



جمهوری اسلامی ایران

وزارت راه و شهرسازی



مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

طراحی روسازی بتنی ساختار و عملکرد

دانش دوم با تجدید نظر کلی

متر - ۱۰

دکتر محمدرضا احدی

دانشیار، عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

شماره نشر: ت - ۸۴۵

چاپ اول: ۱۳۹۸

سرشناسه	: دلیت، نوربرت ج Delatte, Norbert J
عنوان و نام پدیدآور	: طراحی روسازی بتنی: ساختار و عملکرد/نوربرت ج. دلیت؛ مترجم محمدرضا احدی
وضعیت ویراست	: ویراست ۲
مشخصات نشر	: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	: ل، ۲۷، ص
فروست	: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، شماره نشر: ت- ۸۴۵
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۱۱۳-۲۱۶-۲
وضعیت فهرستویی	: فیبا
یادداشت	: عنوان اصلی: Concrete pavement design, construction, and performance, 2008
یادداشت	: ویراست قبلی کتاب حاضر در سال ۱۳۹۲ با همین عنوان با ترجمه محمدرضا احدی، فرید قیماصغری، احسان یعقوبی توسط تایماز منتشر شده است.
موضوع	: روسازی با بتن
موضوع	: Pavements, Concrete
شناسه افزوده	: احدی، محمدرضا، ۱۳۳۹ -، مترجم
شناسه افزوده	: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
شناسه افزوده	: Road, Housing and Urban Development Research Center
رده بندی کنگره	: ۶۷۴
رده بندی دیویی	: ۶۷۴
شماره کتابشناسی ملی	: ۶۷۴



مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

نام کتاب: طراحی روسازی بتنی ساختار و عملکرد

مترجم: محمدرضا احدی

شماره نشر: ت- ۸۴۵

ناشر: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

نوبت چاپ: اول ویرایش دوم

تیراژ: ۲۰ جلد

قطع: وزیری

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: اداره انتشارات و چاپ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

قیمت: ۵۲۰۰۰۰ ریال

ISBN: 978-600-113-216-2

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۱۳-۲۱۶-۲

مسئولیت صحت دیدگاه‌های علمی بر عهده نگارندگان محترم می‌باشد.
کلیه حقوق چاپ و انتشار اثر برای مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی محفوظ است.

نشانی ناشر: تهران، بزرگراه شیخ فضل ... نوری، روبروی فاز ۲ شهرک فرهنگیان، خیابان نارگل، خیابان شهید علی مروی، خیابان حکمت صندوق پستی: ۱۳۱۴۵-۱۶۹۶ تلفن: ۸۸۲۵۵۹۴۲-۶ دورنگار: ۸۸۳۸۴۱۳۲
فروش الکترونیکی: [http:// pub.bhrc.ac.ir](http://pub.bhrc.ac.ir) پست الکترونیکی: pub@bhrc.ac.ir

سخن مرکز

مطالعات با رویکرد نظری، شیوه، استراتژی و ابزارهای انجام یک کار پژوهشی بوده و نقش مهمی در موفقیت و تعمیم‌پذیری آن دارد. در بسیاری از حوزه‌های تخصصی پژوهشی، روش‌های تحقیق استاندارد به کار می‌رود و بدین ترتیب پژوهشگر می‌تواند از میان روش‌های موجود و با توجه به موضوع کار خود، یکی را انتخاب کرده و پژوهش خود را بر پایه آن انجام دهد. به دلیل میان‌رشته‌ای بودن بسیاری از مطالعات و تحقیقات انجام شده در حوزه‌های تخصصی روسازی، معمولاً روش‌های تحقیق استاندارد و از پیش تعیین شده‌ای وجود نداشته و پژوهشگر ناچار خواهد بود ترکیبی از روش‌های تحقیق سایر رشته‌ها را مورد استفاده قرار دهد. به همین دلیل، انتخاب و تدوین چارچوب روش تحقیق همواره کار دشوار و پیچیده بود و مستلزم تجربه و دانش گسترده است. با توجه به محوریت مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی در حوزه مطالعات کاربردی مربوط به شهر، ساختمان و راه‌سازی، هدف از کتاب حاضر طراحی روسازی بتنی و بیان ساختار و عملکرد این نوع روسازی می‌باشد.

• حمد شکرچی زاده

رئیس مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول- کلیات.....
۱	۱-۱- مقدمه.....
۲	۲-۱- تاریخچه.....
۳	۳-۱- آزمایش های اولیه جاده ای.....
۷	۴-۱- آزمایش جاده ای آشتو.....
۹	۵-۱- سیر تکاملی در طراحی.....
۱۲	۶-۱- رنامه درازمدت عملکرد روسازی.....
۱۴	۷-۱- اقتصاد، عمر خدمت دهی و هزینه های چرخه عمر.....
۱۴	۸-۱- چالش های آینده.....
۱۵	۹-۱- نگاه جامع و نوین.....
۱۵	۱-۹-۱- مرافقه به بازترکم ترافیک و چالش های مربوط به ایمنی.....
۱۹	۲-۹-۱- بازیافت و استفاده مجدد از مواد.....
۲۲	۳-۹-۱- اثرات زیست محیطی.....
۲۴	۴-۹-۱- پایداری.....
۲۷	۱۰-۱- منابعی برای اطلاعات، گزارش های روشنی، خطمشی ها و استانداردها.....
۲۹	۱-۱۰-۱- بزرگراه ها.....
۳۰	۲-۱۰-۱- فرودگاه ها.....
۳۱	فصل دوم- انواع روسازی بتنی.....
۳۱	۱-۲- روسازی بتنی غیر مسلح درزدار.....
۳۴	۲-۲- روسازی بتنی مسلح درزدار.....
۳۶	۳-۲- روسازی بتنی مسلح یکپارچه.....
۳۷	۴-۲- درزهای متداول روسازی.....
۳۸	۵-۲- درزهای عرضی انقباضی.....
۴۱	۶-۲- درزهای طولی.....
۴۳	۷-۲- درزهای اجرایی.....
۴۴	۸-۲- درزهای انبساطی.....
۴۶	۹-۲- روکش ها.....
۴۸	۱۰-۲- روسازی های بتنی پیش تنیده و پیش ساخته.....

۴۸	۱۱-۲-روسازی پیش تنیده.....
۵۱	۱۲-۲-پانل های روسازی پیش ساخته.....
۵۳	۱۳-۲- بتن غلطکی متراکم.....
۵۴	۱۴-۲- بتن نفوذپذیر یا متخلخل.....
۵۷	فصل سوم- عملکرد روسازی.....
۵۸	۱-۳- ترک خوردگی.....
۵۸	۱-۱-۳- شکستگی های گوشه.....
۵۹	۲-۱-۳- ترک خوردگی دوام یا ترک خوردگی نوع D.....
۶۰	۱-۳- ترک خوردگی طولی.....
۶۰	۳-۴- ترک خوردگی عرضی.....
۶۳	۲-۳- خرابی های درز.....
۶۳	۱-۲-۳- تخریب آب های درز (طولی یا عرضی).....
۶۴	۲-۲-۳- پوسته شدگی درز (عرضی یا طولی).....
۶۴	۳-۳- خرابی های سطحی.....
۶۴	۱-۳-۳- ترک خوردگی سطحی.....
۶۶	۲-۳-۳- پوسته شدگی.....
۶۷	۳-۳-۳- صیقلی شدن سنگدانه ها.....
۶۸	۳-۴-۳- بیرون پریدگی.....
۶۸	۴-۳- خرابی های متفرقه.....
۶۸	۱-۴-۳- ترکیب دگی.....
۷۰	۲-۴-۳- پلکانی شدن درزها و ترک های عرضی.....
۷۱	۳-۲-۳- افتادگی شانه نسبت به سواره رو.....
۷۱	۴-۴-۳- جدایی سواره رو و شانه.....
۷۲	۵-۴-۳- خرابی وصله.....
۷۳	۶-۴-۳- بیرون زدگی آب یا مکش.....
۷۴	۷-۴-۳- سوراخ شدگی.....
۷۵	۸-۴-۳- خرابی درز عرضی اجرایی.....
۷۶	۵-۳- مشخصات رویه.....
۷۶	۱-۵-۳- همواری.....
۷۸	۲-۵-۳- مقاومت لغزشی.....
۸۱	۳-۵-۳- سروصدا.....

فصل چهارم- بستر، زیراساس و زهکش..... ۸۵

- ۸۶..... ۱-۱-۴- لایه بستر
- ۸۹..... ۱-۱-۴- خاک بستر متورم شونده
- ۹۰..... ۲-۱-۴- خاک بستر آسیب‌پذیر در برابر یخبندان
- ۹۱..... ۲-۲-۴- زیراساس و اساس
- ۹۴..... ۱-۲-۴- اساس تثبیت شده
- ۹۷..... ۲-۲-۴- انتخاب نوع اساس یا زیراساس تثبیت‌شده
- ۹۸..... ۳-۲-۴- اصطکاک و مواد جدا کننده
- ۹۹..... ۳-۳- زهکش سطحی
- ۱۰۰..... ۴-۳- زهکشی زیرسطحی
- ۱۰۳..... ۱-۴-۴- نرم‌افزار طراحی زهکش زیرسطحی
- ۱۰۴..... ۴-۴- تعیین مقدار جریان آب درونی
- ۱۰۵..... ۳-۴-۴- طراحی اساس قابل نفوذ
- ۱۰۷..... ۴-۴-۴- طراحی لایه جدا کننده
- ۱۰۸..... ۵-۴-۴- مثال طراحی
- ۱۱۳..... ۵-۴-۵- زهکش جانبی
- ۱۱۴..... ۱-۵-۴- مثال طراحی
- ۱۱۴..... ۲-۵-۴- بهبود زهکش‌های لبه
- ۱۱۶..... ۳-۵-۴- زهکشی فرودگاه

فصل پنجم- انتخاب مصالح بتن..... ۱۱۷

- ۱۱۸..... ۱-۵- سیمان
- ۱۱۹..... ۲-۵- مواد مکمل سیمانی
- ۱۱۹..... ۱-۲-۵- خاکستر بادی
- ۱۲۰..... ۲-۲-۵- سرباره
- ۱۲۰..... ۳-۲-۵- سایر مواد سیمانی مکمل
- ۱۲۱..... ۳-۵- مصالح سنگی و آب
- ۱۲۳..... ۱-۳-۵- مصالح درشت‌دانه
- ۱۲۳..... ۲-۳-۵- مصالح ریزدانه
- ۱۲۴..... ۳-۳-۵- دانه‌بندی بهینه شده مخلوط سنگدانه‌ها
- ۱۲۸..... ۴-۳-۵- سنگدانه‌های سبک
- ۱۲۹..... ۵-۳-۵- استفاده از مصالح زائد به عنوان مصالح سنگی

۲۰۳	۸-۴- مقدمه‌ای بر راهنمای طراحی روسازی مکانیستیک- تجربی (M-E).....
۲۰۷	فصل نهم- طراحی روسازی با ترافیک سبک.....
۲۰۸	۹-۱- راهنمای طراحی ACI 325.12R و ACI 330.....
۲۰۹	۹-۱-۱- نمونه مشخصات طراحی.....
۲۱۰	۹-۱-۲- مشخصات ترافیک.....
۲۱۰	۹-۱-۳- نحوه آرایش درزها.....
۲۱۲	۹-۲- نرم‌افزار طراحی STREETPAVE از انجمن روسازی بتنی آمریکا.....
۲۱۲	۹-۲-۱- تنظیمات کلی.....
۲۱۳	۹-۲-۲- ورودی سطح پروژه.....
۲۱۴	۹-۳- ورودی‌های ترافیکی.....
۲۱۵	۹-۴-۲- مشخصات روسازی.....
۲۱۶	۹-۲-۵- آنالیز روسازی موجود و روسازی جدید.....
۲۱۸	۹-۲-۶- هزینه‌های چسب و غلظت.....
۲۱۹	۹-۳- مثال‌های طراحی.....
۲۲۲	۹-۴- جداول طراحی روسازی با ترافیک سبک.....
۲۲۸	۹-۴-۱- روسازی بتنی نفوذپذیر.....
۲۳۴	۹-۵- تقاطع‌های بتنی.....
۲۳۷	۹-۶- روسازی مرکب با بتن غلطکی متراکم.....
۲۳۷	۹-۷- روسازی با دال‌های کوتاه و نازک.....
۲۳۹	فصل دهم- طراحی روسازی فرودگاه.....
۲۴۱	۱۰-۱- اساس و زیراساس روسازی فرودگاه‌ها.....
۲۴۳	۱۰-۲- ملاحظات طراحی.....
۲۴۲	۱۰-۳- تعیین حرکت معادل سالیانه هواپیمای طرح.....
۲۴۵	۱۰-۴- طراحی برای یخبندان و یخبندان دائمی.....
۲۴۷	۱۰-۵- طراحی روسازی صلب به روش سازمان هواپیمایی فدرال.....
۲۴۷	۱۰-۵-۱- تعیین مدول فنداسیون (مقدار k).....
۲۴۷	۱۰-۵-۲- تعیین ضخامت دال بتنی.....
۲۴۸	۱۰-۵-۳- نواحی بحرانی و غیربحرانی.....
۲۴۸	۱۰-۵-۴- حجم بالای ترافیک.....
۲۴۹	۱۰-۵-۵- درزها.....
۲۵۰	۱۰-۵-۶- روسازی‌های مسلح و CRC.....

- ۶-۱۰- طراحی روسازی الاستیک لایه‌ای ۲۵۰
- ۷-۱۰- نرم‌افزارهای طراحی روسازی فرودگاه ۲۵۲
- ۱-۷-۱۰- روش طراحی سازمان هواپیمایی فدرال استاندارد (فصل سوم) ۲۵۳
- ۲-۷-۱۰- طراحی الاستیک لایه‌ای (فصل ۷) ۲۵۷
- ۸-۱۰- مثال‌های طراحی ۲۶۰
- ۹-۱۰- روسازی فرودگاه برای هواپیماهای سبک ۲۶۲
- فصل یازدهم- طراحی روسازی صنعتی** ۲۶۵
- ۱-۱۱- روسازی‌های صنعتی متداول ۲۶۷
- ۲-۱۱- روسازی‌های صنعتی بتن غلطکی متراکم ۲۶۷
- ۳-۱- مثال طراحی روسازی صنعتی ۲۷۰
- ۱-۳-۱۱- مثال طراحی ۱- ماشین حمل کانتینر ۲۷۰
- ۱-۳-۱۱- مثال طراحی ۲- جرقیل دروازه‌ای متحرک ۲۷۱
- ۴-۱۱- مطالعات موردی روسازی صنعتی ۲۷۲
- ۱-۴-۱۱- روسازی صنعتی متداول با سیمان بدون افت ۲۷۲
- ۲-۴-۱۱- توسعه پانله بتنی با بتن غلطکی متراکم ۲۷۴
- فصل دوازدهم- نواحی انتقالی، جزئیات خاص و طراحی آرماتور روسازی بتنی مسلح یکپارچه** ۲۷۵
- ۱-۱۲- نواحی انتقالی ۲۷۵
- ۱-۱-۱۲- نواحی انتقالی بین روسازی‌های بتنی ۲۷۶
- ۲-۱-۱۲- نواحی انتقالی بین روسازی‌های بتنی و کف بتنی ۲۷۷
- ۲-۱۲- طراحی ضخامت برای روسازی بتنی مسلح یکپارچه ۲۷۸
- ۳-۱۲- طراحی آرماتور روسازی بتنی مسلح یکپارچه برای راه‌های اصلی- شیب ۲۸۰
- ۱-۳-۱۲- درصد فولاد بر پایه فاصله ترک‌ها ۲۸۰
- ۲-۳-۱۲- درصد فولاد بر پایه عرض ترک ۲۸۱
- ۴-۱۲- درصد فولاد براساس تنش فولاد ۲۸۲
- ۱-۴-۱۲- آرماتورهای عرضی روسازی بتنی مسلح یکپارچه ۲۸۳
- ۲-۴-۱۲- مثال طراحی ۲۸۳
- ۳-۴-۱۲- نرم‌افزار ۲۸۴
- ۴-۴-۱۲- عملکرد میدانی روسازی بتنی مسلح یکپارچه در راه‌های اصلی ۲۸۵
- ۵-۱۲- طراحی آرماتورهای روسازی بتنی مسلح یکپارچه برای فرودگاه‌ها ۲۸۷
- ۱-۵-۱۲- فولاد لازم برای مقاومت در برابر گیرداری بستر ۲۸۷

۲۸۷	۱۲-۵-۲- فولاد برای مقاومت در برابر اثرات حرارتی.....
۲۸۸	۱۲-۵-۳- نسبت بتن به فولاد.....
۲۸۸	۱۲-۵-۴- آرماتورهای عرضی.....
۲۸۸	۱۲-۵-۵- مثال طراحی.....
۲۸۹	۱۲-۷- آرماتوربندی روسازی بتنی مسلح یکپارچه و مهاربندی انتهایی.....
۲۸۹	۱۲-۷-۱- جزئیات آرماتوربندی.....
۲۹۱	۱۲-۷-۲- مهاربندهای انتهایی و درزهای پایانی.....
۲۹۵	۱۲-۷-۳- درزهای عرضی اجرایی.....
۲۹۶	۱۲-۷-۴- رویازی بدون درز- مطالعه موردی.....
۲۹۷	فصل سیزدهم- اجرای بستر و زیراساس.....
۲۹۷	۱۳-۱- آماده سازی زمین.....
۲۹۸	۱۳-۱-۱- تدوین طرح و تراکم بستر.....
۳۰۱	۱۳-۱-۲- کنترل خاک، منبسط شونده.....
۳۰۲	۱۳-۱-۳- کنترل تراکم ناشی از ریزش.....
۳۰۳	۱۳-۱-۴- تثبیت بستر.....
۳۰۴	۱۳-۱-۵- سایر ملاحظات مربوط به بستر.....
۳۰۴	۱۳-۲- اجرای زیراساس و اساس.....
۳۰۵	۱۳-۲-۱- زیراساس تثبیت نشده.....
۳۰۶	۱۳-۲-۲- اساس و زیراساس تثبیت شده توسط سیمان.....
۳۰۹	۱۳-۲-۳- اساس و زیراساس بتنی کم سیمان.....
۳۱۰	۱۳-۲-۴- زیراساس و اساس تثبیت شده با قیر.....
۳۱۱	۱۳-۲-۵- اساس نفوذپذیر.....
۳۱۲	۱۳-۲-۶- مسائل مرتبط با اساس تثبیت شده.....
۳۱۳	فصل چهاردهم- اجرای روسازی.....
۳۱۴	۱۴-۱- ملاحظات مربوط به تولید بتن.....
۳۱۵	۱۴-۲- اجرای روسازی با قالب لغزنده.....
۳۲۳	۱۴-۳- اجرای روسازی با قالب ثابت.....
۳۲۸	۱۴-۴- دستگاه های اجرای روسازی عرشه پل.....
۳۲۸	۱۴-۵- برنامه ریزی و رفع عیوب.....
۳۲۹	۱۴-۶- اجرای روسازی بتنی زودگیر.....
۳۳۰	۱۴-۶-۱- آزمایش رسیدن بتن.....

فصل پانزدهم- پرداخت نهایی، ایجاد بافت سطحی، عمل آوری، برش و آببندی درزها ۳۳۳

۳۳۳..... ۱-۱۵- پرداخت نهایی و ایجاد بافت سطحی

۳۳۴..... ۲-۱۵- عمل آوری

۳۳۵..... ۱-۲-۱۵- عوامل تأثیرگذار بر ضوابط عمل آوری

۳۳۸..... ۲-۲-۱۵- عمل آوری اولیه

۳۳۹..... ۳-۲-۱۵- عمل آوری نهایی بتن

۳۴۱..... ۴-۲-۱۵- مدیریت دما

۳۴۲..... ۵-۲-۱۵- پایان عملیات عمل آوری و ارزیابی اثربخشی

۳۴۳..... ۶-۲-۱۵- ملاحظات مربوط به روکش‌های کم ضخامت

۳۴۳..... ۳-۱۵- برش و آببندی درزها

۳۵۰..... ۴-۱۵- اقدامات اجرایی و عمل آوری روسازی در آب‌وهوای سرد و گرم

۳۵۱..... ۱-۱۶- اقدامات احتیاطی در شرایط آب‌وهوایی گرم

۳۵۴..... ۲-۱۶- اقدامات احتیاطی در شرایط آب‌وهوایی سرد

۳۵۵..... ۳-۴-۱۶- ساخت ساید دمای محیط

۳۵۶..... ۵-۱۶- نرم‌افزار H. PERI ۳۷

فصل شانزدهم- نگهداری و راه‌آزی ۳۶۳

۳۶۵..... ۱-۱۶- مدیریت روسازی

۳۷۰..... ۲-۱۶- آب‌بندی مجدد درزها و ترک‌ها

۳۷۱..... ۱-۲-۱۶- آب‌بندی مجدد درز

۳۷۲..... ۲-۲-۱۶- آب‌بندی مجدد ترک

۳۷۳..... ۳-۲-۱۶- نگهداری سامانه‌های زهکشی

فصل هفدهم- ترمیم ۳۷۵

۳۷۶..... ۱-۱۷- انتخاب روش‌های نگهداری و روکش

۳۷۸..... ۲-۱۷- تعمیرات عمیق و نیمه عمیق

۳۷۹..... ۱-۲-۱۷- وصله عمیق

۳۸۲..... ۲-۲-۱۷- وصله نیمه عمیق

۳۸۳..... ۳-۲-۱۷- تقویت با میلگردهای اتصال و میل‌دوخت‌گذاری متقاطع

۳۸۴..... ۴-۲-۱۷- میلگردهای اتصال تقویتی

۳۸۶..... ۵-۲-۱۷- میل‌دوخت‌گذاری متقاطع

۳۸۷..... ۳-۱۷- سایدن و شیارزدن

۳۹۰..... ۴-۱۷- تثبیت دال

۳۹۳	فصل هجدهم - روکش ها و رویه های میانی
۳۹۴	۱-۱۸ - روکش های بتنی برای روسازی بتنی
۳۹۴	۱-۱-۱۸ - روکش های بدون پیوستگی
۴۰۰	۲-۱-۱۸ - روکش های با پیوستگی کامل
۴۰۵	۲-۱۸ - روکش های بتنی روسازی های آسفالتی
۴۰۶	۱-۲-۱۸ - روکش های بتنی بر روی آسفالت
۴۰۹	۲-۲-۱۸ - روکش های بتنی فوق نازک بر روی آسفالت
۴۱۵	۳-۲-۱۸ - روکش های بتنی روی آسفالت
۴۱۶	۴-۲-۱۸ - رویه های میانی بتنی
۴۱۷	واژه نامه
۴۲۳	اختصارات