضمن ارج نهادن و قدردانی از اعتماد شما به کتابهای این انتشارات، به استحضار تاریخی رساند که همکاران این انتشارات، اعم از مؤلفان و مترجمان و کارگوهای مختلف آماده‌سازی و نشر کتاب، تمامی سعی و همت خود را برای ارائه کتابی درخور و شایسته شما فرهیخته گرامی به کار بسته‌اند و تلاش کرده‌اند که اثری را ارائه نمایند که از حداقل‌های استاندارد یک کتاب خوب، هم از نظر محتوایی و غنای علمی و فرهنگی و هم از نظر کیفیت شکلی و ساختاری آن، برخوردار باشد. با این وجود، علی‌رغم تمامی تلاش‌های این انتشارات برای ارائه اثری با کمترین اشکال، باز هم احتمال بروز ایراد و اشکال در کار وجود دارد و هیچ اثری را نمی‌توان الزاماً میراً نقص و اشکال دانست. ازسوی دیگر، این انتشارات بنابه تعهدات حرفه‌ای و اخلاقی خود و نیز بنابه اعتقاد راسخ به حقوق مسلم خوانندگان گرامی، سعی دارد از هر طریق ممکن، بهویژه از طریق فراخوان به خوانندگان گرامی، از هرگونه اشکال احتمالی کتاب‌های منتشره خود آگاه شده و آن‌ها را در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی رفع نماید.

لذا در این راستا، از شما فرهیخته گرامی تقاضا داریم در صورتی که حین مطالعه کتاب با اشکالات، نواقص و یا ایرادهای شکلی یا محتوایی در آن برخورد نمودید، اگر اصلاحات را بر روی خود کتاب انجام داده‌اید پس از اتمام مطالعه، کتاب ویرایش شده خود را با هزینه انتشارات نوآور، پس از هماهنگی با انتشارات، ارسال نمایید، و نیز چنانچه اصلاحات خود را بر روی برگه جدایهای یادداشت نموده‌اید، لطف کرده عکس یا اسکن برگه مزبور را با ذکر نام و شماره تلفن تماس خود به ایمیل انتشارات نوآور ارسال نمایید، تا این موارد بررسی شده و در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی کتاب اعمال و اصلاح گردد و باعث هرچه پربارترشدن محتوای کتاب و ارتقاء سطح کیفی، شکلی و ساختاری آن گردد.

نشر نوآور، ضمن ابراز امتنان از این عمل متعهدانه و مسئولانه شما خواننده فرهیخته و گرانقدر، به منظور تقدیر و تشکر از این همدلی و همکاری علمی و فرهنگی، در صورتی که اصلاحات درست و بجا باشند، متناسب با میزان اصلاحات، به‌رسم ادب و قدرشناسی، نسخه دیگری از همان کتاب و یا چاپ اصلاح شده آن و نیز از سایر کتب منتشره خود را به عنوان هدیه، به انتخاب خودتان، برایتان ارسال می‌نماید، و در صورتی که اصلاحات تأثیرگذار باشند در مقدمه چاپ بعدی کتاب نیز از زحمات شما تقدیر می‌شود. همچین نشر نوآور و پدیدآورندگان کتاب، از هرگونه پیشنهادهای نظرات، انتقادات و راهکارهای شما عزیزان در راستای بهبود کتاب، و هرچه بهتر شدن سطح کیفی و علمی آن صمیمانه و مشتاقانه استقبال می‌نمایند.



نشر نوآور

تلفن: ۶۶۴۸۴۱۹۱-۲

www.noavarpublishing.com

info@noavarpublishing.com

راه یکی از مهمترین زیرساخت‌های هر کشور محسوب شده و روسازی راه شاخه‌ایی وسیع از مهندسی راه و ترابری است که مباحث مربوط به روسازی راه و فرودگاه در زمینه‌های تحلیل، طراحی، مدیریت و تعمیر و نگهداری را در بر می‌گیرد. از طرف دیگر این تخصص یعنی روسازی راه یکی از دروس مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری برای رشته مهندسی عمران در مقطع کارشناسی می‌باشد در حال حاضر کمبود کتابی آموزشی که در برگیرنده اصول اساسی به همراه مثالهای عملی و کافی باشد، به چشم می‌خورد، از این رو کتاب حاضر دو هدف را دنبال می‌کند:

- ۱- ارائه اصول اساسی روسازی شامل بحث پیرامون تئوری‌های توزیع تنش در انواع روسازی با در نظر گرفتن تاثیر انواع بار بر روی تنشهای تحلیلهای مربوط به رشد ترافیک، فاکتورهای معادل، خصوصیات مصالح و مفاهیم طراحی اجزای روسازی.
- ۲- ارائه روش‌های طراحی روسازی‌های انعطاف‌پذیر و صلب راه و فرودگاه که این روشها مبتنی بر آیین‌نامه روسازی ایران و همچنین آیین‌نامه‌های بین‌المللی و جدیدترین مطالعات مؤسسات معتبر تحقیقاتی.

کتاب "روسازی راه" به لحاظ گستردگی مطالب ارائه شده و پوشش با استفاده از مثالها متنوع تر از سایر کتابهای موجود در این زمینه است و مطالب به گونه‌ایی انتخاب و در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند که قابل استفاده برای دو گروه دانشجویان و متخصصان باشد:

گروه اول، دانشجویان مقاطع کارشناسی، کارشناسی ارشد می‌باشند از این جهت کتاب شامل بحث‌های مفصلی در مورد تئوریها و اصول و جزئیات روسازی است. گروه دوم، مهندسین و فارغ‌التحصیلان عمران می‌باشند. از این جهت کتاب شامل انواع روش‌های طراحی روسازی بویژه آیین‌نامه روسازی ایران می‌باشد.

در ویرایش اخیر کتاب حاضر شامل سیزده فصل و چهار پیوست سعی گردیده است با هدف بهبود، مطالب در حوزه‌های اصلی شناخت مصالح، رفتار روسازی‌ها یعنی تحلیل و طراحی، نگهداری و ارزیابی، کنترل کیفیت ساخت و در نهایت اصول اقتصادی در روسازی‌ها مورد نظر بحث قرار گیرد.

نویسنده‌گان امیدوارند این کتاب همچون گذشته مورد استقبال دانشجویان و کارشناسان قرار گرفته و با ارائه پیشنهادات و انتقادات خود، در ارتقا این اثر کمک نمایند.

محمود رضا کی منش
فاضل فصیحی

هشدار

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب سال ۱۳۴۸ و آیین‌نامه اجرایی آن مصوب ۱۳۵۰، برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلق به نشر نوآور است. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از مطالب، اشکال، نمودارها، جداول، تصاویر این کتاب در دیگر کتب، مجلات، نشریات، سایتها و موارد دیگر، و نیز هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از کتاب به هر شکل از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، تایپ از کتاب، تهیه پی‌دی‌اف از کتاب، عکس‌برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی‌دی، دی‌دی، فیلم، فایل صوتی یا تصویری و غیره بدون اجازه کتسی از نشر نوآور ممنوع و غیرقانونی بوده و شرعاً نیز حرام است، و متخلفین تحت پیگرد قانونی و قضایی قرار می‌گیرند.

با توجه به اینکه هیچ کتابی از کتب نشر نوآور به صورت فایل ورد یا پی‌دی‌اف و موارد این چنین، توسط این انتشارات در هیچ سایت اینترنتی ارائه نشده است، لذا در صورتی که هر سایتی اقدام به تایپ، اسکن و یا موارد مشابه نماید و کل یا قسمتی از متن کتب نشر نوآور را در سایت خود قرار داده و یا اقدام به فروش آن نماید، توسط کارشناسان امور اینترنتی این انتشارات، که مسئولیت اداره سایت را به عهده دارند و به طور روزانه به بررسی محتوای سایتها می‌پردازند، بررسی و در صورت مشخص شدن هرگونه تخلف، ضمن اینکه این کار از نظر قانونی غیرمجاز و از نظر شرعی نیز حرام می‌باشد، وکیل قانونی انتشارات از طریق وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، پلیس رسیدگی به جرایم رایانه‌ای و اینترنتی) و نیز سایر مراجع قانونی، اقدام به مسدود نمودن سایت مخالف کرده و طی انجام مراحل قانونی و اقدامات قضایی، خاطیان را مورد پیگرد قانونی و قضایی قرار داده و کلیه خسارات وارد به این انتشارات از مخالف اخذ می‌گردد.

همچنین در صورتی که هر کتابفروشی، اقدام به تهیه کپی، جزو، چاپ دیجیتال، چاپ ریسو، افسست از کتب انتشارات نوآور نموده و اقدام به فروش آن نماید، ضمن اطلاع‌رسانی تخلفات کتابفروشی مذبور به سایر همکاران و موزعین محترم، از طریق وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، اتحادیه ناشران، و انجمن ناشران دانشگاهی و نیز مراجع قانونی و قضایی اقدام به استیفاده حقوق خود از کتابفروشی مخالف می‌نماید.

**خرید، فروش، تهیه، استفاده و مطالعه از روی نسخه غیراصلی کتاب،
از نظر قانونی غیرمجاز و شرعاً نیز حرام است.**

انتشارات نوآور از خوانندگان گرامی خود درخواست دارد که در صورت مشاهده هر گونه تخلف از قبیل موارد فوق، مراتب را یا از طریق تلفن‌های انتشارات نوآور به شماره‌های ۰۲۱ ۶۶۴۸۴۱۹۱ و ۰۹۱۲۳۰ ۷۶۷۴۸ و یا از طریق ایمیل انتشارات به آدرس info@noavarpub.com و یا از طریق منوی تماس با ما در سایت www.noavarpub.com به این انتشارات ابلاغ نمایند، تا از تضییع حقوق ناشر، پدیدآورنده و نیز خود خوانندگان محترم جلوگیری به عمل آید، و نیز به عنوان تشکر و قدردانی، از کتب انتشارات نوآور نیز هدیه دریافت نمایند.

فصل اول

تعریف روسازی

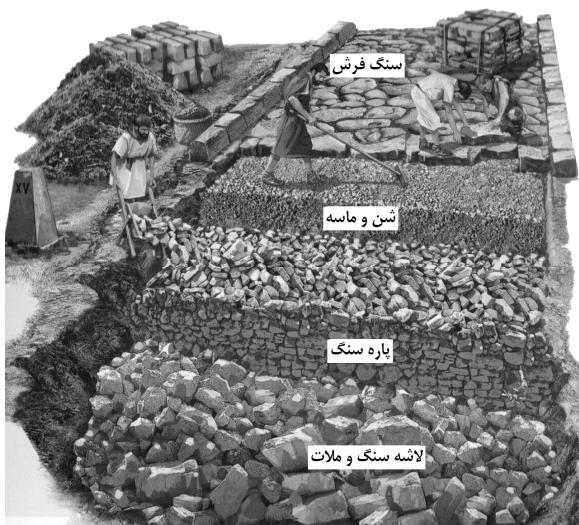
۱-۱- مقدمه

پس از پایان جنگ جهانی دوم و آغاز انقلاب صنعتی، ساخت و تولید خودرو اهمیت بیشتری پیدا کرد، بهطوری 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.

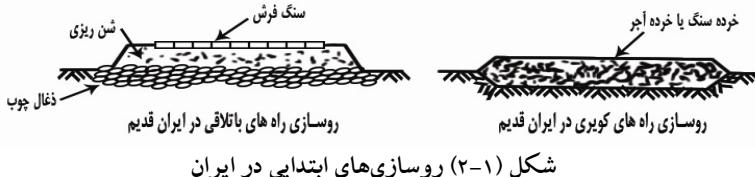
طبق تعریف مراجع معتر، روسازی سازه‌ایست که هدف از احداث آن ایجاد یک سطح صاف و هموار دارای قابلیت تحمل بار بدون تغییر شکل زیاد، ترک خودگی و نیز زهکشی مناسب برای حرکت وسیله نقلیه است. روسازی‌ها دارای انواع مختلفی بوده که انتخاب آنان بسته به شرایط محیطی همچون ترافیک عبوری، شرایط جوی، دسترسی به منابع ساخت و ... می‌باشد. در این فصل پس از بررسی اجمالی بر تاریخچه روسازی، به معرفی و بیان انواع موجود آن پرداخته شده است.

۱-۲- تاریخچه روسازی

با پیدایش راه‌ها و حمل و نقل جاده‌ای، کارشناسان یکی از مهمترین بخش‌های راهسازی آن دانسته که برحسب شرایط و موقعیت مسیر، از انواع حالت‌ها استفاده می‌شود. در ابتداء، ساخت روبه در مناطق با زمین‌های سست، آب و هوای مرطوب و تحت تردد بالا ناشی از جایه‌جایی 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، آب گیر و یا لجنی می‌شد (شکل (۲-۱)).



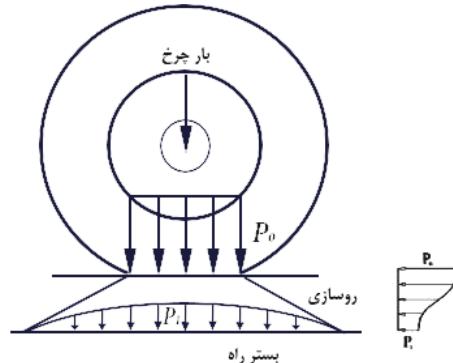
شکل (۱-۱) نمونه‌ای از روسازی‌های اولیه



شکل (۲-۱) روسانی‌های ابتدایی در ایران

۳-۱ نقش روسانی‌ها

زمین طبیعی حتی در شرایط کاملاً متراکم و خوب دانه‌بندی شده، مقاومت کافی برای تحمل بارهای مستقیم وارد از چرخ خودرو را نداشته و ممکن است باعث بروز شکست بشی و ایجاد تغییر شکل‌های دائم بیش از اندازه در آن 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.



شکل (۳-۱) توزیع فشار بار چرخ در روسانی

مشخصات این لایه که به روسانی موسوم است، باید دارای دو عملکرد زیر باشد:
 الف) مقاومت در مقابل تنش: هر یک از لایه‌ها باید تواند در مقابل تنش‌های وارد، بدون آنکه تغییر شکل بیش از اندازه در آنها به وجود آید، مقاومت کند.

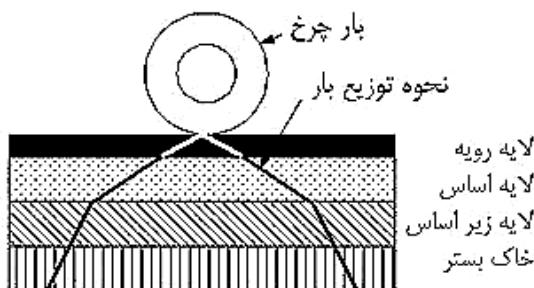
ب) کاهش تنش برای لایه‌های زیرین: هر یک از لایه‌ها باید شدت تنش‌ها را تا میزان قابل تحمل برای لایه‌ای که در زیر آن قرار گرفته‌اند، کاهش دهد.

پس می‌توان هدف اصلی طرح و اجرای روسانی 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 استفاده کنندگان دانست که قادر به تحمل وزن وسایل نقلیه عبوری در هر شرایط جوی باشد.

میزان تنش‌های فشاری قائمی که در اثر بارگذاری در روسانی‌ها به وجود می‌آید، در نقاط مختلف متفاوت است. شدت این تنش‌ها در نقاط واقع در زیر سطح بارگذاری حداکثر بوده که با افزایش فاصله، از مقدار آن کاسته می‌شود (شکل (۴-۱)). با توجه به این اصل در مواردی که ضخامت روسانی زیاد است؛ می‌توان به منظور اقتصادی‌تر کردن ساختمان روسانی، 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 روسانی بیشتر است، نحوه قرارگیری لایه‌های روسانی 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 به صورتی انتخاب شود که ضمن تحمل تنش‌هایی وارد، قادر به کاهش شدت آنها تا میزان قابل تحمل برای لایه‌ای که در زیر آن قرار گرفته است، باشد.



شکل (۴-۱) نحوه تنش وارد 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.

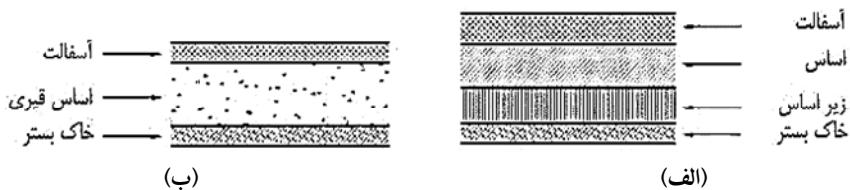
۴-۱-۱- روسازی انعطاف‌پذیر (آسفالتی)

روسازی‌های انعطاف‌پذیر، تقریباً رایج‌ترین و قدیمی‌ترین روسازی موجود در راه‌های سراسر جهان بوده که شامل سه لایه رویه آسفالتی، اساس و زیراساس (لایه‌های مصالح دانه‌ای) است. روسازی‌های آسفالتی دارای مقاومت بررشی 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.

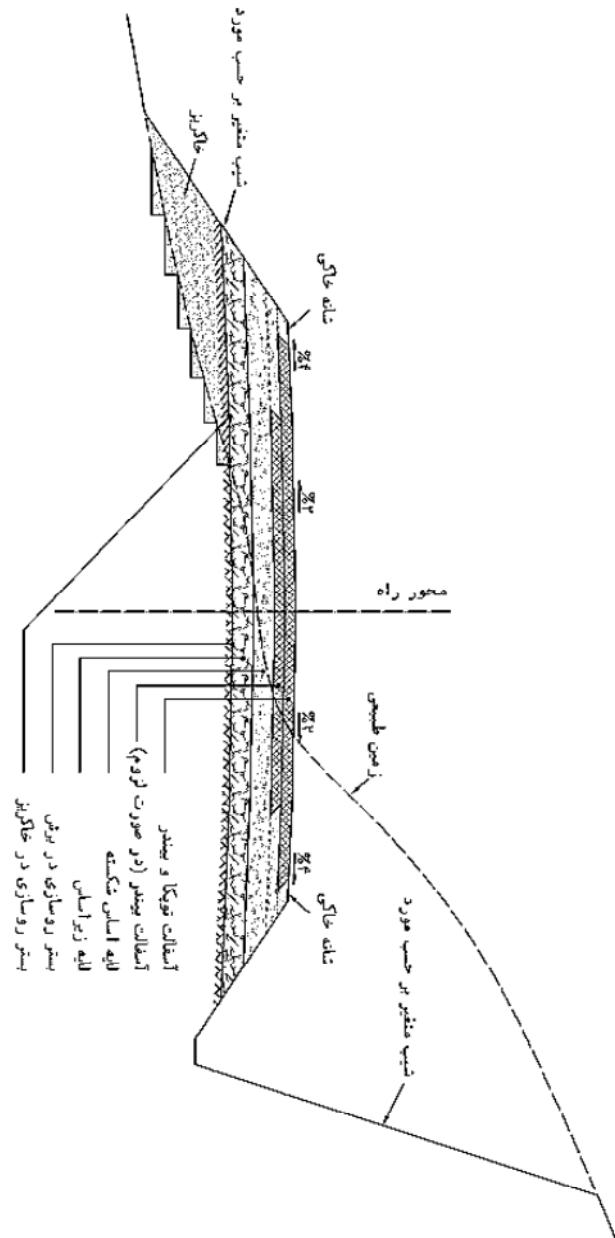
لایه رویه که در راه‌های با ترافیک زیاد از مخلوط آسفالتی داغ با دانه‌بندی پیوسته (بتن آسفالتی) ساخته می‌شود، باید در مقابل نفوذ آب مقاوم (آب‌بند) و تحت اثر تغییر شکل‌های ناشی از ترافیک پایدار باشد و سطح سواره‌رویی صاف و مقاوم در برابر لغزش فراهم سازد. رویه آسفالتی معمولاً به دو لایه رویه (توپکا) و آستر (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 با یخبندان زیاد، کاربرد دارد.

شکل (۴-۱) و شکل (۴-۲) نمونه‌هایی از این نوع روسازی‌ها را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۵) مقطع عرضی روسازی انعطاف‌پذیر در حالت: (الف) معمولی، (ب) تمام آسفالت



شکل (۱-۶) نمونه‌ای از روش‌سازی‌های آسفالتی



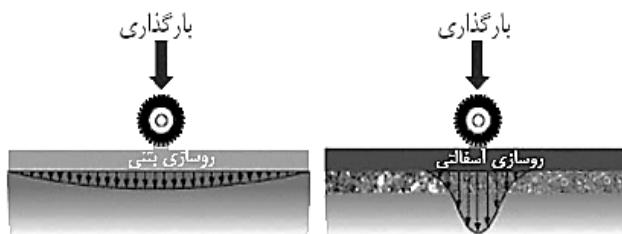
۲-۴-۱- رو سازی های نیمه سخت

رو سازی های نیمه سخت رو سازی هایی با رویه آسفالتی هستند که در آنها لایه اساس (یا زیر اساس و یا در صورت لزوم هر دو) پس از ترکیب با آهک، سیمان و ... ثبیت شده و ظرفیت بار باری آنان افزایش می یابد. استفاده از این نوع رو سازی ها در مناطقی که مصالح با کیفیت قابل قبول در فاصله حمل اقتصادی در دسترس نباشد، سبب صرفه جویی قابل ملاحظه ای در هزینه ها می گردد.

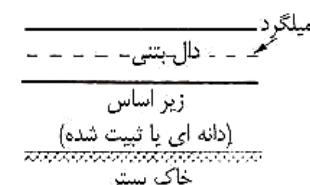
۳-۴-۱- رو سازی سخت (بتنی یا بتن سیمانی)

رو سازی های سخت، رو سازی هایی با رویه بتنی هستند. در این گونه رو سازی ها برخلاف رو سازی های انعطاف پذیر، رویه بتنی به دلیل مقاومت فشاری و کششی بالا در شرایطی که خاک بستر رو سازی 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 دانه ای یا ثبیت شده) بر روی بستر رو سازی قرار می گیرد.

این نوع رو سازی ها با ترافیک را بدون تغییر شکل زیاد صفحه بتنی، در سطح گستردگی نسبت به رو سازی های آسفالتی به خاک بستر منتقل می سازد؛ بنابراین مقاومت و کیفیت لایه بتنی عامل تعیین کننده توان جذب با رویه است و تغییرات مقاومتی خاک بستر رو سازی، نقش کمتری دارد (شکل ۷-۱). البته، دال بتنی رویه به مرور تغییر شکل داده و زیر آن تنفس کششی ایجاد می شود. در صورتی که تنفس کششی ایجادی از مقاومت کششی بتن زیادتر باشد، بتن ترک می خورد. از این رو این گونه رو سازی ها به صورت مسلح طرح و اجرا می گردند. شکل (۸-۱) مقطع عرضی یک نمونه از رو سازی بتنی مسلح را نشان می دهد.



شکل (۷-۱) نحوه انتقال تنفس در رو سازی های آسفالتی و بتنی



شکل (۸-۱) نمونه ای از رو سازی بتنی

۴-۴-۱- رو سازی مختلط

رو سازی که ترکیبی از دو نوع رو سازی سخت و انعطاف پذیر باشد، رو سازی مختلط نامیده می شود. به عنوان مثال در رو سازی فرودگاه ها که با رو سازی سخت و بتنی طرح می شود، دال بتنی را معمولاً بر