

**اثر برگزیده‌ی "پانزدهمین جشنواره پژوهش و
نوآوری در مدیریت شهری" و "دهمین جشنواره
پژوهش و آموزش در مدیریت شهری و روستایی" در زمینه‌ی
زیرساخت و عمران شهری در سال ۱۴۰۲**





کتاب جامع روسازی آسفالتی

(ویرایش دوم)

تألیف:

پروفسور فریدون مقدس‌نژاد

استاد دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران)

مهندس حمید جهانیان

سازمان راهداری و حمل و نقل جاده‌ای

تابستان ۱۴۰۳

سرشناسه	: مقدس نژاد، فریدون، ۱۳۳۸-
عنوان و نام پدیدآور	: کتاب جامع روسازی آسفالتی / تألیف فریدون مقدس نژاد، حمید جهانیان.
وضعیت ویراست	: [ویراست ۲].
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، مرکز نشر، ۱۴۰۲.
مشخصات ظاهری	: ح، [۶۶۵] ص: مصور (بخشی رنگی)، جدول، نمودار.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۸۸۷-۹
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: چاپ قبلی: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، مرکز نشر، ۱۴۰۰. [۸]، ۵۵۹ ص:).
یادداشت	: واژه نامه.
یادداشت	: کتابنامه: ص. [۶۴۱] - ۶۴۸.
یادداشت	: نمایه.
موضوع	: روسازی با آسفالت.
موضوع	: Pavements, Asphalt
موضوع	: راهسازی.
موضوع	: Roads – Design and construction
شناسه افزوده	: جهانیان، حمید، ۱۳۶۱-
شناسه افزوده	: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران). مرکز نشر.
شناسه افزوده	: Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnic). Publishing Center.
رده بندی کنگره	: TE ۳۷۵
رده بندی دیویی	: ۶۲۵/۸۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۹۴۷۱۴۰۸

این کتاب در جلسه مورخ ۱۴۰۱/۱۲/۱۴ شورای چاپ و نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر به تصویب رسیده است.



انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

عنوان کتاب	: کتاب جامع روسازی آسفالتی (ویرایش دوم)
تألیف	: فریدون مقدس نژاد، حمید جهانیان
ویراستار فنی	: سعید طولابی
ناشر	: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
لیتوگرافی، چاپ و صحافی	: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
چاپ دوم	: تابستان ۱۴۰۳
قیمت	: ۵۴۰,۰۰۰ تومان
تیراژ	: ۱۰۰
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۸۸۷-۹ ISBN : 978-964-463-887-9

آدرس مرکز بخش: خیابان ولیعصر، روبروی خیابان بزرگمهر، فروشگاه کتاب مرکز نشر

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) - تلفن: ۶۶۴۹۸۸۶۸

وبسایت: <http://publication.aut.ac.ir>

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

فهرست مطالب

پیشگفتار (ویرایش دوم).....	ز
فصل اول: خاک	۱
۱-۱- مقدمه.....	۱
۲-۱- خاک بستر.....	۴
۳-۱- روابط وزنی- حجمی خاک.....	۵
۴-۱- دانه‌بندی.....	۶
۵-۱- تاثیر رطوبت بر خصوصیات خاک.....	۱۰
۶-۱- طبقه‌بندی خاک.....	۱۱
۷-۱- درصد رطوبت بهینه و چگالی.....	۱۶
۸-۱- نفوذپذیری خاک (هدایت هیدرولیکی).....	۱۸
۹-۱- حساسیت یخ‌زدگی خاک.....	۱۸
۱۰-۱- پتاسیل تورم خاک بستر.....	۲۰
۱۱-۱- پارامترهای سختی و مقاومت برشی خاک بستر.....	۲۲
۱۲-۱- روش‌های تثبیت و تقویت خاک بستر.....	۲۷
فصل دوم: مصالح سنگی	۳۳
۱-۲- مقدمه.....	۳۳
۲-۲- دانه‌بندی.....	۳۷
۳-۲- فرم و درصد شکستگی سنگدانه‌ها.....	۴۵
۴-۲- سختی.....	۵۲
۵-۲- دوام.....	۵۳
۶-۲- بافت سطحی سنگدانه.....	۵۴
۷-۲- تمیزی.....	۵۴
۸-۲- خاصیت جذب آب.....	۵۵
۹-۲- چسبندگی.....	۵۶
۱۰-۲- مقاومت لغزندگی.....	۵۷
۱۱-۲- مصالح مصنوعی.....	۵۹
۱۲-۲- مصالح تراشه آسفالت.....	۶۰

فصل سوم: قیر ۳۳

- ۳-۱- مقدمه ۶۱
- ۳-۲- قطران ۶۲
- ۳-۳- قیر ۶۳
- ۳-۴- قیرهای خالص ۶۹
- ۳-۵- آزمایش‌های قیرهای خالص ۷۰
- ۳-۶- قیرهای دمیده ۷۸
- ۳-۷- قیرهای محلول ۷۹
- ۳-۸- قیرآبه (قیر امولسیون) ۸۲
- ۳-۹- رده‌بندی قیر ۹۸
- ۳-۱۰- آزمایش‌های رده‌بندی قیر به روش عملکردی ۱۰۳

فصل چهارم: ترافیک و شرایط آب و هوایی ۱۳۱

- ۴-۱- مقدمه ۱۳۱
- ۴-۲- معیارهای طراحی ترافیکی ۱۳۴
- ۴-۳- محاسبه بار هم‌ارز کل عبوری ۱۳۸
- ۴-۴- ترافیک طرح راه‌های درون شهری ۱۴۷
- ۴-۵- شرایط آب و هوایی ۱۵۰
- ۴-۶- انتخاب قیر ۱۵۳
- ۴-۷- بارش ۱۵۷

فصل پنجم: زهکشی ۱۵۹

- ۵-۱- مقدمه ۱۵۹
- ۵-۲- منبع و اثر رطوبت ۱۶۰
- ۵-۳- نرخ جریان آب ۱۶۱
- ۵-۴- هیدروپلانینگ و سیستم‌های زهکشی سطحی ۱۶۸
- ۵-۵- آبگیر ۱۷۵
- ۵-۶- سیستم‌های زهکشی زیرسطحی ۱۷۶
- ۵-۷- کیفیت و ضرایب زهکشی اساس و زیراساس ۱۸۱

فصل ششم: طراحی روسازی ۱۸۳

- ۶-۱- مقدمه ۱۸۳
- ۶-۲- لایه‌های سیستم روسازی ۱۸۴

۱۸۹.....	۳-۶- فرضیات طرح ضخامت لایه‌های سیستم روسازی.....
۱۹۱.....	۴-۶- طراحی روسازی انعطاف‌پذیر به روش آشتو.....
۲۰۵.....	۵-۶- گام‌های طراحی روسازی به روش آشتو.....
۲۱۱.....	۶-۶- طراحی روسازی به روش موسسه ملی سنگ (NSA).....
۲۱۵.....	۷-۶- طراحی روسازی به روش انستیتو آسفالت.....
۲۳۳.....	۸-۶- اصلاح خاک بستر.....
۲۳۶.....	۹-۶- طراحی سایر نواحی روسازی.....
۲۳۸.....	۱۰-۶- رویکردهای طراحی روکش.....
۲۴۲.....	۱۱-۶- روش طراحی روکش انستیتو آسفالت.....
۲۵۲.....	۱۲-۶- روش طراحی روکش آشتو.....
۲۶۳.....	۱۳-۶- معرفی نرم‌افزارهای مطرح طراحی روسازی انعطاف‌پذیر.....
۲۶۷.....	فصل هفتم: طرح اختلاط آسفالت.....
۲۶۷.....	۱-۷- مقدمه.....
۲۶۸.....	۲-۷- انواع آسفالت داغ.....
۲۷۰.....	۳-۷- طرح اختلاط آسفالت داغ.....
۲۷۳.....	۴-۷- دانه‌بندی مصالح سنگی مخلوط آسفالتی.....
۲۹۱.....	۵-۷- نسبت‌های حجمی مخلوط آسفالتی.....
۲۹۲.....	۶-۷- معادلات حجمی.....
۲۹۶.....	۷-۷- طرح اختلاط آسفالت به روش مارشال.....
۳۱۹.....	۸-۷- طرح اختلاط آسفالت به روش روسازی برتر (Superpave).....
۳۲۹.....	۹-۷- فرآیند طرح اختلاط روسازی برتر.....
۳۳۱.....	۱۰-۷- آزمایش‌های روسازی برتر و تحلیل آنها.....
۳۶۸.....	۱۱-۷- طرح اختلاط آسفالت به روش ویم.....
۳۷۵.....	فصل هشتم: آزمایش‌های پیشرفته مخلوط آسفالتی.....
۳۷۵.....	۱-۸- مقدمه.....
۳۷۶.....	۲-۸- آزمایش‌های تغییرشکل دائمی آسفالت (شیارشده‌گی).....
۳۸۱.....	۳-۸- آزمایش‌های بارگذاری خزش در مواد ویسکوالاستیک.....
۳۸۶.....	۴-۸- آزمایش خزش ثابت.....
۳۸۷.....	۵-۸- آزمایش‌های عملکردی ارزیابی ترک‌های خستگی.....
۳۹۱.....	۶-۸- ارزیابی ترک‌های حرارتی.....

۳۹۳.....۷-۸- ضوابط پیشنهادی NCHRP برای آزمایش‌های عملکردی.....

فصل نهم: اجرا..... ۳۹۷

۳۹۷.....۱-۹- مقدمه.....

۳۹۸.....۲-۹- فرآیند مخلوط کردن مصالح.....

۴۰۲.....۳-۹- عملیات تهیه مخلوط آسفالتی در کارخانه‌های متناوب.....

۴۰۵.....۴-۹- سهم اجزای مختلف در کارخانجات متناوب.....

۴۱۰.....۵-۹- عملیات تهیه مخلوط آسفالتی در کارخانه‌های درام میکس.....

۴۱۷.....۶-۹- حمل آسفالت.....

۴۱۹.....۷-۹- تراکم لایه‌های زیرین آسفالت.....

۴۲۸.....۸-۹- تجهیزات پخش آسفالت.....

۴۳۰.....۹-۹- فرآیند پخش آسفالت.....

۴۳۴.....۱۰-۹- تراکم آسفالت.....

۴۴۵.....۱۱-۹- اجرای دوبندی‌ها.....

۴۴۹.....۱۲-۹- پخش آسفالت به روش بن‌بست.....

۴۵۰.....۱۳-۹- کنترل کیفیت آسفالت.....

۴۵۲.....۱۴-۹- کنترل کیفیت تراکم.....

فصل دهم: مخلوط‌های آسفالتی ویژه..... ۴۵۷

۴۵۷.....۱-۱۰- مقدمه.....

۴۵۸.....۲-۱۰- آسفالت سنگدانه‌ای (SMA).....

۴۶۷.....۳-۱۰- آسفالت متخلخل.....

۴۷۳.....۴-۱۰- آسفالت اصلاح شده پلیمری.....

۴۷۹.....۵-۱۰- آسفالت بازیافتی.....

فصل یازدهم: خرابی روسازی..... ۴۹۱

۴۹۱.....۱-۱۱- مقدمه.....

۴۹۳.....۲-۱۱- خرابی‌های روسازی آسفالتی.....

۵۱۹.....۳-۱۱- شاخص ناهمواری بین‌المللی (IRI).....

۵۲۳.....۴-۱۱- شاخص شرایط روسازی (PCI).....

۵۲۵.....۵-۱۱- شاخص خدمت‌دهی کنونی روسازی (PSI).....

۵۲۶.....۶-۱۱- شاخص ارزیابی و رتبه بندی سطح روسازی (PASER).....

فصل دوازدهم: نگهداری روسازی.....۵۲۹

- ۵۲۹.....۱-۱۲- مقدمه
- ۵۳۱.....۲-۱۲- درزگیری و پرکردن ترک
- ۵۳۴.....۳-۱۲- مصالح درزگیری و اندوذهای آببندی
- ۵۴۶.....۴-۱۲- لکه‌گیری و چاله‌پرکنی
- ۵۵۳.....۵-۱۲- روکش‌های حفاظتی
- ۵۵۴.....۶-۱۲- اندوذهای آببندی
- ۵۵۵.....۷-۱۲- فوگ‌سیل
- ۵۵۹.....۸-۱۲- اندوذهای پایه قطران و سیل‌کت
- ۵۶۸.....۹-۱۲- چیپ‌سیل
- ۵۸۹.....۱۰-۱۲- اسلاری‌سیل
- ۶۰۴.....۱۱-۱۲- میکروسرفیسینگ

فصل سیزدهم: مدل‌های پیش‌بینی خرابی در روسازی آسفالتی.....۶۱۵

- ۶۱۵.....۱-۱۳- مقدمه
- ۶۱۹.....۲-۱۳- مدل پیش‌بینی خرابی ترک خستگی (پوست سوسماری)
- ۶۲۴.....۳-۱۳- مدل پیش‌بینی خرابی ترک طولی
- ۶۲۸.....۴-۱۳- مدل پیش‌بینی خرابی شیارشدگی
- ۶۳۲.....۵-۱۳- مدل پیش‌بینی خرابی ترک عرضی
- ۶۳۵.....۶-۱۳- مدل پیش‌بینی خرابی ناهمواری IRI
- ۶۳۷.....۷-۱۳- مدل پیش‌بینی ترک‌های انعکاسی در لایه روکش آسفالتی

منابع.....۶۴۱

نماینه.....۶۴۹

واژه‌نامه فارسی به انگلیسی.....۶۵۳

واژه‌نامه انگلیسی به فارسی.....۶۵۹

واژه‌نامه معادل.....۶۶۵

پیشگفتار (ویرایش دوم)

بهبود و توسعه شبکه زیرساخت حمل و نقل جاده‌ای از جمله شاخص‌های اصلی رشد اقتصادی بوده و طی قرن‌های متمادی تأثیرات گسترده‌ای در توسعه اجتماعی و مراودات فرهنگی و گردشگری کشورها داشته است. در کشورمان گستردگی شبکه راه‌های برون‌شهری در حدود ۳۰۰ هزار کیلومتر بوده که حفظ و نگهداری از این سرمایه ملی، نیازمند توجه روزافزون به وضعیت روسازی به عنوان عنصر کلیدی در ایمنی، کیفیت سواری و سرویس‌دهی به کاربران جاده‌ها در نظر گرفته می‌شود. در سال‌های گذشته، طراحی و اجرای روسازی راه براساس دستورالعمل و آیین‌نامه‌های قدیمی که عمدتاً حاصل آزمایش‌های تجربی بوده، صورت می‌گرفت. امروزه در اکثر کشورهای توسعه یافته از آزمایش‌ها و روش‌هایی که برپایه شبیه‌سازی عملکرد رویه در شرایط واقعی متاثر می‌باشد، الزامی و در دستور کار قرار گرفته است.

طی سالیان اخیر تجهیزات و آزمایش‌های پیشرفته برای طرح اختلاط روسازی و همچنین استفاده از روسازی‌های نوین و روکش‌های اقتصادی و حفاظتی در سطح شبکه راه‌های کشور به طور قابل توجه‌ای به کار گرفته شده است که کتب و منابع مختلفی به طور مجزا برای هریک از این موضوعات در دسترس می‌باشد. در این بین، فقدان منبع فارسی جامعی که بتواند طیف گسترده روسازی‌های آسفالتی و حفاظتی را به همراه تشریح ضوابط، معیارهای داخلی و بین‌المللی طراحی، اجرا و نگهداری در یک مجلد پوشش دهد؛ نویسندگان کتاب حاضر را بر آن داشت تا با تألیف کتاب جامع روسازی آسفالتی، گامی در اعتلای دانش مهندسی کشور و جامعه مهندسان عمران بردارند.

با توجه به استقبال دانشجویان و جامعه مهندسان راه و ترابری از چاپ اول کتاب جامع روسازی آسفالتی و ارسال نقطه‌نظرات پیشنهادی در خصوص افزودن بخش طراحی روکش آسفالت، ارائه آزمایش‌های پیشرفته آسفالت و ارائه مدل‌های پیش‌بینی خرابی، مؤلفین را بر آن داشت در ویرایش دوم و به جهت تکمیل مطالب، علاوه بر تشریح روش‌های پایه و پیشرفته طراحی و اجرای زیرسازی و روسازی از جنبه‌های ژئوتکنیکی، هیدرولوژی، سازه‌ای و طرح اختلاط انواع مخلوط‌های آسفالتی و طرح روکش آسفالت، آزمایش‌های معمولی، پیشرفته و عملکردی آسفالت به همراه روش‌های کنترل و تضمین کیفیت آن؛ طراحی و اجرای انواع روکش‌های نوین و حفاظتی، روش‌های نگهداری، همچنین آسفالت بازیافتی و مدل‌های پیش‌بینی خرابی را در سرفصل‌های این کتاب بگنجانند. مطالب کتاب در ۱۳ فصل به گونه‌ای تنظیم گردیده است که خواننده را در حوزه روسازی آسفالتی از مراجعه به سایر منابع بی‌نیاز

می‌سازد. این اثر می‌تواند به عنوان یک منبع جامع درسی مورد استفاده اساتید و دانشجویان کارشناسی، کارشناسی ارشد و همچنین نهادها و مجموعه‌های ذی‌ربط شامل کارشناسان وزارت راه و شهرسازی، شهرداری‌ها، مهندسان مشاور و پیمانکاران حوزه راهسازی قرار گیرد.

علی‌رغم صرف تلاش و دقتی که برای تألیف این کتاب صرف گردیده، مجموعه حاضر خالی از اشکال و ابهام در بیان مطالب نیست. لذا به جهت تصحیح، تکمیل و پربار شدن آن از دانشجویان، مهندسان و کلیه کارشناسان محترم درخواست می‌گردد؛ نقطه نظرات، اشکالات و ابهامات اصلاحی خود را به نویسندگان منعکس نمایند تا در ویرایش آتی مدنظر قرار گیرد.

در پایان لازم است تا از تمامی سروران گرامی که ما را در تهیه، ویرایش فنی، بازبینی و حمایت از چاپ این کتاب یاری نموده‌اند از جمله؛ جناب آقایان دکتر حمزه ذاکری، مهندس بهروز مطاعی، مهندس حمید جهان‌بخش، دکتر کوروش نادری، مهندس سجاد رنجبر، مهندس صفر خانی و به طور ویژه از جناب آقای مهندس سعید طولابی کمال تشکر به جای آوریم. همچنین از زحمات جناب آقایان فرشاد والایی و مهندس جلیل بسیج در طراحی جلد کتاب قدردانی می‌گردد.

امید است خوانندگان و مجموعه دست‌اندرکار حوزه راهسازی و راهداری کشور به طور شایسته از مطالب این کتاب بهره‌مند شوند.

فریدون مقدس‌نژاد

حمید جهانیان

پاییز ۱۴۰۲