

تحلیل و طراحی روسازی

حسن طاهرخانی (دکتری راه و ترابری)

احسان صولتیان (کاوشناس ارشد راه و ترابری)

سرشناسه	طاهرخانی، حسن، ۱۳۴۸-
عنوان و نام پدیدآور	تحلیل و طراحی روسازی / حسن طاهرخانی، احسان صولتیان.
مشخصات نشر	زنجان: دانش زنجان، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	۵۵۶ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	۷۹۰۰۰ ریال: ۱-۵۷-۵۹۳۴-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست‌نویسی	فیپا
یادداشت	کتابنامه
موضوع	روسازی -- راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع	روسازی -- طرح و ساختمان
موضوع	روسازی -- روکش‌ها
شناسه افزوده	صولتیان، احسان، ۱۳۶۲-
رده‌بندی دیوئی	۶۲۵/۸۰۷۶:
رده‌بندی گنگره	۳۱۳۹۰ ت ۹ ص / TE ۲۵۰
شماره کتابشناسی ملی	۲۵۰۲۶۸۹:

تحلیل و طراحی روسازی

حسن طاهرخانی، احسان صولتیان



ناشر: انتشارات دانش زنجان

چاپ و صحافی: ولی عصر

نیراز: ۱۰۰۰ نسخه

چاپ اول، زمستان ۹۰

طراحی جلد: احمد رضا حبیبی

مرکز پخش

زنجان: خیابان سعدی وسط، جنب بانک ملی شعبه سعدی، شماره ۲۹۵ و ۲۹۷، مرکز کتاب

زنجان، تلفن: ۵-۲۴۱-۳۲۳۱۷۹۴



فهرست

صفحه	عنوان
	پیشگفتار
	فصل اول: مقدمه و کلیات
۲	۱-۱ تاریخچه طراحی روسازی
۲	۱-۱-۱ روسازی های انعطاف پذیر
۱۰	۱-۱-۲ روسازی های صلب
۱۱	۲-۱ انواع روسازی ها
۱۱	۱-۲-۱ روسازی های انعطاف پذیر
۱۷	۲-۲-۱ روسازی های صلب
۲۷	۳-۲-۱ روسازی های مرکب
۳۱	۳-۱ آزمایش های جاده ای
۳۱	۱-۳-۱ آزمایش جاده مریند
۳۳	۲-۳-۱ آزمایش جاده ای واشو
۳۵	۳-۳-۱ آزمایش جاده ای آشور
۴۰	۴-۳-۱ برنامه تحقیقات جامع راه
۴۱	۵-۳-۱ برنامه مطالعه عملکرد دراز مدت روسازی
۴۲	۶-۳-۱ مطالعات دیگر

۴۲	۴-۱ عوامل موثر بر طراحی
۴۵	۴-۱-۱ ترافیک و بارگذاری
۵۰	۴-۱-۲ عوامل جوی
۵۵	۴-۱-۳ مصالح روسازی
۵۷	۴-۱-۴ معیارهای شکست
۶۱	۴-۱-۵ قابلیت اعتماد
۶۲	۴-۱-۶ سیستم‌های مدیریت روسازی
۶۵	۵-۱ روسازی‌های راه، فرودگاه، و راه آهن
۶۵	۵-۱-۱ روسازی راه و فرودگاه
۶۶	۵-۱-۲ راه و راه آهن

فصل دوم: تنش‌ها و کرنش‌ها در روسازی اعطاف‌پذیر

۸۶	۱-۲ جرم همگن
۸۷	۱-۱-۲ راه‌حل‌های نموداری
۹۲	۲-۱-۲ جواب‌ها در محور تقارن
۹۷	۳-۱-۲ جرم غیرخطی
۱۰۴	۲-۲ سیستم‌های لایه‌ای
۱۰۵	۱-۲-۲ سیستم‌های دولایه‌ای
۱۲۵	۲-۲-۲ سیستم‌های سه لایه‌ای
۱۳۴	۳-۲ راه‌حل‌های ویسکوالاستیکی
۱۳۵	۱-۳-۲ توصیف مصالح
۱۴۴	۲-۳-۲ روش تلفیقی
۱۵۴	۳-۳-۲ تحلیل بارهای متحرک

فصل سوم: بارگذاری و حجم ترافیک

۱۷۲	۱-۳ روش‌های طراحی
۱۷۲	۱-۱-۳ ترافیک ثابت
۱۷۲	۲-۱-۳ وسیله نقلیه ثابت
۱۷۳	۳-۱-۳ ترافیک و وسیله نقلیه متغیر
۱۷۳	۲-۳ بار چرخ منفرد هم ارز
۱۷۵	۱-۲-۳ معیار تنش عمودی هم ارز
۱۸۰	۲-۲-۳ معیار افت و خیز قائم هم ارز
۱۸۷	۳-۲-۳ معیار کرنش کششی هم ارز
۱۸۹	۴-۲-۳ معیاری بر مبنای فشار تماسی هم ارز
۱۹۲	۳-۳ ضریب بار محوری هم ارز
۲۰۴	۴-۳ تحلیل ترافیک
۲۰۶	۱-۴-۳ ترافیک متوسط روزانه کامیون
۲۰۶	۲-۴-۳ ضریب کامیون
۲۰۸	۳-۴-۳ ضریب رشد
۲۱۱	۴-۴-۳ ضریب توزیع خطی
۲۱۶	۵-۴-۳ دیگر ملاحظات طراحی

فصل چهارم: توصیف مصالح روسازی

۲۲۶	۱-۴ مدول ارتجاعی
۲۲۷	۱-۴-۱ شکل موج بارگذاری
۲۳۲	۲-۱-۴ تجهیزات
۲۳۴	۳-۱-۴ مصالح دانهای

۲۳۹.....	۴-۱-۴ خاک‌های ریزدانه
۲۴۵.....	۵-۱-۴ مخلوط‌های آسفالتی
۲۴۶.....	۶-۱-۴ ارتباط مدول ارتجاعی با آزمایش‌های دیگر
۲۵۸.....	۲-۴ مدول دینامیکی مخلوط‌های آسفالتی
۲۶۰.....	۱-۲-۴ مدول دینامیکی مختلط
۲۶۲.....	۲-۲-۴ مدول سختی دینامیکی
۲۶۶.....	۳-۲-۴ فرمول‌ها و گراف‌ها برای تعیین مدول دینامیکی
۲۸۵.....	۳-۴ خصوصیات خستگی
۲۹۶.....	۴-۴ پارامترهای تغییر شکل دائمی
۲۹۶.....	۱-۴-۴ اصول پایه
۳۰۳.....	۲-۴-۴ انواع آزمایش‌ها
۳۱۰.....	۵-۴ ترک خوردگی حرارتی
۳۱۵.....	۶-۴ ترک‌های بالابه پایین در رویه آسفالتی
۳۱۶.....	۷-۴ سایر خصوصیات مصالح روسازی
۳۱۶.....	۱-۷-۴ مدول عکس‌العمل بستر
۳۱۸.....	۲-۷-۴ مدول الاستیسیته
۳۲۱.....	۳-۷-۴ نسبت پواسون

فصل پنجم: طراحی زهکشی روسازی

۳۳۶.....	۱-۵ ملاحظات کلی
۳۳۶.....	۱-۱-۵ اثرات مخرب آب
۳۳۷.....	۲-۱-۵ حرکت آب در روسازی
۳۴۰.....	۳-۱-۵ روش‌های کنترل آب در روسازی

۳۴۵	۲-۵ مصالح زهکش
۳۴۵	۱-۲-۵ مصالح سنگی
۳۵۵	۲-۲-۵ ژئوتکستایل ها
۳۶۱	۳-۲-۵ لوله ها
۳۶۳	۳-۵ روش های طراحی
۳۶۴	۱-۳-۵ تخمین جریان آب ورودی به روسازی
۳۷۷	۲-۳-۵ تعیین ظرفیت زهکشی

فصل ششم: طراحی روسازی انعطاف پذیر

۳۹۶	۱-۶ مقدمه
۳۹۸	۲-۶ روش های طراحی
۳۹۸	۱-۲-۶ روش های مبتنی بر تجربه
۳۹۹	۲-۲-۶ روش های مبتنی بر طبقه بندی خاک و آزمایش های ساده مقاومت
۳۹۹	۳-۲-۶ روش های مبتنی بر ارزیابی آماری عملکرد روسازی
۴۰۰	۴-۲-۶ روش های مبتنی بر تحلیل سازه ای سیستم های لایه ای
۴۰۱	۳-۶ روش مودسه انستیتو آسفالت
۴۰۱	۱-۳-۶ معیارهای طراحی
۴۰۲	۲-۳-۶ تحلیل ترافیک
۴۰۶	۳-۳-۶ توصیف مصالح
۴۱۲	۴-۳-۶ اثرات محیطی
۴۱۴	۵-۳-۶ روش طراحی
۴۲۸	۶-۳-۶ مقایسه با عملکرد مشاهده شده
۴۳۰	۴-۶ روش تجربی آشتو

۴۳۰	۱-۴-۶ متغیرهای طراحی
۴۳۵	۲-۴-۶ معادلات طراحی
۴۴۰	۳-۴-۶ مدول ارتجاعی مؤثر خاک بستر
۴۴۳	۴-۴-۶ عدد سازه‌ای
۴۴۸	۵-۴-۶ انتخاب ضخامت لایه‌ها
۴۵۲	۶-۴-۶ ساخت مرحله‌ای
۴۵۴	۷-۴-۶ مقایسه باهوش انستیتو آسفالت
۴۵۵	۵-۶ روش تحلیلی - تجربی اشتو
۴۵۶	۱-۵-۶ روش طراحی
۴۵۶	۲-۵-۶ داده‌های ورودی سلسله مراتبی
۴۵۷	۳-۵-۶ توصیف ترافیک
۴۵۸	۴-۵-۶ اثرات محیطی
۴۵۹	۵-۵-۶ مدل‌سازی سازه‌ای ساختارروسازی
۴۶۱	۶-۵-۶ پیش‌بینی عملکرد
۴۶۷	۷-۵-۶ قابلیت اطمینان طرح
۴۶۸	۸-۵-۶ مروری بر فرآیند طراحی روسازی انعطاف‌پذیر

فصل هفتم: طراحی روکش

۴۷۸	۱-۷ انواع روکش‌ها
۴۷۸	۱-۱-۷ روکش HMA روی روسازی‌های آسفالتی
۴۷۹	۲-۱-۷ روکش‌های HMA روی روسازی‌های PCC
۴۸۵	۳-۱-۷ روکش‌های PCC روی روسازی‌های آسفالتی
۴۸۶	۴-۱-۷ روکش‌های PCC روی روسازی‌های PCC

۴۸۸	۲-۷ روش شناسی طراحی
۴۸۹	۱-۲-۷ رویکرد ضخامت موثر
۴۹۰	۲-۲-۷ رویکرد تغییر شکلی
۴۹۰	۳-۲-۷ رویکرد نظری - تجربی
۴۹۳	۳-۷ روش انیستیتو آسفالت
۴۹۳	۱-۳-۷ روکش آسفالتی بر روی روسازی آسفالتی
۵۰۵	۴-۷ روش اشکو
۵۰۵	۱-۴-۷ طراحی روکش در طول پروژه
۵۰۹	۲-۴-۷ ارزیابی ظرفیت سازه‌ای با موثر
۵۱۹	۳-۴-۷ تحلیل ظرفیت سازه‌ای آینده
۵۲۰	۴-۴-۷ روش طراحی روکش

فهرست اشکال

عنوان

صفحه

فصل اول: مقدمه و کلیات

شکل ۱-۱ کرنش های کششی و فشاری در روسازی انعطاف پذیر.....	۶
شکل ۲-۱ مقطع عرضی معمول روسازی انعطاف پذیر.....	۱۲
شکل ۳-۱: مقطع یک روسازی تمام آسفالتی.....	۱۶
شکل ۴-۱ یک مقطع نمونه از روسازی صلب.....	۱۷
شکل ۵-۱ مکانیزم پمپینگ در روسازی صلب.....	۱۹
شکل ۶-۱ مکانیزم یخبندان در روسازی.....	۲۱
شکل ۷-۱ انواع روسازی بتنی.....	۲۴
شکل ۸-۱ دو مقطع عرضی مختلف برای روسازی مرکب.....	۳۰
شکل ۹-۱ نمونه مقاطع عرضی برای روسازی های مرکب.....	۳۰
شکل ۱۰-۱ جاده آزمایشی مریلند.....	۳۶
شکل ۱۱-۱ جاده آزمایشی واشو.....	۳۶
شکل ۱۲-۱ شکل معمول ترکیب چرخ ها برای یک نیمه تریلر.....	۴۶
شکل ۱۳-۱ رابطه بین فشار تماسی و فشار لاستیک.....	۴۷
شکل ۱۴-۱ ابعاد سطح تماس لاستیک.....	۴۹
شکل ۱۵-۱ مثال ۱-۱.....	۵۰

- شکل ۱-۱۶ حداکثر عمق یخبندان در آمریکا ۵۲
- شکل ۱-۱۷ تعیین شاخص یخبندان ۵۴
- شکل ۱-۱۸ دیاگرام سیستم مدیریت روسازی در سطح پروژه ۶۴
- شکل ۱-۱۹ استفاده از آسفالت در روسازی راه آهن ۶۸

فصل دوم: تنش‌ها و کرنش‌ها در روسازی انعطاف پذیر

- شکل ۲-۱ مولفه‌های تنش در زیر بار گذاری متقارن محوری ۸۷
- شکل ۲-۲ تنش‌های قائم ناشی از بار گذاری دایره‌ای ۸۸
- شکل ۲-۳ تنش‌های شعاعی ناشی از بار گذاری دایره‌ای ۸۸
- شکل ۲-۴ تنش‌های مماسی ناشی از بار گذاری دایره‌ای ۸۹
- شکل ۲-۵ تنش‌های برشی ناشی از بار گذاری دایره‌ای ۸۹
- شکل ۲-۶ تغییر شکل‌های قائم ناشی از بار گذاری دایره‌ای ۹۰
- شکل ۲-۷ نحوه بار گذاری در مثال ۲-۱ ۹۱
- شکل ۲-۸ نحوه بار گذاری در مثال ۲-۲ ۹۵
- شکل ۲-۹ تفاوت‌های مابین صفحات صلب و انعطاف پذیر ۹۶
- شکل ۲-۱۰ نحوه بار گذاری مثال ۲-۳ ۹۷
- شکل ۲-۱۱ تقسیم نیمه فضایی به یک سیستم هفت لایه‌ای ۹۸
- شکل ۲-۱۲ مثال ۲-۴ ۱۰۲
- شکل ۲-۱۳ یک سیستم n لایه‌ای در معرض یک بار دایره‌ای ۱۰۵
- شکل ۲-۱۴ توزیع تنش قائم در یک سیستم دو لایه‌ای ۱۰۷
- شکل ۲-۱۵ تنش‌های مرزی قائم برای سیستم‌های دو لایه‌ای ۱۰۷
- شکل ۲-۱۶ مثال ۲-۵ ۱۰۸
- شکل ۲-۱۷ تغییر شکل‌های قائم رویه برای سیستم‌های دو لایه‌ای ۱۱۰

- شکل ۱۸-۲ مثال ۶-۲ ۱۱۰
- شکل ۱۹-۲ تغییر شکل های قائم در فصل مشترک برای سیستم های دو لایه ای ۱۱۲
- شکل ۲۰-۲ مثال ۷-۲ ۱۱۴
- شکل ۲۱-۲ ضریب کرنش برای چرخ منفرد ۱۱۶
- شکل ۲۲-۲ مثال ۸-۲ ۱۱۶
- شکل ۲۳-۲ ضریب تبدیل برای چرخ های زوج ۱۱۸
- شکل ۲۴-۲ مثال ۹-۲ ۱۲۰
- شکل ۲۵-۲ ضریب تبدیل برای چرخ های تاندوم مرکب با فاصله تاندوم ۱۲۲
- شکل ۲۶-۲ ضریب تبدیل برای چرخ های تاندوم مرکب با فاصله تاندوم ۱۲۳
- شکل ۲۷-۲ ضریب تبدیل برای چرخ های تاندوم مرکب با فاصله تاندوم ۱۲۳
- شکل ۲۸-۲ مثال ۱۰-۲ ۱۲۴
- شکل ۲۹-۲ تنش ها در فصل مشترک یک سیستم دو لایه ای ۱۲۶
- شکل ۳۰-۲ مثال ۱۱-۲ ۱۲۸
- شکل ۳۱-۲ نمودارهای تعیین ضریب کرنش افقی در پایین لایه ۱۳۲
- شکل ۳۲-۲ مثال ۱۲-۲ ۱۳۴
- شکل ۳۳-۲ مدل های مکانیکی برای مصالح ویسکو الاستیک ۱۳۷
- شکل ۳۴-۲ سه مولفه کرنش در یک مدل برگرز ۱۴۰
- شکل ۳۵-۲ مثال ۱۳-۲ ۱۴۳
- شکل ۳۶-۲ مثال ۱۴-۲ ۱۴۵
- شکل ۳۷-۲ ضرایب نرمی خزش در درجه حرارت های مختلف ۱۴۹
- شکل ۳۸-۲ نمودار ضریب انتقال در برابر دما ۱۵۱
- شکل ۳۹-۲ مثال ۱۵-۲ ۱۵۳
- شکل ۴۰-۲ بار متحرک به صورت تابعی از زمان ۱۵۵

فصل سوم: بارگذاری و حجم ترافیک

شکل ۱-۳ ESWL بر مبنای تنش بستر عمودی هم ارز.....	۱۷۶
شکل ۲-۳ مثال ۱-۳.....	۱۷۷
شکل ۳-۳ موقعیت تنش یا تغییر شکل عمودی حداکثر روی بستر.....	۱۷۹
شکل ۴-۳ نمودار تعیین بار چرخ منفرد هم ارز.....	۱۸۴
شکل ۵-۳ مثال ۴-۳.....	۱۸۶
شکل ۶-۳ مثال ۵-۳.....	۱۸۸
شکل ۷-۳ مثال ۶-۳.....	۱۹۱
شکل ۸-۳ تحلیل خرابی بارهای محوری دو گانه و سه گانه.....	۲۰۳
شکل ۹-۳ نسبت کامیون‌ها در خط طراحی در یک راه چند خطه.....	۲۱۳

فصل چهارم: توصیف مصالح روسازی

شکل ۱-۴ کرنش‌ها تحت بارهای نکراری.....	۲۲۷
شکل ۲-۴ موج مثلثی معادل.....	۲۲۹
شکل ۳-۴ زمان پالس تنش‌های عمودی تحت بارگذاری مثلثی شکل.....	۲۲۹
شکل ۴-۴ زمان پالس تنش عمودی شکل تحت موج مربعی شکل.....	۲۳۰
شکل ۵-۴ مثال ۴-۱.....	۲۳۱
شکل ۶-۴ سلول سه محوری برای آزمایش نمونه استوانه ای.....	۲۳۴
شکل ۷-۴ قرارگیری ابزاراندازه گیری تغییر شکل در آزمایش کشش غیر مستقیم.....	۲۳۴
شکل ۸-۴ مثال ۷-۲.....	۲۳۹
شکل ۹-۴ رابطه عمومی بین مدول ارتجاعی و تنش انحرافی خاک‌های ریزدانه.....	۲۴۱
شکل ۱۰-۴ رابطه مدول ارتجاعی و تنش انحرافی برای چهار نوع خاک بستر.....	۲۴۲
شکل ۱۱-۴ مثال ۳-۴.....	۲۴۵

- شکل ۴-۱۲ نمودار ارتباطی برای ارزیابی مدول ارتجاعی خاک‌های بستر ۲۴۷
- شکل ۴-۱۳ شمای شماتیک پایداری سنج ۲۴۸
- شکل ۴-۱۴ نمودار طبقه بندی بسترو اساس با تست سه محوری نگزاس ۲۵۰
- شکل ۴-۱۵ نمودارهای ارتباطی برای تخمین مدول ارتجاعی بتن آسفالتی گرم ۲۵۳
- شکل ۴-۱۶ دیاگرام شماتیک تجهیزات آزمایش پیوستگی سنج ۲۵۴
- شکل ۴-۱۷ نموداری برای تخمین مدول ارتجاعی اساس ۲۵۶
- شکل ۴-۱۸ نمودار روابط برای تخمین مدول ارتجاعی زیراساس ۲۵۷
- شکل ۴-۱۹ تنش و کرنش دربار گذاری دینامیکی ۲۵۹
- شکل ۴-۲۰ آزمایش سه نقطه‌ای تیر برای مدول دینامیکی ۲۶۳
- شکل ۴-۲۱ رابطه بین مدول سختی و تنش خمشی ۲۶۶
- شکل ۴-۲۲ نمودار مدول سختی قیرها ۲۷۱
- شکل ۴-۲۳ نمودار تعیین مدول سختی مخلوط‌های آسفالتی ۲۷۴
- شکل ۴-۲۴ دیاگرام فازی مخلوط آسفالتی ۲۷۵
- شکل ۴-۲۵ دینامیک از بار گذاری کنترل شده برای آزمایش خستگی ۲۸۷
- شکل ۴-۲۶ تجهیزات آزمایش خستگی ۲۸۸
- شکل ۴-۲۷ رابطه بین کرنش با تعداد تکرار تا شکست ۲۸۹
- شکل ۴-۲۸ مثال ۴-۱۱ ۲۹۰
- شکل ۴-۲۹ نمودار پیش‌بینی عمر خستگی مخلوط‌های آسفالتی ۲۹۴
- شکل ۴-۳۰ نمودار لگاریتمی کرنش پلاستیک بر حسب تعداد تکرار بار گذاری ۲۹۹
- شکل ۴-۳۱ نمودار تغییرات $\log[1 - \frac{w_r(N)}{w}]$ بر حسب $\log N$ ۳۰۱
- شکل ۴-۳۲ تنش و کرنش در آزمایش استاتیک افزایشی ۳۰۵
- شکل ۴-۳۳ نمودار لگاریتمی آزمایش استاتیک ۳۰۵
- شکل ۴-۳۴ مثال ۴-۱۴ ۳۰۶

شکل ۴-۳۵ مثال ۴-۱۵.....	۳۰۸
شکل ۴-۳۶ مثال ۴-۱۶.....	۳۰۹
شکل ۴-۳۷ مکانیزم ترک خوردگی دردمای پایین.....	۳۱۱
شکل ۴-۳۸ دیاگرام شماتیک آزمایش صفحه بارگذاری.....	۳۹۶
شکل ۴-۳۹ رابطه تقریبی بین مقادیرمدول عکس العمل خاک و سایر خصوصیات مصالح.....	۳۱۹

فصل پنجم: طراحی زهکشی روسازی

شکل ۵-۱ مثال ۵-۱.....	۳۳۹
شکل ۵-۲ مقطع عرضی معمول راه.....	۳۴۲
شکل ۵-۳ لایه زهکش باززهکش طولی.....	۳۴۳
شکل ۵-۴ موقعیت لایه زهکش و فیلتر.....	۳۴۴
شکل ۵-۵ زهکش های طولی برای پایین آوردن سطح آب زیرزمینی.....	۳۴۵
شکل ۵-۶ دانه بندی ها و نفوذپذیری های مصالح اساس با دانه بندی بازوفیلتر.....	۳۴۶
شکی ۵-۷ تأثیر ریزدانه بر روی نفوذپذیری نمونه.....	۳۴۸
شکل ۵-۸ درونیابی بین دو اندازه دانه.....	۳۵۰
شکل ۵-۹ مثال ۵-۵.....	۳۵۹
شکل ۵-۱۰ استفاده از ژئوتکستایل برای زهکشی زیر سطحی.....	۳۶۰
شکل ۵-۱۱ استفاده از باله پیش ساخته در کانال.....	۳۶۰
شکل ۵-۱۲ زهکشی زیر سطحی روسازی صلب در ترانشه.....	۳۶۴
شکل ۵-۱۳ حداکثر مقدار بارندگی یک ساعته با فرکانس یک ساله در ایالات متحده آمریکا.....	۳۶۵
شکل ۵-۱۴ نمودار تعیین جریان ورودی از آب زیرزمینی.....	۳۶۹
شکل ۵-۱۵ نمودار تخمین جریان ورودی از آب ذوب شده از عدسی های یخی.....	۳۷۳
شکل ۵-۱۶ ابعاد لایه زهکش.....	۳۷۸

- شکل ۵-۱۷ زهکشی وابسته به زمان لایه اشباع ۳۸۲
- شکل ۵-۱۸ رابطه بین زمان و فاکتورهای شیب برای ۹۵٪ زهکشی ۳۸۳
- شکل ۵-۱۹ موقعیت و عمق لوله‌های جمع کننده ۳۸۵

فصل ششم: طراحی روسازی انعطاف پذیر

- شکل ۶-۱ توزیع تنش در لایه‌های روسازی انعطاف پذیر ۳۹۷
- شکل ۶-۲ تعیین مدول ارتجاعی بستر بارسم شکل ($1 \text{ psi} = 6.9 \text{ kPa}$) ۴۰۸
- شکل ۶-۳ ضریب کاهش در طول دوره ۶ ماهه عمل آمدن ۴۱۲
- شکل ۶-۴ تغییرات فصلی مدول ارتجاعی بستر ۴۱۳
- شکل ۶-۵ نمودار طراحی برای روسازی تمام آسفالتی ۴۱۷
- شکل ۶-۶ نمودار طراحی برای مخلوط آسفالت امولسیون نوع I ۴۱۸
- شکل ۶-۷ نمودار طراحی برای مخلوط آسفالت امولسیون نوع II ۴۱۹
- شکل ۶-۸ نمودار طراحی برای مخلوط آسفالت امولسیون نوع III ۴۱۹
- شکل ۶-۹ نمودار طراحی برای بتن آسفالتی گرم با ۱۴ اینچ اساس سنگدانه‌ای ۴۲۰
- شکل ۶-۱۰ نمودار طراحی برای بتن آسفالتی گرم با ۱۶ اینچ اساس سنگدانه‌ای ۴۲۰
- شکل ۶-۱۱ نمودار طراحی برای بتن آسفالتی گرم با ۱۸ اینچ اساس سنگدانه‌ای ۴۲۱
- شکل ۶-۱۲ نمودار طراحی برای بتن آسفالتی گرم با ۱۰ اینچ اساس سنگدانه‌ای ۴۲۱
- شکل ۶-۱۳ نمودار طراحی برای بتن آسفالتی گرم با ۱۲ اینچ اساس سنگدانه‌ای ۴۲۲
- شکل ۶-۱۴ نمودار طراحی برای بتن آسفالتی گرم با ۱۸ اینچ اساس سنگدانه‌ای ۴۲۲
- شکل ۶-۱۵ مقایسه ضخامت برای همه مقاطع روسازی ۴۲۹
- شکل ۶-۱۶ توزیع Δh برای همه مقاطع روسازی ۴۲۹
- شکل ۶-۱۷ افت قابلیت سرویس دهی محیطی بر حسب زمان برای یک محل مشخص ۴۳۴
- شکل ۶-۱۸ قابلیت اطمینان طراحی بر اساس ESAL ۴۳۸

- شکل ۶-۱۹ نمودار طراحی برای روسازی انعطاف پذیر بر اساس مقادیر متوسط برای هرداده ورودی... ۴۴۰
- شکل ۶-۲۰ کاربرد تخمین مدول ارتجاعی موثر خاک بستر..... ۴۴۳
- شکل ۶-۲۱ نمودار تخمین ضریب لایه بتن آسفالتی بادانه بندی متراکم بر اساس مدول الاستیک... ۴۴۵
- شکل ۶-۲۲ انتخاب ضخامت های لایه های روسازی..... ۴۵۰
- شکل ۶-۲۳ انتخاب ضخامت ها..... ۴۵۱
- شکل ۶-۲۴ فلوجارت مفهومی فرایند سه مرحله ای طراحی روسازی..... ۴۵۹
- شکل ۶-۲۵ فایند کلی طراحی روسازی انعطاف پذیر..... ۴۶۹

فصل هفتم: طراحی روکش

- شکل ۷-۱ مقطع عرضی نمونه از روکش با لایه آزادسازی ترک..... ۴۸۳
- شکل ۷-۲ ضرائب تبدیل برای روسازی های تمام آسفالتی..... ۴۹۴
- شکل ۷-۳ ضرائب تعدیل دمایی برای ضخامت های مختلف اساس های دانه ای تثبیت نشده ... ۵۰۰
- شکل ۷-۴ رابطه بین تغییر شکل برگشتی طرح و $ESAL$ ۵۰۲
- شکل ۷-۵ نمودار طراحی ضخامت روکش بر اساس تغییر شکل برگشتی معرف و $ESAL$ طرح..... ۵۰۳
- شکل ۷-۶ اثر ترافیک روی شاخص خدمت دهی و ظرفیت سازه ای..... ۵۰۸
- شکل ۷-۷ نمودار تعیین E_p/M_R ۵۱۴
- شکل ۷-۸ تعدیل d_0 برای روسازی های آسفالتی با اساس تثبیت شده با فیر یا اساس دانه ای..... ۵۱۵
- شکل ۷-۹ تعدیل d_0 برای روسازی های آسفالتی با اساس تثبیت شده با سیمان یا مواد پوزولانی..... ۵۱۶
- شکل ۷-۱۰ نمودار تعیین E_p/M_R ۵۱۶
- شکل ۷-۱۱ رابطه بین ضریب وضعیت و عمر باقیمانده..... ۵۱۹

فهرست جداول

عنوان

صفحه

فصل اول: مقدمه و کلیات

جدول ۱-۱ اعمال بارهای محوری مختلف بر روی باندهای جاده آزمایشی آشو	۳۷
جدول ۲-۱ مثال ۲-۱	۵۳
جدول ۳-۱ روز-درجه‌های ماهیانه و تجمعی	۵۴

فصل دوم: تنش‌ها و کرنش‌ها در روسازی انعطاف پذیر

جدول ۱-۲ محاسبه تغییر شکل برای هر لایه	۱۰۳
جدول ۲-۲: ضرائب تنش برای سیستم‌های سه لایه‌ای	۱۲۹
جدول ۳-۲ ضریب نرمی خزش در زمان‌های مختلف	۱۴۳
جدول ۴-۲ ضرائب نرمی خزش و تغییر شکل‌های رویه	۱۴۶

فصل سوم: بارگذاری و حجم ترافیک

جدول ۱-۳ ضرائب تنش در زیر چرخ‌های زوج	۱۷۹
جدول ۲-۳ ضرائب تغییر شکل زیر چرخ زوج برای یک نیمه فضایی همگن	۱۸۱

جدول ۳-۳	ضرائب تغییر شکل در زیر چرخ‌های زوج برای یک سیستم لایه‌ای	۱۹۱
جدول ۴-۳	ضرائب بار محوری هم ارز انیستیتو آسفالت	۱۹۶
جدول ۵-۳	تحلیل نسبت خرابی براساس معیار ترک خوردگی خستگی برنامه کنلایر	۲۰۱
جدول ۶-۳	تحلیل نسبت خرابی براساس معیار تغییر شکل دائمی توسط برنامه کنلایر	۲۰۱
جدول ۷-۳	محاسبه ضریب کامیون برای کامیون‌های پنج محوره یا بیشتر	۲۰۷
جدول ۸-۳	ضرائب رشد ترافیک	۲۰۸
جدول ۹-۳	ضریب رشد کل	۲۰۹
جدول ۱۰-۳	توزیع کامیون برای راه‌های چند خطه	۲۱۲
جدول ۱۱-۳	درصدی از کل ترافیک کامیون در خط طراحی	۲۱۳
جدول ۱۲-۳	ضریب توزیع خطی	۲۱۳
جدول ۱۳-۳	تعداد تکرارها برای یکبار عبور محورهای چند گانه	۲۱۶

فصل چهارم: توصیف مصالح روسازی

جدول ۱-۴	زمان پالس تنش‌های عمودی برای مصالح در عمق‌های مختلف	۲۳۱
جدول ۲-۴	محاسبه مدول ارتجاعی برای مصالح دانه ای	۲۳۸
جدول ۳-۴	محاسبه مدول ارتجاعی برای خاک‌های ریز دانه	۲۴۴
جدول ۴-۴	مقادیر نفوذ در مصالح سنگ شکسته استاندارد	۲۴۹
جدول ۵-۴	مقایسه مقادیر CBR ، R و مدول ارتجاعی	۲۵۲
جدول ۶-۴	رابطه بین CBR و مدول ارتجاعی	۲۵۷
جدول ۷-۴	لیست مدل‌های پیشنهادی برای پیش بینی مدول دینامیکی	۲۶۸
جدول ۸-۴	مدول سختی مخلوط‌های آسفالتی با ترکیبات مختلف	۲۷۷
جدول ۹-۴	مقادیر معمول مدول دینامیکی بتن آسفالتی گرم	۲۸۴
جدول ۱۰-۴	مثال ۱۱-۴	۲۸۹

جدول ۴-۱۱ محدوده مقادیر K1 و K2	۳۲۰
جدول ۴-۱۲ مدول های الاستیک مصالح مختلف	۳۲۰
جدول ۴-۱۳ مقادیر ضریب بواسون برای مصالح مختلف دررو سازی	۳۲۱

فصل پنجم: طراحی زهکشی روسازی

جدول ۵-۱ شیب های عرضی سواره رو، شانه و جوی کناری	۳۴۲
جدول ۵-۲ نفوذ پذیری مصالح سنگی تثبیت نشده و مصالح سنگی با دانه بندی باز تثبیت شده باقیر	۳۴۷
جدول ۵-۳ اندازه دانه، چگالی و نفوذ پذیری مصالح سنگی دانه بندی شده	۳۴۷
جدول ۵-۴ مقادیر ضریب هیزن	۳۴۹
جدول ۵-۵ راهنمای انتخاب نرخ تورم میخندان	۳۷۶
جدول ۵-۶ ضرایب زبری معمول برای زهکش های عمقی	۳۸۵

فصل ششم: طراحی روسازی انعطاف پذیر

جدول ۶-۱ مثال برای تحلیل ترافیک	۴۰۴
جدول ۶-۲ طبقه بندی ترافیک	۴۰۵
جدول ۶-۳ مدول ارتجاعی طرح برای بستر	۴۰۶
جدول ۶-۴ محاسبه مقادیر درصدی	۴۰۷
جدول ۶-۵ الزامات کیفی اساس و زیراساس سنگدانه ای تثبیت نشده	۴۰۹
جدول ۶-۶ درجه قیر و ویسکوزیته برای رژیم های دمایی مختلف	۴۱۰
جدول ۶-۷ تغییرات میانگین دمای ماهیانه هوا با MAAT	۴۱۰
جدول ۶-۸ شرایط مورد استفاده برای نشان دادن اثرات یخ زدگی بر روی بستر	۴۱۴
جدول ۶-۹ مدول بستر استفاده شده در برنامه DAMA	۴۱۵
جدول ۶-۱۰ مقادیر K ماهانه برای اساس های دانه ای	۴۱۶

جدول ۶-۱۱	حدافل ضخامت بتن آسفالتی گرم روی اساس آسفالت امولسیون	۴۲۲
جدول ۶-۱۲	راهنمای انتخاب دوره تحلیل	۴۳۲
جدول ۶-۱۳	سطوح پیشنهادی قابلیت اطمینان برای طبقه بندی های عملکردی مختلف	۴۳۳
جدول ۶-۱۴	انحراف های استاندارد نرمال برای سطوح مختلف قابلیت اطمینان	۴۳۸
جدول ۶-۱۵	مقادیر معمول K_1 و K_2 برای مصالح اساس تثبیت نشده	۴۴۶
جدول ۶-۱۶	مقادیر معمول وضعیت تنش λ برای لایه اساس	۴۴۶
جدول ۶-۱۷	مقادیر معمول K_1 و K_2 برای مصالح زیراساس دانه ای	۴۴۷
جدول ۶-۱۸	مقادیر جدول ارتجاعی برای مصالح زیراساس جاده آزمایشی اش تو	۴۴۷
جدول ۶-۱۹	ضرایب ریزشی توصیه شده برای اساس و زیراساس تثبیت نشده در روسازی های انعطاف پذیر	۴۴۸
جدول ۶-۲۰	حدافل ضخامت برای رویه آسفالتی و اساس سنگدانه ای	۴۴۹
جدول ۶-۲۱	مقایسه بین ضخامت به دست آمده از روش اش تو و انستیتو آسفالت	۴۵۵
جدول ۶-۲۲	مقادیر توصیه شده برای قابلیت اطمینان	۴۶۸

فصل هفتم: طراحی روکش

جدول ۷-۱	محدوده دانه بندی پیشنهاد شده برای لایه های کاهنده ترک	۴۸۴
جدول ۷-۲	ضرائب هم ارزی برای اساس های امولسیون قیر	۴۹۴
جدول ۷-۳	ضرائب تبدیل برای تعیین ضخامت موثر	۴۹۶
جدول ۷-۴	ضرائب لایه ای برای روسازی های بتن آسفالتی موجود	۵۱۱

پیش گفتار

راه‌ها شریانهای اقتصادی هر کشوری بوده و جزء سرمایه ملی آن به حساب می‌آیند. بدون داشتن شبکه راههای باکیفیت مناسب، پیشرفت و توسعه هیچ کشوری قابل تصور نخواهد بود. هر ساله هزینه‌های قابل توجهی در کشور صرف ساخت راههای جدید و نگهداری راههای موجود می‌شود. همچنین، استفاده کنندگان از راه‌ها نیز، متناسب باکیفیت راه، هزینه‌هایی را متحمل می‌شوند. تمام این هزینه‌ها بطور مستقیم به روسازی و طرح آن بستگی دارد. از همین رو افزایش دانش مهندسين راه‌ساز در زمینه طرح و اجرای روسازی ضروری است.

هدف از گردآوری مطالب این کتاب کمبود منابع فارسی مناسب و به روز برای استفاده دانشجویان بوده است. اغلب منابع موجود به زبان فارسی بر اساس مراجع اصلی مربوط به چند دهه گذشته می‌باشند. در طول چند دهه اخیر پیشرفت‌های قابل توجهی در زمینه مکانیک مصالح روسازی، تحلیل و طراحی صورت گرفته است، که آشنایی با این یافته‌ها برای مهندسين ضروری به نظر می‌رسید. بخش اعظم این کتاب برگرفته از کتاب "تحلیل و طراحی روسازی" تالیف یانگ هوانگ می‌باشد که یکی از مراجع اصلی روسازی در اغلب دانشگاههای معتبر دنیا می‌باشد. با این حال، در قسمتهایی که نیاز بوده است، نتایج تحقیقات و مطالعات جدیدتر اضافه گردیده و امید است در ویرایش‌های آینده با کمک اهل علم و فن مطالب بیشتر به آن افزوده شود. لازم به ذکر است که مبنای تهیه این کتاب سرفصل درس روسازی پیشرفته برای دانشجویان کارشناسی ارشد مهندسی عمران- راه و ترابری می‌باشد. بنابراین، انتظار می‌رود که استفاده کننده از این کتاب با مصالح روسازی و اجرا که بیشتر در دوره کارشناسی به آن پرداخته می‌شود آشنا باشد. با این

وجود، در صورت نیاز در این موارد نیز توضیحات داده شده است و این کتاب برای دانشجویان کارشناسی و مهندسی مشاور نیز قابل استفاده خواهد بود.

امروزه، مباحث علم روسازی همانند سایر علوم، بسیار گسترده بوده و از نظر مولفین پرداختن به تمامی جنبه‌های این موضوعات در یک کتاب امکان‌پذیر نیست. از همین رو، مطالب این کتاب بر روی تحلیل و طراحی روسازی‌های آسفالتی راه‌ها، که برای شرایط کشور ایران اولویت به نظر می‌رسید، متمرکز شده است.

مطالب این کتاب در ۷ فصل گنجانده شده است. در فصل اول کلیات تحلیل و طراحی روسازی مورد بحث قرار می‌گیرد. در فصل دوم کتاب، روشهای مختلف تحلیل روسازی‌های آسفالتی به همراه مثالهای متعدد توضیح داده می‌شوند. در فصل سوم، مسائل مربوط به ترافیک و بارگذاری روسازی‌ها مورد بحث قرار می‌گیرند. توصیف رفتار مصالح مورد استفاده در روسازی‌های انعطاف‌پذیر و آزمایش‌ها و تحلیل‌های مربوطه مطالبی هستند که در فصل چهارم به آن‌ها پرداخته می‌شود. در فصل پنجم کتاب مسایل مربوط به آب و زهکشی روسازی‌ها توضیح داده می‌شوند. فصل ششم کتاب به تشریح چند روش برای طراحی روسازی‌های آسفالتی می‌پردازد. در فصل آخر کتاب نیز به موضوع طراحی ضخامت روکش‌ها پرداخته شده است. در انتهای هر فصل خلاصه‌ای از مطالب بیان شده در آن فصل و مسایلی برای حل توسط دانشجویان ارائه گردیده است. هر چند مطالب کتاب بارها بازبینی شده تا اشکالات و ایرادی به حداقل برسد، با این وجود، ادعایی مبنی بر این که کتاب عاری از هر گونه اشکالی است نداریم و از خوانندگان محترم تقاضا می‌کنیم که نظرات خود را برای بهبود در چاپ‌های بعدی به ما منعکس نمایند.

در پایان از همه عزیزانی که در تهیه این کتاب ما را یاری نموده و تشویق به انجام آن نمودند قدردانی نموده و آرزو می‌کنیم که حاصل تلاش ما گامی هر چند کوچک در جهت پیشرفت کشور بوده باشد.

حسن طاهرخانی

احسان صولتیان