

مهندسی روسازی

اصول طراحی، تحلیل، تعمیر و نگهداری
و بهسازی روسازی‌های آسفالتی

دکتر یونس نیازی

عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد



فهرست مطالب

پیش‌گفتار.....	۱۹
فصل ۱ کلیات	۲۱
۱-۱- مقدمه.....	۲۱
۲-۱- انواع روسازی.....	۲۱
۱-۲-۱- روسازی‌های انعطاف پذیر.....	۲۲
۲-۲-۱- روسازی‌های نیمه سخت.....	۲۳
۳-۲-۱- روسازی‌های سخت.....	۲۳
۴-۲-۱- روسازی‌های مرکب.....	۲۴
۳-۱- روشهای طرح روسازی.....	۲۴
۱-۳-۱- روشهای تجربی.....	۲۴
۲-۳-۱- روشهای مکانیستیک-تجربی.....	۲۵
۴-۱- عوامل مؤثر در طرح روسازی.....	۲۶
۱-۴-۱- ترافیک و بارهای محوری.....	۲۶
۲-۴-۱- عوامل محیطی.....	۲۷
۳-۴-۱- مصالح.....	۲۷
۴-۴-۱- معیارهای خرابی.....	۲۸
۱-۴-۴-۱- ترک خوردگی خستگی.....	۲۸
۲-۴-۴-۱- شیار شدگی.....	۲۸
۳-۴-۴-۱- ترک خوردگی دمانی.....	۲۹
۵-۴-۱- قابلیت اطمینان.....	۲۹
۵-۱- برنامه‌های تحقیقاتی.....	۳۰
۱-۵-۱- تحقیقات راه بردی راهها.....	۳۰
۲-۵-۱- عملکرد دراز مدت روسازی.....	۳۰
فهرست مراجع فصل ۱.....	۳۱

۳۲	فصل ۲ بار ترافیک روسازی
۳۲	۱-۲- مقدمه
۳۳	۲-۲- فناوری پایش ترافیک
۳۳	۱-۲-۲- سامانه‌های ثبت کننده خودکار ترافیک
۳۴	۲-۲-۲- سامانه‌های طبقه‌بندی کننده خودکار وسیله
۳۶	۳-۲-۲- سامانه‌های توزین در حرکت
۳۹	۳-۲- خلاصه کردن داده‌های ترافیکی برای طرح روسازی
۴۰	۴-۲- بار ترافیک در راهنمای طرح ۱۹۹۳ آشتو
۴۳	۱-۴-۲- فاکتور کامیون
۴۳	۲-۴-۲- رشد ترافیک
۴۴	۳-۴-۲- توزیع در خط
۴۵	۵-۲- محدودیتهای بار محوری
۴۶	۶-۲- بار ترافیک در راهنمای طرح NCHRP 1-37A
۴۷	۱-۶-۲- روش مرتبه‌ای در مشخص کردن ترافیک
۴۹	۲-۶-۲- منابع و اجزاء داده‌های مورد استفاده در مشخص کردن ترافیک
۴۹	۱-۲-۶-۲- منابع داده‌های بار و حجم ترافیک
۵۱	۳-۶-۲- فرضیات
۵۲	۴-۶-۲- دروندادهای ترافیکی
۵۲	۱-۴-۶-۲- حجم ترافیک- اطلاعات سال مبنا
۵۳	۲-۴-۶-۲- فاکتورهای تعدیل حجم ترافیک
۵۵	۳-۴-۶-۲- فاکتورهای توزیع بار محوری
۵۶	۴-۴-۶-۲- دروندادهای عمومی ترافیک
۵۷	۵-۶-۲- پردازش دروندادها
۵۸	فهرست مراجع فصل ۲
۵۹	فصل ۳ بستر روسازی
۵۹	۱-۳- مقدمه
۵۹	۲-۳- بررسی‌های بستر طبیعی
۶۰	۳-۳- خواص مهندسی پایه خاکها
۶۰	۱-۳-۳- دانه‌بندی خاکها
۶۲	۲-۳-۳- روابط حجمی و وزنی
۶۳	۱-۲-۳-۳- پوکی
۶۳	۲-۲-۳-۳- نسبت تخلخل

۶۴.....	۳-۳-۳- مقدار رطوبت.....
۶۴.....	۴-۳-۳- درجه اشباع.....
۶۴.....	۵-۳-۳- وزن واحد حجم خاک.....
۶۵.....	۶-۳-۳- وزن مخصوص دانه‌های خاک.....
۶۵.....	۷-۳-۳- سایر روابط.....
۶۶.....	۳-۳-۳- حدود اتربرگ.....
۶۷.....	۱-۳-۳- حد انقباض.....
۶۷.....	۲-۳-۳- حد خمیری.....
۶۷.....	۳-۳-۳- حد روانی.....
۶۷.....	۴-۳- رده بندی خاکها.....
۶۸.....	۱-۴-۳- روش آشنو.....
۷۱.....	۲-۴-۳- روش یونیفاید.....
۷۶.....	۵-۳- تراکم خاکها.....
۷۸.....	۱-۵-۳- مقدار رطوبت بهینه.....
۷۸.....	۱-۱-۵-۳- تأثیر انرژی تراکم.....
۸۱.....	۶-۳- روشها و ماشین آلات تراکم کارگاهی.....
۸۲.....	۱-۶-۳- احداث خاکریز.....
۸۲.....	۱-۱-۶-۳- کنترل احداث خاکریز.....
۸۴.....	۲-۱-۶-۳- تصحیح وزن واحد حجم خشک آزمایشگاهی.....
۸۵.....	۲-۶-۳- ماشین آلات تراکم کارگاهی.....
۸۶.....	۷-۳- شناسائی و اصلاح خاکهای نامناسب.....
۸۷.....	۱-۷-۳- خاکهای تراکم پذیر.....
۸۸.....	۲-۷-۳- خاکهای متورم شونده.....
۸۸.....	۳-۷-۳- آب زیرسطحی.....
۸۹.....	۴-۷-۳- خاکهای مستعد یخبندان.....
۹۱.....	۸-۳- بهبود بخشیدن و تقویت بستر.....
۹۱.....	۱-۸-۳- تثبیت خاک.....
۹۱.....	۱-۱-۸-۳- اهداف تثبیت خاک.....
۹۲.....	اصلاح با آهک.....
۹۲.....	تثبیت با آهک.....
۹۳.....	تثبیت با سیمان.....
۹۳.....	۲-۸-۳- استفاده از ژئوسنتتیکها.....
۹۵.....	۱-۲-۸-۳- ژئونکتایلهها.....
۹۶.....	۹-۳- ارزیابی ظرفیت باربری بستر روسازی.....

۹۷	۱-۹-۳- آزمایش CBR
۹۸	قالب و کوبه
۹۸	نمونه‌گیری خاک
۹۸	آزمایش تراکم
۹۹	تهیه نمونه
۹۹	خیساندن نمونه و اندازه‌گیری انبساط
۱۰۰	آزمایش نفوذ، ترسیم منحنی، و محاسبه CBR طرح
۱۰۲	۱-۱-۹-۳- آزمایش CBR در محل
۱۰۴	۲-۱-۹-۳- همبستگی CBR با خواص شاخص خاک
۱۰۴	۲-۹-۳- نفوذسنج مخروط دینامیکی
۱۰۷	۳-۹-۳- مدول برجهندگی
۱۰۹	۱-۳-۹-۳- فاکتورهای تأثیرگذار بر خواص برجهندگی
۱۰۹	سطح تنش
۱۱۱	تراکم و ساختار مصالح سنگی
۱۱۲	فاکتورهای مصالح
۱۱۲	۳-۳-۹-۳- اندازه‌گیری آزمایشگاهی مدول برجهندگی
۱۱۷	فهرست مراجع فصل ۳
۱۱۸	فصل ۴ زیر اساس و اساس
۱۱۸	۱-۱- مقدمه
۱۱۸	۲-۴- لایه زیراساس
۱۱۹	۳-۴- لایه اساس
۱۱۹	۴-۴- مشخصات مصالح لایه‌های زیراساس و اساس
۱۱۹	۱-۴-۴- دانه‌بندی
۱۲۱	۲-۴-۴- سایر مشخصات
۱۲۱	۵-۴- استفاده از اساس تثبیت شده
۱۲۲	۱-۵-۴- اساس ماسه‌ای تثبیت شده
۱۲۳	۶-۴- تقویت لایه‌های اساس و زیراساس
۱۲۳	۱-۶-۴- استفاده از ژئوتکستایلها
۱۲۳	۲-۶-۴- استفاده از ژئوگریدها
۱۲۴	۱-۲-۶-۴- خواص مهندسی ژئوگریدها
۱۲۵	۲-۲-۶-۴- ساز و کارهای تقویت کنندگی ژئوگریدها
۱۲۶	۷-۴- اساس با قابلیت زهکشی
۱۲۷	۸-۴- ارزیابی ظرفیت باربری

۱۲۷	۹-۴- ارزیابی تغییر شکل دائمی
۱۳۰	۱۰-۴- اجرای لایه‌های زیراساس و اساس دانه ای
۱۳۱	فهرست مراجع فصل ۴

فصل ۵ مصالح سنگی

۱۳۲	۱-۵- مقدمه
۱۳۳	۲-۵- تولید مصالح سنگی
۱۳۵	۳-۵- انباشتن و جابجائی
۱۳۵	۴-۵- نمونه گیری مصالح سنگی
۱۳۶	۵-۵- ترکیب کانی و خواص شیمیائی مصالح سنگی
۱۳۷	۶-۵- خواص فیزیکی مصالح سنگی
۱۳۸	۱-۶-۵- اندازه بزرگترین دانه و دانه بندی
۱۴۲	۲-۶-۵- وزن مخصوص
۱۴۴	۳-۶-۵- تمیزی و مصالح زیان آور
۱۴۵	۴-۶-۵- سختی و تاب سایشی
۱۴۶	۵-۶-۵- سلامت
۱۴۷	۶-۶-۵- شکل دانه‌ها و بافت سطحی
۱۵۲	۷-۶-۵- جذب
۱۵۲	۷-۵- اختلاط مصالح سنگی برای دستیابی به مشخصات
۱۵۴	۸-۵- اندازه سطح رویه مصالح سنگی
۱۵۶	فهرست مراجع فصل ۵

فصل ۶ مصالح قیری

۱۵۷	۱-۶- مقدمه
۱۵۷	۲-۶- ترکیب شیمیائی قیر
۱۵۸	۳-۶- پالایش نفت خام
۱۵۸	۴-۶- پالایش قیر
۱۶۰	۵-۶- قیرهای خالص
۱۶۰	۱-۵-۶- رفتار قیر
۱۶۰	۱-۱-۵-۶- رفتار دمای بالا
۱۶۱	۲-۱-۵-۶- رفتار دمای پائین
۱۶۱	۳-۱-۵-۶- رفتار دمای میانه
۱۶۱	۲-۵-۶- آزمایشهای فیزیکی قیرهای خالص

۱۶۲	۶-۵-۲-۱- آزمایشهای غلظت
۱۶۲	کندروانی مطلق در 60°C
۱۶۳	کندروانی کینماتیکی در 135°C
۱۶۴	درجه نفوذ
۱۶۴	نقطه نرمی
۱۶۵	شکل پذیری
۱۶۵	آزمایشهای دوام
۱۶۶	آزمایش لعاب نازک
۱۶۶	آزمایش لعاب نازک چرخان
۱۶۷	۶-۵-۲-۳- آزمایشهای خلوص
۱۶۷	۶-۵-۲-۴- آزمایشهای ایمنی
۱۶۷	۶-۵-۲-۵- آزمایش وزن مخصوص
۱۶۹	۶-۵-۳- سامانه‌های درجه‌بندی قیرهای خالص
۱۷۰	۶-۵-۳-۱- درجه‌بندی براساس درجه نفوذ
۱۷۱	۶-۵-۳-۲- درجه‌بندی بر اساس کندروانی
۱۷۲	۶-۵-۴- خواص رئولوژیکی و عملکرد روسازی
۱۷۲	۶-۵-۴-۱- سخت شدگی پیری
۱۷۳	۶-۵-۴-۲- درجه نفوذ
۱۷۳	۶-۵-۴-۳- شکل پذیری
۱۷۴	۶-۵-۴-۴- کندروانی
۱۷۴	۶-۵-۴-۵- حساسیت دمائی
۱۷۴	شاخص درجه نفوذ
۱۷۵	عدد نفوذ-کندروانی
۱۷۶	۶-۵-۴-۶- سختی
۱۷۷	۶-۶- آزمایشها و مشخصات چسباننده‌های قیری روسازی ممتاز
۱۷۸	۶-۶-۱- آزمایشهای فیزیکی چسباننده‌های قیری روسازی ممتاز
۱۷۸	۶-۶-۱-۱- آزمایش لعاب نازک چرخان
۱۷۹	۶-۶-۱-۲- مخزن پیرسازی تحت فشار
۱۸۰	۶-۶-۱-۳- کندروانی سنج چرخشی
۱۸۲	۶-۶-۱-۴- ریومتر برش دینامیکی
۱۸۶	پارامتر شیار شدگی
۱۸۷	پارامتر خستگی
۱۸۸	۶-۶-۱-۵- ریومتر تیر خمشی
۱۹۰	۶-۶-۱-۶- آزمایشگر کشش مستقیم

۱۹۱	۶-۶-۲- مشخصات چسباننده‌های قیری روسازی ممتاز
۱۹۱	۶-۷- قیرهای محلول
۱۹۴	۶-۷-۱- آزمایشهای قیرهای محلول
۱۹۴	۶-۷-۱-۱- آزمایش تقطیر
۱۹۵	۶-۷-۲- مشخصات قیرهای محلول
۱۹۶	۶-۸- قیرآبه‌ها
۱۹۷	۶-۸-۱- آزمایش قیرآبه‌ها
۱۹۷	۶-۸-۱-۱- آزمایش تقطیر
۱۹۸	۶-۸-۱-۲- آزمایش کندروانی سی بولت فیورول
۱۹۹	۶-۸-۱-۳- آزمایش شغوری
۱۹۹	۶-۸-۱-۴- آزمایش قابلیت لخته شدن
۲۰۰	۶-۸-۱-۵- آزمایش الک کردن
۲۰۰	۶-۸-۱-۶- آزمایش بار ذره‌ای
۲۰۰	۶-۸-۲- مشخصات قیرآبه‌ها
۲۰۲	فهرست مراجع فصل ۶

۲۰۳	فصل ۷ مخلوط‌های آسفالتی
۲۰۳	۷-۱- مقدمه
۲۰۳	۷-۲- مخلوطهای آسفالتی داغ
۲۰۳	۷-۲-۱- انواع مخلوطهای آسفالتی داغ با دانه‌بندی پیوسته
۲۰۴	۷-۲-۱-۱- مخلوطهای آسفالتی رویه
۲۰۵	۷-۲-۱-۲- مخلوطهای آسفالتی آستر
۲۰۶	۷-۲-۱-۳- مخلوطهای آسفالتی اساس
۲۰۶	۷-۲-۱-۴- مخلوطهای ماسه آسفالتی
۲۰۷	۷-۳- خواص حجمی مخلوطهای آسفالتی متراکم شده
۲۰۷	۷-۳-۱- وزن مخصوص مصالح سنگی
۲۰۹	۷-۳-۱-۱- وزن مخصوص انبوهی
۲۰۹	۷-۳-۱-۲- وزن مخصوص ظاهری
۲۰۹	۷-۳-۱-۳- وزن مخصوص مؤثر
۲۱۰	۷-۳-۲- وزن مخصوص حداکثر مخلوط آسفالتی
۲۱۰	۷-۳-۳- جذب قیر
۲۱۱	۷-۳-۴- مقدار قیر مؤثر مخلوط آسفالتی
۲۱۱	۷-۳-۵- درصد VMA در مخلوط آسفالتی متراکم شده

- ۶-۳-۷- درصد فضای خالی در مخلوط آسفالتی متراکم شده ۲۱۲
- ۷-۳-۷- درصد فضای خالی پر شده با قیر در مخلوط آسفالتی متراکم شده ۲۱۲
- ۴-۷- مشخصات و رفتار مخلوط آسفالتی ۲۱۳
- ۱-۴-۷- وزن واحد حجم مخلوط ۲۱۳
- ۲-۴-۷- فضای خالی ۲۱۳
- ۳-۴-۷- فضای خالی در مصالح سنگی ۲۱۴
- ۴-۴-۷- فضای خالی پر شده با قیر ۲۱۴
- ۵-۴-۷- مقدار قیر ۲۱۵
- ۵-۷- طرح مخلوط آسفالتی داغ ۲۱۶
- ۱-۵-۷- خواص مورد توجه در طرح مخلوط ۲۱۶
- ۱-۱-۵-۷- پایداری ۲۱۶
- ۲-۱-۵-۷- دوام ۲۱۷
- ۳-۱-۵-۷- نفوذ ناپذیری ۲۱۷
- ۴-۱-۵-۷- کارپذیری ۲۱۸
- ۵-۱-۵-۷- انعطاف پذیری ۲۱۸
- ۶-۱-۵-۷- تاب خستگی ۲۱۹
- ۷-۱-۵-۷- تاب لغزشی ۲۱۹
- ۲-۵-۷- ارزیابی و تعدیل طرح مخلوط ۲۱۹
- ۱-۲-۵-۷- فضای خالی کم، پایداری کم ۲۲۱
- ۲-۲-۵-۷- فضایی خالی کم، پایداری خوب ۲۲۲
- ۳-۲-۵-۷- فضای خالی خوب، پایداری کم ۲۲۲
- ۴-۲-۵-۷- فضای خالی زیاد، پایداری خوب ۲۲۲
- ۵-۲-۵-۷- فضای خالی زیاد، پایداری کم ۲۲۲
- ۳-۵-۷- طرح مخلوط به روش مارشال ۲۲۳
- ۱-۳-۵-۷- انتخاب نمونه‌های مصالح ۲۲۳
- ۲-۳-۵-۷- آماده‌سازی مصالح سنگی ۲۲۳
- الک کردن به روش تر ۲۲۳
- وزن مخصوص ۲۲۴
- ۳-۳-۵-۷- آماده‌سازی نمونه‌های آزمایشی ۲۲۴
- ۴-۳-۵-۷- تعیین وزن مخصوص انبوهی ۲۲۴
- ۵-۳-۵-۷- آزمایش‌های پایداری و روانی ۲۲۵
- ۶-۳-۵-۷- محاسبه وزن واحد حجم و فضای خالی ۲۲۷
- ۷-۳-۵-۷- تحلیل نتایج آزمایش مارشال ۲۲۷
- ۸-۳-۵-۷- تعیین مقدار قیر طرح ۲۲۹

۲۳۰	۹-۳-۵-۷- بازبینی معیارهای طرح
۲۳۱	۴-۵-۷ طرح مخلوط به روش مارشال اصلاح شده
۲۳۲	۵-۵-۷ طرح مخلوط به روش روسازی ممتاز
۲۳۳	۱-۵-۵-۷ انتخاب مصالح
۲۳۳	۱-۱-۵-۷ انتخاب چسباننده قیری
۲۳۳	۲-۱-۵-۷ انتخاب مصالح سنگی
۲۳۳	خواص اجماعی
۲۳۴	خواص منبع
۲۳۴	۳-۱-۵-۷ دانه‌بندی
۲۳۶	۲-۵-۷ مترآکم کننده چرخ زن روسازی ممتاز
۲۳۸	۳-۵-۷ انتخاب ساختار مصالح سنگی طرح
۲۴۰	۴-۵-۷ تهیه مخلوط و ساخت نمونه‌ها
۲۴۰	۵-۵-۷ تحلیل داده‌ها و ارائه آنها
۲۴۳	۶-۵-۷ مقدار چسباننده قیری طرح
۲۴۴	۷-۵-۷ ارزیابی حساسیت رطوبتی
۲۴۴	۶-۷ تعیین مشخصات مخلوطهای آسفالتی
۲۴۴	۱-۶-۷ مقدمه
۲۴۴	۲-۶-۷ آزمایشگر کششی غیرمستقیم
۲۴۶	۷-۶-۲-۱ خزش پذیری و مقاومت (تحلیل ترک خوردگی دمای پائین)
۲۴۷	۷-۶-۲-۲ مقاومت (تحلیل ترک خوردگی خستگی)
۲۴۷	۷-۶-۳ آزمایش حساسیت رطوبتی
۲۴۸	۷-۶-۴ مدول برجهندگی
۲۴۹	۷-۶-۵ مدول مرکب دینامیکی
۲۵۲	۷-۶-۶ آزمایش خستگی خمشی
۲۵۵	۷-۶-۷ آزمایشگر برشی روسازی ممتاز
۲۵۶	۷-۶-۱-۱ آزمایش برشی تکراری با ارتفاع ثابت
۲۵۸	۷-۶-۲-۲ آزمایش روبش بسامد با ارتفاع ثابت
۲۶۰	۷-۶-۸ آزمایش اثر چرخ آزمایشگاهی
۲۶۲	۷-۷ تهیه مخلوط آسفالتی داغ
۲۶۲	۷-۱-۷ مقدمه
۲۶۲	۷-۲-۷ کارخانه آسفالت پیمانهای
۲۶۴	۷-۲-۱-۲ تأمین مصالح سنگی سرد
۲۶۴	۷-۲-۲ خشک و داغ کردن مصالح سنگی
۲۶۶	۷-۲-۳ سامانه پالایش گازهای خروجی

۲۶۷	۴-۲-۷-۷- سرند و انبار کردن مصالح سنگی داغ.....
۲۶۸	۵-۲-۷-۷- انبار کردن و استفاده از فیلر.....
۲۶۸	۶-۲-۷-۷- اختلاط قیر و مصالح سنگی.....
۲۷۰	۳-۷-۷- کارخانه آسفالت گردونه‌ای.....
۲۷۲	۴-۷-۷- ذخیره‌سازی، توزین، و حمل مخلوط آسفالتی.....
۲۷۳	۵-۷-۷- کنترل کیفی مخلوط آسفالتی.....
۲۷۳	۸-۷- آماده‌سازی برای پخش مخلوط آسفالتی.....
۲۷۳	۱-۸-۷- اندود نفوذی.....
۲۷۴	۲-۸-۷- اندود سطحی.....
۲۷۵	۳-۸-۷- کامیون قیرپاش.....
۲۷۷	۹-۷- پخش مخلوط آسفالتی.....
۲۷۷	۱-۹-۷- ماشین پخش آسفالت.....
۲۷۸	۲-۹-۷- عملیات پخش.....
۲۷۹	۳-۹-۷- بازبینی لایه آسفالتی پخش شده.....
۲۷۹	۴-۹-۷- درزها.....
۲۸۲	۱۰-۷- تراکم مخلوط آسفالتی.....
۲۸۲	۱-۱۰-۷- فاکتورهای مخلوط آسفالتی مؤثر بر تراکم.....
۲۸۲	۱-۱۰-۷- ۱- تأثیر خواص و مشخصات مخلوط.....
۲۸۳	۲-۱۰-۷- ۲- تأثیر شرایط محیطی.....
۲۸۴	۳-۱۰-۷- ۳- تأثیر ضخامت لایه آسفالتی.....
۲۸۴	۴-۱۰-۷- ۴- تأثیر لایه اساس.....
۲۸۴	۲-۱۰-۷- ۲- کاربرد غلتکها در تراکم.....
۲۸۵	۱-۲-۱۰-۷- ۱- غلتکهای چرخ فولادی استاتیک.....
۲۸۶	۲-۲-۱۰-۷- ۲- غلتکهای چرخ لاستیکی.....
۲۸۷	۳-۲-۱۰-۷- ۳- غلتکهای لرزنده.....
۲۸۷	۱۱-۷- استفاده از افزودنیها در مخلوطهای آسفالتی داغ.....
۲۸۸	۱-۱۱-۷- ۱- افزودنیهای ضد عریان شدگی.....
۲۸۹	۲-۱۱-۷- ۲- پلیمرها.....
۲۸۹	۱-۲-۱۱-۷- ۱- تولید قیر اصلاح شده با پلیمر.....
۲۹۰	۲-۲-۱۱-۷- ۲- تأثیر پلیمر بر خواص مخلوط آسفالتی.....
۲۹۱	۳-۱۱-۷- ۳- الیاف.....
۲۹۲	۱-۳-۱۱-۷- ۱- کاربرد الیاف در مخلوطهای آسفالتی خاص.....
۲۹۳	۴-۱۱-۷- ۴- گوگرد.....
۲۹۴	۱۲-۷- مخلوطهای آسفالتی گرم.....

فهرست مراجع فصل ۷..... ۲۹۶

فصل ۸ تحلیل روسازی..... ۲۹۸

- ۱-۸- جرم همگن..... ۲۹۸
- ۱-۱-۸- حل‌ها در محور تقارن..... ۲۹۸
- ۲-۸- سامانه‌های لایه‌ای..... ۳۰۰
- ۱-۲-۸- سامانه‌های دو لایه‌ای..... ۳۰۱
- ۱-۱-۲-۸- تنش قائم..... ۳۰۱
- ۲-۱-۲-۸- افت و خیز قائم در سطح..... ۳۰۴
- ۳-۱-۲-۸- کرنش کششی بحرانی..... ۳۰۴
- ۳-۸- سامانه‌های چند لایه‌ای..... ۳۰۶
- ۱-۳-۸- سامانه‌های چند لایه‌ای غیرخطی..... ۳۰۸
- ۴-۸- حل‌های ویسکوالاستیک..... ۳۰۹
- ۱-۴-۸- توصیف مشخصات مصالح..... ۳۱۰
- ۱-۱-۴-۸- مدل‌های مکانیکی..... ۳۱۰
- مدل‌های پایه..... ۳۱۰
- مدل ماکسول..... ۳۱۱
- مدل کلوین..... ۳۱۲
- مدل برگر..... ۳۱۲
- مدل تعمیم یافته..... ۳۱۳
- خزش پذیری..... ۳۱۳
- ۲-۴-۸- روش باهمگذاری..... ۳۱۵
- ۱-۲-۴-۸- حل‌های الاستیک..... ۳۱۵
- ۲-۲-۴-۸- سری‌های دیریکله..... ۳۱۶
- ۳-۲-۴-۸- باهمگذاری خزش پذیری‌ها..... ۳۱۶
- ۴-۲-۴-۸- برهم نهی زمان-دما..... ۳۱۸
- ۵-۲-۴-۸- باهمگذاری برای حل‌های ویسکوالاستیک..... ۳۱۹
- ۳-۴-۸- تحلیل بارهای در حرکت..... ۳۲۱
- فهرست مراجع فصل ۸..... ۳۲۴

فصل ۹ ارزیابی روسازی..... ۳۲۵

- ۱-۹- مقدمه..... ۳۲۵
- ۲-۹- قابلیت خدمت دهی..... ۳۲۵
- ۱-۲-۹- تعاریف و مقدمه..... ۳۲۵

۳۲۶	۲-۲-۹- تلاشهای نخستین در پیش بینی قابلیت خدمت‌دهی
۳۲۸	۳-۲-۹- دستگاههای واکنشی اندازه‌گیری ناهمواری روسازی
۳۲۹	۴-۲-۹- دستگاههای نوع نیمرخ سنج اندازه‌گیری ناهمواری روسازی
۳۳۰	۵-۲-۹- نیمرخ سنجهای سرعت زیاد
۳۳۰	۶-۲-۹- نیمرخ سنجهای سرعت کم
۳۳۱	۷-۲-۹- پردازش اندازه‌گیری‌های نیمرخ سنج
۳۳۱	۱-۷-۲-۹- فیلتر کردن نیمرخ طولی
۳۳۵	۸-۲-۹- شاخص‌های خلاصه‌کننده ناهمواری روسازی
۳۳۵	۱-۸-۲-۹- شاخص ناهمواری بین‌المللی
۳۳۷	۳-۹- ظرفیت باربری
۳۳۷	۱-۳-۹- تقسیم‌راه به واحدهای طرح
۳۳۸	۲-۳-۹- آزمایشهای غیر تخریبی
۳۳۸	۱-۲-۳-۹- تیربنک‌کشی
۳۴۲	۲-۲-۳-۹- افت و خیز سنج وزنه‌ای
۳۴۶	۳-۳-۹- آزمایشهای تخریبی
۳۴۶	۴-۹- خرابی سطحی
۳۴۶	۱-۴-۹- تعاریف و مقدمه
۳۴۷	۲-۴-۹- خرابی‌های روسازی‌های انعطاف پذیر
۳۴۷	۱-۲-۴-۹- ترک خوردگی
۳۴۹	۲-۲-۴-۹- تغییر شکل رویه
۳۵۱	۳-۲-۴-۹- نواقص رویه
۳۵۲	۳-۴-۹- خلاصه کردن خرابی‌های روسازی در یک شاخص
۳۵۶	۵-۹- ایمنی
۳۵۶	۱-۵-۹- تعاریف
۳۵۶	۲-۵-۹- اندازه‌گیری اصطکاک روسازی
۳۵۸	۳-۵-۹- اندازه‌گیری بافت روسازی
۳۶۰	۴-۵-۹- شاخص خلاصه‌کننده اصطکاک روسازی
۳۶۱	فهرست مراجع فصل ۹

فصل ۱۰ تأثیر عوامل محیطی بر روسازی

۳۶۲	۱-۱۰- مقدمه
۳۶۲	۲-۱۰- آب در روسازی‌ها
۳۶۲	۱-۲-۱۰- زهکشی
۳۶۳	۲-۲-۱۰- منابع

۳۶۵	۱۰-۲-۳- نرخ نفوذ
۳۶۵	۱۰-۲-۴- نرخ و زمان زهکشی
۳۷۰	۱۰-۲-۵- سامانه جمع‌آوری زهکشی
۳۷۱	۱۰-۲-۶- فیلترها
۳۷۴	۱۰-۳-۳- حرارت در روسازی‌ها
۳۷۴	۱۰-۳-۱- انتقال حرارت
۳۷۸	۱۰-۳-۲- یخبندان
۳۸۳	فهرست مراجع فصل ۱۰

۳۸۴	فصل ۱۱ طرح روسازی
۳۸۴	۱۱-۱- مقدمه
۳۸۴	۱۱-۲- روش تجربی آشتو
۳۸۵	۱۱-۲-۱- متغیرهای طرح
۳۸۵	۱۱-۲-۱-۱- محدودیت‌های زمانی
۳۸۵	دوره عملکرد
۳۸۵	دوره تحلیل
۳۸۵	۱۱-۲-۱-۲- ترافیک
۳۸۶	۱۱-۲-۱-۳- قابلیت اطمینان
۳۸۶	۱۱-۲-۱-۴- تأثیر عوامل محیطی
۳۹۰	۱۱-۲-۱-۵- قابلیت خدمت دهی
۳۹۰	۱۱-۲-۲- معادلات طرح
۳۹۳	۱۱-۲-۳- مدول برجهندگی مؤثر خاک بستر روسازی
۳۹۳	۱۱-۲-۴- عدد سازه‌ای
۳۹۳	۱۱-۲-۴-۱- ضریب لایه
۳۹۴	لایه بتن آسفالتی رویه
۳۹۴	لایه‌های اساس اصلاح نشده و اصلاح شده
۳۹۷	لایه زیراساس دانه‌ای
۳۹۷	۱۱-۲-۴-۲- ضریب زهکشی
۳۹۸	۱۱-۲-۵- انتخاب ضخامت لایه
۳۹۹	۱۱-۲-۵-۱- روش کلی طرح ضخامت
۴۰۱	۱۱-۲-۶- ساخت مرحله‌ای
۴۰۳	قیدهای زمانی
۴۰۳	ترافیک
۴۰۳	قابلیت اطمینان

۴۰۴	تأثیر عوامل محیطی
۴۰۶	قابلیت خدمت دهی
۴۰۶	مدول برجهندگی مؤثر بستر روسازی
۴۰۶	مشخصات مصالح لایه‌ها
۴۰۷	ضرایب لایه‌ها
۴۰۸	ضرایب زهکشی
۴۰۸	طرح روسازی اولیه
۴۰۸	تعیین ضخامت لایه‌ها برای روسازی اولیه
۴۰۹	۳-۱۱- روش انستیتو آسفالت
۴۰۹	۱-۳-۱۱- معیارهای طرح
۴۰۹	۱-۳-۱۱-۱- معیار خستگی
۴۱۰	۱-۳-۱۱-۲- معیار تغییر شکل دائم
۴۱۰	۱-۳-۱۱-۲- تحلیل ترافیک
۴۱۰	۱-۳-۱۱-۲- تعیین ترافیک طرح
۴۱۱	۳-۳-۱۱- تعیین مشخصات مصالح
۴۱۱	۱-۳-۳-۱۱- خاک بستر روسازی
۴۱۳	۲-۳-۳-۱۱- مصالح دانه‌ای اصلاح نشده
۴۱۴	۳-۳-۳-۱۱- بتن آسفالتی
۴۱۵	۴-۳-۳-۱۱- مخلوط‌های قیرآبه‌ای
۴۱۶	۴-۳-۱۱- تأثیر عوامل محیطی
۴۱۶	۱-۴-۳-۱۱- بستر روسازی
۴۱۷	۲-۴-۳-۱۱- مصالح دانه‌ای اصلاح نشده
۴۱۷	۵-۳-۱۱- فرآیند طرح
۴۱۷	۱-۵-۳-۱۱- بتن آسفالتی روی اساس مخلوط قیرآبه‌ای
۴۲۲	۲-۵-۳-۱۱- بتن آسفالتی روی اساس مصالح سنگی اصلاح نشده
۴۲۲	۶-۳-۱۱- مقایسه روشهای آشتو و انستیتو آسفالت
۴۲۳	۴-۱۱- روش راهنمای طرح NCHRP 1-37A
۴۲۳	۱-۴-۱۱- مقدمه
۴۲۴	۲-۴-۱۱- فرآیند طرح
۴۲۷	۳-۴-۱۱- دروندادهای طرح
۴۲۷	۱-۳-۴-۱۱- معیارهای طرح
۴۲۷	۲-۳-۴-۱۱- ترافیک
۴۲۸	۳-۳-۴-۱۱- محیط
۴۲۹	۴-۳-۴-۱۱- خواص مصالح

۴۳۰	۵-۳-۴-۱۱- بتن آسفالتی
۴۳۱	۶-۳-۴-۱۱- مصالح دانه‌ای
۴۳۲	۴-۴-۱۱- مدل‌های پاسخ روسازی
۴۳۳	۱-۴-۴-۱۱- نظریه الاستیک خطی چند لایه‌ای
۴۳۴	۲-۴-۴-۱۱- روش اجزاء محدود
۴۳۴	۳-۴-۴-۱۱- مدل آب و هوایی
۴۳۵	۵-۴-۱۱- مدل‌های عملکرد تجربی
۴۳۵	۱-۵-۴-۱۱- ترک خوردگی خستگی
۴۳۷	۲-۵-۴-۱۱- ترک خوردگی طولی
۴۳۸	۳-۵-۴-۱۱- ترک خوردگی دمانی
۴۳۹	۴-۵-۴-۱۱- شیار شدگی
۴۴۰	۵-۵-۴-۱۱- مدل بتن آسفالتی
۴۴۱	۶-۵-۴-۱۱- مصالح دانه‌ای
۴۴۲	۷-۵-۴-۱۱- ناهمواری
۴۴۴	۶-۴-۱۱- قابلیت اطمینان
۴۴۵	۷-۴-۱۱- مقایسه روشهای راهنمای طرح ۱۹۹۳ و راهنمای طرح NCHRP 1-37A
۴۴۶	فهرست مراجع فصل ۱۱

۴۴۷	فصل ۱۲ تعمیر و نگهداری و بهسازی روسازی
۴۴۷	۱-۱۲- مقدمه
۴۴۸	۲-۱۲- تعمیر و نگهداری
۴۴۸	۱-۲-۱۲- تعمیر و نگهداری پیشگیری کننده
۴۴۸	۱-۱-۲-۱۲- آب بند کننده‌های سطح
۴۵۴	۲-۲-۱۲- تعمیر و نگهداری اصلاح کننده
۴۵۶	۳-۱۲- بهسازی
۴۵۶	۱-۳-۱۲- باز یافت گرم
۴۵۷	۲-۳-۱۲- باز یافت سرد
۴۵۹	۴-۳-۱۲- روکش‌های سازه‌ای
۴۵۹	۴-۱۲- طرح روکش به روش ۱۹۹۳ آشتو
۴۶۰	۱-۴-۱۲- تعیین SN_{eff} با استفاده از بررسی وضعیت سطح روسازی
۴۶۲	۲-۴-۱۲- تعیین SN_{eff} با استفاده از عمر خستگی باقیمانده
۴۶۳	۳-۴-۱۲- تعیین SN_{eff} با استفاده از آزمایش غیر تخریبی
۴۶۶	۵-۱۲- طرح روکش به روش انستیتو آسفالت
۴۶۷	۶-۱۲- طرح روکش به روش NCHRP 1-37A

۴۶۷	 ۱۲-۶-۱- مقدمه
۴۶۹	 ۱۲-۶-۲- درونداها
۴۶۹	 ۱۲-۶-۲-۱- پارامترهای تحلیل
۴۶۹	 ۱۲-۶-۲-۱- همواری اولیه
۴۶۹	 ۱۲-۶-۲-۲- معیارهای عملکرد (خرابی)
۴۷۰	 همواری نهائی
۴۷۰	 ترک خوردگی طولی
۴۷۰	 ترک خوردگی موزائیکی
۴۷۰	 ترک خوردگی دمانی
۴۷۰	 شیار شدگی
۴۷۱	 ترک خوردگی انعکاسی
۴۷۲	 ۱۲-۶-۲-۳- پیش بینی همواری
۴۷۲	 ۱۲-۶-۲-۲- ترافیک
۴۷۲	 ۱۲-۶-۲-۳- آب و هوا
۴۷۳	 ۱۲-۶-۲-۴- سازه روسازی
۴۷۴	 ۱۲-۶-۳- اصلاحات قبل از روکش
۴۷۵	 ۱۲-۶-۴- قابلیت اطمینان طرح
۴۷۵	 ۱۲-۶-۵- تعیین مشخصات روسازی موجود
۴۷۵	 ۱۲-۶-۱- بستر روسازی، اساس و زیراساس دانهای
۴۷۵	 خواص ارتجاعی
۴۷۶	 کرنش دائمی اولیه
۴۷۶	 ۱۲-۶-۵-۲- بتن آسفالتی
۴۷۶	 مدول و صدمه خستگی
۴۸۰	 کرنش دائمی اولیه
۴۸۰	 ۱۲-۶-۵-۳- مقطع آزمایشی
۴۸۰	 ۱۲-۶-۵-۴- پیش بینی خرابی
۴۸۲	 ۱۲-۶-۵-۵- ارزیابی عملکرد طرح آزمایشی و اصلاحات طرح
۴۸۶	 فهرست مراجع فصل ۱۲
۴۸۷	 واژه نامه

بسم الله الرحمن الرحيم

پیش گفتار

مهندسی روسازی حوزه وسیعی است که گستره پهنای از مباحث فنی را که بسرعت در حال تحول‌اند، در بر می‌گیرد. طی دو دهه اخیر با معرفی روشها و آزمایشهای پیشرفته تعیین خواص و رفتار مصالح، و بویژه با عرضه روش جدید مکانیستیک-تجربی طرح روسازی که تحولی بزرگ در این زمینه محسوب می‌گردد، تحلیل و طراحی روسازی بیش از پیش از حالت تجربی فاصله گرفته است.

موضوع روسازی تحلیل، طراحی، عملکرد، ارزیابی، تعمیر و نگهداری، و بهسازی و مدیریت را شامل می‌شود. پوشاندن همه عناوین ذکر شده با جزئیات کافی بطوریکه به عنوان کتاب درسی قابل استفاده باشد، مشکل است. کمبود کتاب در زمینه روسازی راه و نیاز دانشجویان مهندسی عمران و مهندسين در دست اندرکار طراحی و اجرای پروژه‌های راه به آگاهی از پیشرفتهای فنی در این زمینه، انگیزه اصلی نوشتن این کتاب است.

برآورد اصولی بار ترافیک، ارزیابی صحیح خواص و رفتار مصالح روسازی و خاک بستر، و در نظر گرفتن منطقی تأثیر عوامل محیطی، مهمترین پارامترهای مورد نیاز طرح روسازی هستند که در این کتاب با تأکید مورد بحث قرار گرفته‌اند. طبعاً، استفاده از روشهای جدید و فاصله گرفتن از دیدگاههای تجربی و سلیقه‌ای در طرح روسازی‌ها، مستلزم فراهم بودن زیرساختها و تجهیزات لازم، مانند سامانه‌های پایش ترافیک، به منظور تأمین داده‌های مورد نیاز است. با نصب و بهره برداری از چنین تجهیزاتی نه تنها داده‌های مورد نیاز برای طرح روسازی راههای جدید فراهم می‌شود، بلکه نقش و سهم ترافیک سنگین کامیونی در تخریب روسازی‌های موجود که در حال حاضر بدلیل عدم پایش کاملاً ناشناخته است، روشن شده و در راستای حفظ سرمایه ملی تدابیر لازم برای مقابله با آن قابل اتخاذ خواهد بود.

در تنظیم مطالب همواره سعی بر استفاده از سامانه واحدهای متریک بوده است. لیکن، در مواردیکه بنا به ضرورت از سامانه واحدهای انگلیسی استفاده شده مقابل متریک آن ذکر شده است.

از همکاران ارجمند و دانشجویان عزیز تقاضا دارم نظرات و پیشنهادهای اصلاحی خود را از طریق ناشر محترم تذکر دهند تا در چاپهای بعدی جهت رفع نقائص مورد بهره برداری قرار گیرد.

یونس نیازی

پاییز ۱۳۹۰