



دانشگاه پیام نور

تحلیل و طراحی روسازی پیشرفته

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

www.ketab.ir

دکتر محمود رضا کی منش فاضل فصیحی

سرشناسه	: کی منش، محمودرضا، ۱۳۳۸-
عنوان و نام پدید آور	: تحلیل و طراحی روسازی پیشرفته / تالیف محمودرضا کی منش، فاضل فصیحی: تهیه و تولید دفتر تدوین و تولید کتب و محتوای آموزشی.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه پیام نور، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	: ۳۴۲ ص: مصور، جدول.
فروست	: دانشگاه پیام نور: ۲۲۳۳. گروه مهندسی عمران: ۱/۲.
شابک	: 978 - 964 - 14 - 0280 - 0
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا .
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: روسازی - آموزش برنامه‌ای.
موضوع	: Pavements -- Programmed
موضوع	: روسازی
موضوع	: Pavements
شناسه افزوده	: فصیحی، فاضل، ۱۳۶۵ -
شناسه افزوده	: دانشگاه پیام نور. دفتر تدوین و تولید کتب و محتوای آموزشی.
شناسه افزوده	: دانشگاه پیام نور.
رده بندی کنگره	: ۳۷۹.۳۹۳/۵۰۱ TE۲۵۰
رده بندی دیویی	: ۶۲۵/۸۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۶۲۸۸۰۱۱



تحلیل و طراحی روساز پیشرفته

مؤلفان: دکتر محمدرضا کی منش، فاضل فصیحی

ویراستار علمی: دکتر محمدحسن میرابی مقدم

تهیه و تولید: دفتر تدوین و تولید کتب و محتوای آموزشی

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز چاپ و توزیع دانشگاه پیام نور

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

نوبت و تاریخ چاپ: چاپ اول شهریور ۱۳۹۵

شابک: ۰ - ۰۲۸۰ - ۱۴ - ۹۶۴ - ۹۷۸

ISBN: 978 - 964 - 14 - 0280 - 0

فروش این کتاب فقط از طریق نمایندگی‌های دانشگاه پیام نور مجاز می باشد و فروش

آن در سایر مراکز فروش کتاب موجب تعقیب قانونی فروشنده خواهد گردید

(کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر محفوظ و متعلق به دانشگاه پیام نور است. تولید، کپی یا خلاصه‌برداری، نشر و ترجمه، چاپ، افست، توزیع گسترده، تهیه CD و ... این اثر یا بخشی از آن اعم از متن، طرح پشت و روی جلد و ... بدون اخذ مجوز کتبی از معاونت فناوری و پژوهش دانشگاه خلاف مقررات و تعرض به حقوق مادی و معنوی دانشگاه است. متخلفین وفق قانون حمایت از مولفان و مصنفان و هنرمندان دارای مسئولیت حقوقی و کیفری بوده و تحت پیگرد قرار می گیرند)

قیمت: ۱۴۰۰۰۰ ریال

فهرست مطالب کتاب

یازده

پیشگفتار

۱	فصل اول: تحلیل روسازی آسفالت
۱	هدف کلی
۱	هدف‌های یادگیری
۱	مقدمه
۲	۱-۱ ارزیابی رفتار روسازی به روش الاستیک، ویسکوالاستیک
۲	۱-۱-۱ الاستیک
۶	۱-۱-۲ ویسکوالاستیک
۱۷	۲-۱ توزیع تنش و کرنش
۱۷	۱-۲-۱ مصالح خاکی
۲۰	۲-۲-۱ آسفالت
۲۱	۳-۱ تحلیل روسازی
۲۲	۱-۳-۱ اهمیت تحلیل روسازی
۲۳	۲-۳-۱ مقایسه روش‌های تجربی و تجربی - مکانیستیک طراحی روسازی
۳۴	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل اول
۳۶	پرسش‌های تشریحی
۳۶	مراجع
۳۹	فصل دوم: تحلیل روسازی بتنی
۳۹	هدف کلی
۳۹	هدف‌های یادگیری
۳۹	مقدمه
۴۰	۱-۲ انواع روش‌های تحلیل روسازی‌ها
۴۰	۱-۱-۲ فرمول گلدبک

۴۰	۲-۱-۲ آنالیز وسترگارد مبتنی بر نظریه وینکلر
۴۲	۳-۱-۲ آنالیز پیکت مبتنی بر پی صلب
۴۲	۴-۱-۲ روش‌های عددی
۴۳	۲-۲ تنش‌های موجود در روسازی
۴۳	۱-۲-۲ تنش در روسازی‌های غیر مسلح
۵۲	۲-۲-۲ تنش‌ها در روسازی‌های مسلح
۵۹	۳-۲-۲ روسازی‌های بتنی پیش تنیده
۵۹	۳-۲ تنش‌های ناشی از بارگذاری
۶۸	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل دوم
۶۹	پرسش‌های تشریحی
۷۰	مراجع

۷۳	فصل سوم: روش‌های پیشرفته طرح روسازی آسفالتی راه
۷۳	هدف کلی
۷۳	هدف‌های یادگیری
۷۳	مقدمه
۷۴	۱-۳ اثر عوامل محیطی در طراحی روسازی
۸۰	۲-۳ اثر ترافیک در طراحی روسازی
۸۰	۱-۲-۳ اثر بارچرخ
۸۳	۲-۲-۳ شکل سطح تماس چرخ، فشار باد و فشار تماسی
۸۴	۳-۳ طراحی روسازی به روش نظری - تجربی انیستو آسفالت
۸۴	۱-۳-۳ معیارهای طراحی
۸۵	۲-۳-۳ مراحل طراحی
۱۰۶	۱-۵-۳ مرور کلی بر روند طراحی
۱۰۹	۲-۵-۳ مدل‌های پاسخ روسازی
۱۰۹	۳-۵-۳ مدل‌های ترک‌خوردگی ناشی از خستگی
۱۱۱	۴-۵-۳ مدل شیارشدگی
۱۱۲	۵-۵-۳ مدل‌های ترک‌خوردگی حرارتی
۱۱۴	۶-۵-۳ مدل‌های آب‌وهوایی اقلیمی
۱۱۹	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل سوم
۱۲۱	پرسش‌های تشریحی
۱۲۱	مراجع

۱۲۳	فصل چهارم: روش‌های پیشرفته طرح روسازی‌های بتنی راه
۱۲۳	هدف کلی
۱۲۳	هدف‌های یادگیری
۱۲۳	مقدمه

- ۱-۴ ملاحظات طراحی روسازی صلب
۱۲۵
۲-۴ بارگذاری ترافیک
۱۲۶
۲-۴ تفکیک مسیر و طراحی خط برای بارگذاری ترافیکی
۱۲۷
۲-۴ محاسبات بارگذاری ترافیکی
۱۲۸
۲-۴ مشخص کردن تأثیرات بار اعمال شده از جریان ترافیکی مرکب
۱۲۹
۳-۴ فرمول محاسبه بارکل طراحی
۱۳۰
۴-۴ مشخصات مصالح برای طراحی روسازی صلب
۱۳۵
۴-۴ خواص بتن
۱۳۵
۴-۴ خواص خاک بستر و زیراساس
۱۳۷
۵-۴ طراحی روسازهای صلب
۱۳۸
۱-۵-۴ طراحی روسازی بتنی ساده درزدار با روش اشترو
۱۳۸
۲-۵-۴ طرح روسازی بتن غلتکی به روش PCA
۱۴۲
۳-۵-۴ طرح روسازی بتنی درزدار ساده با استفاده از نمودارها و گراف‌های روش PCA
۱۴۵
۴-۵-۴ طرح با روش PCA ستی
۱۵۱
۵-۵-۴ روش گروه‌بندی سیزادتش آمریکا برای روسازی بتن غلتکی
۱۵۲
۶-۴ طراحی داول‌ها
۱۵۴
۶-۴ تنش تکیه‌گاهی مجاز
۱۵۴
۶-۴ تنش تکیه‌گاهی در یک‌طرفه
۱۵۴
۶-۴ عملکرد گروه داول‌ها
۱۵۵
۷-۴ بررسی درزها
۱۵۸
۷-۴ انواع درزها
۱۵۹
۷-۴ فاصله درزها
۱۶۴
۷-۴ مواد آب‌بند و نوار پرکننده درز
۱۶۵
خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل چهارم
۱۷۵
پرشش‌های تشریحی
۱۷۷
مراجع
۱۷۷

فصل پنجم: طرح روسازی آسفالتی فرودگاه

- هدف کلی
۱۷۹
هدف‌های یادگیری
۱۷۹
مقدمه
۱۷۹
۱-۵ بررسی و ارزیابی خاک
۱۸۱
۲-۵ بارگذاری ترافیک
۱۸۲
۱-۲-۵ مشخصات هواپیما
۱۸۳
۲-۲-۵ تعیین هواپیمای طرح و محاسبه ضریب بار چرخ هم‌ارز (ESWL)
۱۸۶
۳-۲-۵ روش‌های اعمال انحراف و جابه‌جایی عرضی هواپیما در طراحی
۱۹۱
۴-۲-۵ سطوح پروازی و مقطع روسازی
۱۹۲

۱۹۶	۳-۵ روش‌های طراحی روسازی آسفالتی فرودگاه
۱۹۶	۳-۵-۱ روش CBR
۱۹۷	۳-۵-۲ طراحی با استفاده از تئوری لایه‌های الاستیک
۲۰۳	۳-۵-۳ روسازی مخصوص هواپیماهای سبک
۲۰۵	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل ۵
۲۰۶	پرسش‌های تشریحی
۲۰۷	مراجع

فصل ششم: طرح روسازی بتنی فرودگاه

۲۰۹	هدف کلی
۲۰۹	هدف‌های یادگیری
۲۰۹	مقدمه
۲۱۰	۶-۱ طراحی روسازی بتنی فرودگاه
۲۱۱	۶-۱-۱ روش تحلیل تنش برای لبه‌ها
۲۱۳	۶-۱-۲ روش مؤسسه سیان پرتلند (PCA)
۲۱۴	۶-۱-۳ روش انجمن مهندسی رتشن (CE)
۲۱۵	۶-۱-۴ روش لایه‌های ارتعاشی
۲۱۷	۶-۱-۵ روش سازمان هوانوردی فدرال
۲۱۸	۶-۱-۶ طراحی روسازی‌های بتنی فرودگاه
۲۲۰	۶-۲ درزبندی در روسازی فرودگاه
۲۲۱	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل ششم
۲۲۲	پرسش‌های تشریحی
۲۲۲	مراجع

فصل هفتم: آزمایش‌های غیرمخرب روسازی‌ها

۲۲۳	هدف کلی
۲۲۳	هدف‌های یادگیری
۲۲۳	مقدمه
۲۲۴	۷-۱ ابزار دقیق
۲۲۴	۷-۲ دماسنج
۲۲۶	۷-۲-۱ رطوبت‌سنج
۲۲۶	۷-۲-۲ میله رطوبت‌سنج
۲۲۷	۷-۲-۳ اندازه‌گیری عمق یخبندان
۲۲۸	۷-۲-۴ اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی
۲۲۸	۷-۲-۵ کرنش‌سنج
۲۲۹	۷-۲-۶ فشارسنج
۲۳۰	۷-۲-۷ فشار منفذی‌سنج

۲۳۱	۸-۲-۷ جریان سنج زهکشی
۲۳۲	۹-۲-۷ نمونه گیر تعیین دانسیته
۲۳۲	۱۰-۲-۷ رطوبت سنج سریع (کریبد کلسیم)
۲۳۳	۱۱-۲-۷ میله دی الکتریک نفوذی Adec
۲۳۳	۱۲-۲-۷ مخروط دینامیکی نفوذی
۲۳۴	۱۳-۲-۷ سیستم های ثبت اطلاعات
۲۳۴	۳-۷ آزمایشات غیر مخرب
۲۳۵	۱-۳-۷ سیستم هسته ای (NG)
۲۳۶	۲-۳-۷ سیستم اندازه گیری کیفی روسازی ها (PQI)
۲۴۰	۳-۳-۷ دانسیته سنج
۲۴۰	۴-۳-۷ وزن اندازه گیری نشست
۲۴۵	۵-۳-۷ پرتو خوردان اندازه گیری نشست
۲۴۶	۶-۳-۷ سنج سنج
۲۴۷	۷-۳-۷ رادار ریمین
۲۵۰	۸-۳-۷ تصویر ماهواره
۲۵۱	۱۰-۳-۷ آزمایش استوانه سیم دایره
۲۵۲	۱۱-۳-۷ آزمایش دورانی
۲۵۲	۱۲-۳-۷ غلطک های مجهز به سیستم ارتعاش
۲۵۴	۱۳-۳-۷ آزمایش ماورا صوت
۲۵۵	۱۴-۳-۷ سیستم های حساسگر مغناطیسی
۲۵۵	خودآزمایی چهارگزینه ای فصل هفتم
۲۵۷	پرسش های تشریحی
۲۵۷	مراجع
۲۵۹	فصل هشتم: طرح روکش بتنی و آسفالتی راه و فرودگاه
۲۵۹	هدف کلی
۲۵۹	هدف های یادگیری
۲۵۹	مقدمه
۲۶۱	۱-۸ ارزیابی وضعیت روسازی آسفالتی
۲۶۱	۱-۱-۸ بررسی وضعیت خرابی های سطحی روسازی آسفالتی
۲۶۴	۲-۱-۸ ظرفیت باربری سازه ای روسازی
۲۶۵	۳-۱-۸ ارزیابی و تحلیل ناهمواری های سطح روسازی
۲۶۵	۴-۱-۸ اندازه گیری و تحلیل مقاومت لغزشی سطح روسازی
۲۶۶	۲-۸ انواع بهسازی
۲۶۶	۱-۲-۸ بهسازی سطحی
۲۶۷	۲-۲-۸ بهسازی سازه ای
۲۶۹	۳-۸ انواع روکش های روسازی ها

۲۷۰	۸-۳-۱ انواع روکش های بتنی
۲۷۷	۸-۴ طراحی روکش های بتنی به روش اشتو
۲۷۹	۸-۴-۱ روکش چسبنده بتنی (بدون جداسازی) بر روی روسازی بتنی
۲۸۰	۸-۴-۲ روکش بتنی بر روی روسازی بتنی با لایه جداکننده
۲۸۱	۸-۴-۳ روکش بتنی بر روی روسازی آسفالتی بدون جداسازی
۲۸۵	خودآزمایی چهارگزینه ای فصل هشتم
۲۸۷	پرسش های تشریحی
۲۸۷	مراجع

فصل نهم: طراحی زهکشی

۲۸۹	اهداف کلاس
۲۸۹	هدف های یادگیری
۲۸۹	مقدمه
۲۹۰	۹-۱ ملاحظات کلاس
۲۹۰	۹-۱-۱ اثرات مخرب آب بر روسازی
۲۹۱	۹-۱-۲ جابه جایی آب در روسازی
۲۹۴	۹-۱-۳ روش های کنترل جریان آب در روسازی
۲۹۹	۹-۲ مصالح زهکش
۳۰۹	۹-۲-۱ زمین پارچه ها
۳۱۵	۹-۲-۲ لوله ها
۳۱۷	۹-۳ فرایند طراحی
۳۱۷	۹-۳-۱ تخمین جریان ورودی
۳۲۸	۹-۳-۲ تعیین ظرفیت زهکشی
۳۳۷	خودآزمایی چهارگزینه ای فصل نهم
۳۳۸	پرسش های تشریحی
۳۳۹	مراجع
۳۴۱	پاسخ نامه سؤالات تستی

پیشگفتار

با پایان یافتن جنگ جهانی دوم و بروز انقلاب صنعتی خودرو، روسازی راه‌ها دارای اهمیت بالایی قرار گرفت. پس از آن با پیشرفت سطح زندگی انسان‌ها و نیاز به ارتباط جوامع با یکدیگر، حمل و نقل و راه‌آبی نیز در کنار مد حمل و نقل زمینی به سرعت پیشرفت کرد که با افزایش حجم جابه‌جایی به تدریج یک فرایند دقیق طراحی جهت طرح روسازی راه‌ها و فرودگاه‌ها به وجود آمد.

پس از طرح و با گذشت زمان، به دلیل تماس مستقیم روسازی‌ها با شرایط مختلف جوی و محیطی، خرابی‌هایی در سطح آن‌ها مشاهده شد. طبق برآورد مؤسسه‌های تحقیقاتی معتبر دنیا، ۴ تا ۶ درصد هزینه‌های ساخت روسازی‌ها صرف نگهداری آن‌ها می‌شود که عدم وجود یک برنامه مدون اقتصادی می‌تواند عامل افزایش چندین برابری این هزینه‌ها شود. ذکر همین دو مورد نشان‌دهنده اهمیت و نیاز به شناخت دقیق رفتار آن‌ها جهت طراحی یک روسازی مناسب و کارآمد است.

براساس دو مورد فوق، می‌توان بیان کرد که روسازی‌ها به دلیل هزینه‌های سنگین ساخت و طول عمر بالا همواره به عنوان یکی از مهم‌ترین زیرساخت‌های هر کشور به حساب آمده؛ به طوری که در دهه‌های اخیر معیاری از توسعه یافتگی است.

کتاب در حال مطالعه به عنوان مکمل کتاب «مهندسی روسازی» تألیف همین نگارندگان بوده و با هدف بیان تکمیلی مطالب کتاب مذکور با بررسی دقیق‌تر آن بوده که بیشتر جهت دانشجویان دوره تحصیلات تکمیلی و افراد علاقه‌مند به روسازی‌ها برپایه آخرین نتایج مطالعات مؤسسات معتبر تحقیقاتی، آیین‌نامه‌های بین‌المللی و آیین‌نامه

روسازی راه‌های ایران (نشریه شماره ۲۳۴ وزارت راه و شهرسازی) که مبنای طراحی و کنترل اجرایی پروژه‌ها در کشورمان است، تألیف گردیده‌است. نویسندگان امیدوارند این کتاب مورد استقبال علاقه‌مندان قرار گرفته و با ارسال پیشنهادات و انتقادات خود، ما را در به‌ترنمودن این اثر یاری رسانند.

محمودرضا کی‌منش

فاضل فصیحی

تهران - تابستان ۱۳۹۵