



روسازی بتنی

(جلد دوم)

دکتر محمود رضا کی منش مهندس حمید رضا ربانی نژاد

امروزه کتاب‌خوانی و علم‌آموزی، نه تنها یک وظیفه ملی، که یک واجب دینی است.^۱

مقام معظم رهبری

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتاب‌خوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چندهزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پر بار است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه مطالعه هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان، تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاورد انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین

۱. پیام مقام معظم رهبری به مناسبت آغاز هفته کتاب ۷۲/۱۰/۴

سوره‌ای که بر آن فرستاده عظیم‌الشان خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد شده‌است: «إِقْرَأْ وَ رَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده‌اند.

دانشگاه پیام‌نور با گستره جغرافیایی ایران‌شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه‌جا و همه‌وقت، به‌عنوان دانشگاهی کتاب‌محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه‌سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره‌گیری از تجربه‌های گرانقدر استادان و صاحب‌نظران برجسته کشورمان، کتاب‌ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام‌نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به‌طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب‌نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه مهم و خطیر یاری‌رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه خطیر یاری می‌رسانند، سپاسگزاری می‌نماییم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام‌نور را منزلگاه اندیشه‌سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده‌اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش‌پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

دانشگاه پیام‌نور

فهرست مطالب

پیشگفتار	یازده
فصل نهم: طراحی روسازی‌های با ترافیک کم	۱
هدف کلی	۱
هدف‌های یادگیری	۱
مقدمه	۱
۱-۹ راهنمای طراحی ACI 330 و ACI 325.12R	۳
۱-۱-۹ خصوصیات طرح نمونه	۴
۲-۱-۹ ویژگی ترافیک	۴
۳-۱-۹ طرح درز	۵
۲-۹ نرم‌افزار طراحی STREETPAVE ACPA	۷
۱-۲-۹ تنظیمات عمومی	۷
۲-۲-۹ ورودی‌های سطح پروژه	۸
۳-۲-۹ ورودی‌های ترافیک	۸
۴-۲-۹ ویژگی‌های روسازی	۱۱
۵-۲-۹ تحلیل روسازی موجود و جدید	۱۲
۶-۲-۹ هزینه چرخه عمر	۱۳
۳-۹ مثال‌های طراحی	۱۴
۴-۹ جداول طراحی روسازی با ترافیک سبک	۱۹
۵-۹ روسازی بتنی متخلخل	۲۳
۶-۹ تقاطع‌های بتنی	۲۸
۷-۹ روسازی‌های مرکب RCC	۳۰
۸-۹ روسازی‌هایی با دال بتنی کوچک و نازک	۳۱

۳۳	فصل دهم: طراحی روسازی فرودگاه
۳۳	هدف کلی
۳۳	هدف‌های یادگیری
۳۳	مقدمه
۳۶	۱-۱۰ اساس‌ها و زیراساس‌ها در روسازی فرودگاه
۳۷	۲-۱۰ ملاحظات مربوط به طراحی
۳۷	۱-۲-۱۰ تعیین پرواز سالانه معادل هواپیمای مبنای طرح
۴۰	۲-۲-۱۰ طراحی روسازی برای شرایط یخ‌زدگی و یخ‌زدگی دائمی زمین
۴۲	۳-۱۰ طراحی روسازی صلب سازمان FAA
۴۲	۱-۳-۱۰ تعیین مدول بستر (مقدار k)
۴۳	۲-۳-۱۰ تعیین ضخامت دال بتنی
۴۴	۳-۳-۱۰ نواحی بحرانی و غیربحرانی
۴۴	۴-۳-۱۰ حجم ترافیکی بالا
۴۴	۵-۳-۱۰ درزبندی
۴۶	۴-۱۰ روسازی‌های CRC و مسلح
۴۶	۵-۱۰ طراحی روسازی ارتجاعی (الاستیک) لایه‌ای
۴۸	۶-۱۰ نرم‌افزار طراحی روسازی فرودگاه
۴۸	۱-۶-۱۰ نرم‌افزار طراحی استاندارد سازمان FAA
۵۲	۲-۶-۱۰ نرم‌افزار طراحی الاستیک لایه‌ای
۵۵	۷-۱۰ مثال‌های طراحی
۵۸	۸-۱۰ روسازی فرودگاه‌ها برای هواپیماهای سبک‌وزن
۶۱	فصل یازدهم: طراحی روسازی صنعتی
۶۱	هدف کلی
۶۱	هدف‌های یادگیری
۶۱	مقدمه
۶۴	۱-۱۱ روسازی‌های صنعتی متعارف
۶۴	۲-۱۱ روسازی‌های صنعتی RCC
۶۸	۳-۱۱ نمونه‌هایی از طراحی روسازی صنعتی (RCCPave و AirPave)
۶۸	۱-۳-۱۱ نمونه طراحی ۱- جابه‌جا کننده کانتینر
۷۰	۲-۳-۱۱ نمونه طراحی ۲- جرثقیل دروازه‌ای سیار
۷۱	۴-۱۱ نمونه موردی‌های روسازی صنعتی
۷۱	۱-۴-۱۱ روسازی صنعتی متعارف با سیمان بدون جمع‌شدگی
۷۳	۲-۴-۱۱ گسترش امکانات بندر پایانه بین‌المللی نورفولک با RCC
۷۵	فصل دوازدهم: انتقالات بین روسازی‌ها، جزئیات ویژه و تقویت روسازی CRCP
۷۵	هدف کلی

۷۵	هدف‌های یادگیری
۷۵	مقدمه
۷۶	۱-۱۲ انتقالات
۷۷	۱-۱۲-۱ انتقالات بین روسازی‌های بتنی و پل‌ها
۷۸	۱-۱۲-۲ انتقالات بین روسازی‌های بتنی و آسفالتی
۷۹	۱-۱۲-۲ طراحی ضخامت برای CRCP
۸۰	۱-۱۲-۳ طراحی فولاد CRCP برای راه‌ها - آشتو
۸۱	۱-۱۲-۳-۱ درصد فولاد براساس فاصله ترک
۸۲	۱-۱۲-۳-۲ درصد فولاد براساس عرض ترک
۸۳	۱-۱۲-۳-۳ درصد فولاد براساس تنش فولاد
۸۳	۱-۱۲-۳-۴ تقویت‌کننده عرضی CRCP
۸۴	۱-۱۲-۳-۵ نمونه طراحی
۸۴	۱-۱۲-۳-۶ نرم‌افزار
۸۵	۱-۱۲-۴ عملکرد روسازی CRCP در راه
۸۷	۱-۱۲-۵ طراحی فولاد CRCP برای فرودگاه‌ها-FAA
۸۷	۱-۱۲-۵-۱ فولاد برای مقاومت در برابر محدودیت بستر
۸۸	۱-۱۲-۵-۲ فولاد برای مقاومت در برابر تأثیرات درجه حرارت
۸۸	۱-۱۲-۵-۳ نسبت بتن به فولاد
۸۸	۱-۱۲-۵-۴ فولاد عرضی
۸۸	۱-۱۲-۵-۵ نمونه طراحی
۸۹	۱-۱۲-۶ تسلیح CRCP و مهارکننده‌های انتهایی
۸۹	۱-۱۲-۶-۱ جزئیات تسلیح
۹۲	۱-۱۲-۷ مهارکننده‌های انتهایی و درزهای انتهایی
۹۶	۱-۱۲-۸ درزهای ساخت عرضی
۹۶	۱-۱۲-۹ روسازی بدون درز - نمونه موردی
۹۹	فصل سیزدهم: ساخت بستر و زیراساس
۹۹	هدف کلی
۹۹	هدف‌های یادگیری
۹۹	مقدمه
۱۰۰	۱-۱۳ آماده‌سازی بستر
۱۰۱	۱-۱۳-۱ دانه‌بندی و تراکم بستر
۱۰۴	۱-۱۳-۲ کنترل خاک‌های منبسط‌شونده
۱۰۵	۱-۱۳-۳ کنترل برآمدگی خاک ناشی از یخ‌زدگی
۱۰۶	۱-۱۳-۴ تثبیت بستر
۱۰۷	۱-۱۳-۵ دیگر ملاحظات مربوط به بستر
۱۰۸	۱-۱۳-۲ ساخت لایه زیراساس و اساس

- ۱۰۸ ۱۳-۲-۱ زیراساس های اصلاح نشده
- ۱۱۰ ۱۳-۲-۲ لایه های اساس و زیراساس اصلاح شده با سیمان (CTB)
- ۱۱۳ ۱۳-۲-۳ لایه اساس و زیراساس با بتن سبک/ بتن اقتصادی (LCB)
- ۱۱۴ ۱۳-۲-۴ لایه های زیراساس و اساس اصلاح شده با آسفالت (ATB)
- ۱۱۵ ۱۳-۲-۵ اساس های نفوذپذیر
- ۱۱۶ ۱۳-۲-۶ مسائل مربوط به اساس های تثبیت شده

فصل چهاردهم: اجرای روسازی

- ۱۱۷ هدف کلی
- ۱۱۷ هدف های یادگیری
- ۱۱۷ مقدمه
- ۱۱۸ ۱۴-۱ ملاحظات مربوط به تولید بتن
- ۱۲۰ ۱۴-۲ اجرای روسازی با قالب لغزنده
- ۱۲۹ ۱۴-۳ اجرای روسازی با قالب ثابت
- ۱۳۴ ۱۴-۴ دستگاه های اجرای روسازی عرشه پل
- ۱۳۴ ۱۴-۵ برنامه ریزی و رفع مسائل و مشکلات مربوطه
- ۱۳۶ ۱۴-۶ ساخت روسازی بتنی تسریع شده
- ۱۳۶ ۱۴-۶-۱ انجام آزمایش طبق موعده

فصل پانزدهم: پرداخت، ایجاد بافت، عمل آوری، برش و آب بندی درز

- ۱۳۹ هدف کلی
- ۱۳۹ هدف های یادگیری
- ۱۳۹ مقدمه
- ۱۳۹ ۱۵-۱ پرداخت و ایجاد بافت
- ۱۴۱ ۱۵-۲ عمل آوری
- ۱۴۲ ۱۵-۲-۱ عوامل مؤثر بر شرایط عمل آوری بتن
- ۱۴۵ ۱۵-۲-۲ عمل آوری اولیه
- ۱۴۷ ۱۵-۲-۳ عمل آوری نهایی
- ۱۴۹ ۱۵-۲-۴ مدیریت دما
- ۱۵۰ ۱۵-۲-۵ خاتمه عمل آوری و ارزیابی کارایی
- ۱۵۱ ۱۵-۲-۶ ملاحظات مربوط به روکش های نازک
- ۱۵۲ ۱۵-۳ برش و آب بندی درز
- ۱۵۹ ۱۵-۴ اجرای روسازی در آب و هوای گرم و سرد و احتیاط های مربوط به عمل آوری
- ۱۵۹ ۱۵-۴-۱ احتیاط های مربوط به آب و هوای گرم
- ۱۶۳ ۱۵-۴-۲ احتیاط های لازم در آب و هوای سرد
- ۱۶۵ ۱۵-۴-۳ افت زیاد دمای محیط
- ۱۶۶ ۱۵-۵ برنامه HIPERPAV

۱۷۵	فصل شانزدهم: تعمیر و نگهداری روسازی بتنی
۱۷۵	هدف کلی
۱۷۵	هدف‌های یادگیری
۱۷۵	مقدمه
۱۷۸	۱-۱۶ مدیریت روسازی
۱۸۴	۲-۱۶ آب‌بندی مجدد درز و ترک
۱۸۵	۱-۲-۱۶ آب‌بندی مجدد درز
۱۸۶	۲-۲-۱۶ آب‌بندی ترک
۱۸۷	۳-۱۶ نگهداری سیستم‌های زهکشی
۱۸۹	فصل هفدهم: بازسازی روسازی
۱۸۹	هدف کلی
۱۸۹	هدف‌های یادگیری
۱۸۹	مقدمه
۱۹۱	۱-۱۷ انتخاب راهکارهای نگهداری و نوع روکش
۱۹۲	۲-۱۷ تعمیر کل عمق و تعمیر بخشی از عمق
۱۹۴	۱-۲-۱۷ وصله‌های تعمیر کل عمق
۱۹۸	۲-۲-۱۷ وصله‌های تعمیر جزئی عمق
۱۹۹	۳-۱۷ مقاوم‌سازی با میلگرد داول و دوخت متقاطع
۲۰۰	۱-۳-۱۷ مقاوم‌سازی با میلگردهای داول
۲۰۲	۲-۳-۱۷ دوخت متقاطع
۲۰۳	۴-۱۷ سنگ‌زنی و شیارزنی
۲۰۶	۵-۱۷ تثبیت دال بتنی
۲۱۱	فصل هجدهم: روکش‌ها و میان‌لایه‌ها
۲۱۱	هدف کلی
۲۱۱	هدف‌های یادگیری
۲۱۱	مقدمه
۲۱۲	۱-۱۸ روکش‌های بتنی روسازی‌های بتنی
۲۱۲	۱-۱-۱۸ روکش‌های غیرچسبنده
۲۲۰	۲-۱-۱۸ روکش‌های بتنی چسبنده
۲۲۷	۲-۱۸ روکش‌های بتنی روسازی‌های آسفالتی
۲۲۷	۱-۲-۱۸ whitetopping روکش‌های
۲۳۱	۲-۲-۱۸ روکش‌های UTW (Ultrathin white topping)
۲۳۷	۳-۲-۱۸ Whitetopping روکش‌های نازک
۲۳۸	۳-۱۸ میان‌لایه‌های بتنی
۲۳۹	منابع

پیشگفتار

روسازی بتنی به عنوان یک سازه پوسته‌ای باید بتواند وظایف اصلی سازه‌ای خود یعنی تحمل بار و انتقال نیروی ترافیکی را در طول دوران بهره‌برداری به نحوی مطلوب ارائه کند. روسازی‌های صلب یا به عبارت دیگر روسازی‌های بتنی، دارای سختی خمشی به نسبت بالایی بوده و با کمترین تغییر شکل، بارهای خارجی را در سطح به نسبت وسیعی، به خاک بستر منتقل می‌کنند. از طرف دیگر، از این نوع روسازی، در جاده‌های با ترافیک سنگین، تونل‌ها، پل‌ها و یا در بارگذاری‌های سریع و مقطعی مانند فرودگاه‌ها، پارکینگ‌ها، گاراژها و کف کارخانجات استفاده می‌شود. در صورتی که تمهیدات لازم جهت مهار تنش‌های حرارتی و تنش‌های اصطکاکی در نظر گرفته شود، این نوع روسازی، از عمر مناسب و توجیه اقتصادی برخوردار خواهد بود و همین موضوع باعث شده تا در اکثر کشورهای صنعتی که مشکل کمبود سیمان وجود ندارد، از این نوع روسازی استفاده شود. استفاده از رویه‌های بتنی، در دیگر کشورها از جمله در اروپا و در ایالات متحده آمریکا بسیار متداول بوده و از به کارگیری آن‌ها در کشورهای توسعه‌یافته، حدود نیم قرن سپری می‌شود؛ در ایران اما با وجود دسترسی کافی به سیمان و مصالح سنگی، بنابه دلایلی همچون ارزان بودن قیمت قیر در سال‌های گذشته، معرفی نشدن گزینه‌های جایگزین، کافی نبودن دانش فنی - اجرایی و ضعف تجهیزات مربوطه، استفاده از این نوع روسازی، تنها طی چند سال اخیر مورد توجه قرار گرفته است.

در تهیه کتاب حاضر تلاش شده است تا ضمن ارائه نکات کاربردی استخراج شده از آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های معتبر، با بهره‌گیری از تجربیات بین‌المللی در زمینه

روسازی بتنی، جزئیات فنی و اجرایی نمونه‌های متعددی از پروژه‌های اجراشده در نقاط مختلف دنیا به بحث گذاشته شده و نتایج کیفی و کمی به دست آمده، به عنوان مرجعی تخصصی، در دسترس محققین، مهندسین و مجریان فعال در صنعت روسازی بتنی قرار گیرد؛ این امر باعث خواهد شد تا با الگوگیری از تجربیات موفق و احتراز از تکرار تجربیات نامطلوب، از هدررفت زمان و سرمایه ملی جلوگیری به عمل آمده و در نتیجه، کیفیت و بهره‌وری افزایش یابد.

بر این اساس در جلد اول این کتاب، ضمن تشریح انواع و اجزای روسازی‌های بتنی، آسیب‌های سازه‌ای و عملکردی، مشخصات فنی بستر و لایه‌های روسازی، روش‌های تثبیت، روش‌های زهکشی، مشخصات مصالح، افزودنی‌ها، ملاحظات مربوط به طرح اختلاط، مبانی طراحی و همچنین روش‌های طراحی روسازی راه، مورد بحث قرار گرفته است. در جلد دوم، طراحی روسازی‌های با ترافیک کم، طراحی روسازی فرودگاه، طراحی روسازی صنعتی، دتایل‌ها و ملاحظات اجرایی، تقویت روسازی، تکمیل و بافت‌دار کردن سطح، عمل‌آوری، برش و آب‌بندی درزها، جزئیات مربوط به تعمیر، نگهداری، ترمیم و بازسازی روسازی بتنی و همچنین مباحث مربوط به روکش‌ها و میان‌لایه‌ها، مطرح خواهند شد.

به امید روزی که صنعت روسازی دنیا، از یافته‌ها، نوآوری‌ها و ابتکارات نخبگان فعال کشورمان، بهره‌مند شود./

با تقدیم احترام
محمودرضا کی‌مش
حمیدرضا ربانی‌نژاد

فصل نهم

طراحی روسازی‌های با ترافیک کم

هدف کلی

هدف کلی این فصل، آموزش طراحی روسازی‌های بتنی کم‌ترافیک می‌باشد.

هدف‌های یادگیری

دانشجویان گرامی با مطالعه این فصل:

۱. طراحی روسازی‌های بتنی برای محوطه‌های پارکینگ، خیابان‌های شهری و جاده‌های محلی را فرامی‌گیرند.
۲. با ویژگی‌های طراحی روسازی بتنی برای تقاطع‌ها آشنا می‌شوند.
۳. ملاحظات طراحی مربوط به روسازی‌های بتنی متخلخل، روسازی‌های مرکب RCC و روسازی‌های با دال بتنی کوچک و نازک را مرور می‌کنند.

مقدمه

روسازی‌های بتنی به‌طور گسترده در فرودگاه‌ها و راه‌های مهم با ترافیک زیاد استفاده می‌شوند. با این حال، در مکان‌های مهم با ترافیک سبک‌تر از قبیل خیابان‌های شهر و جاده‌های محلی و محوطه‌های پارکینگ نیز حائز اهمیت هستند. در این مکان‌ها، دوام و ماندگاری بلندمدت و کاهش هزینه نگهداری روسازی‌های بتنی، همچنین کاهش نیاز به نورپردازی در شب و کاهش ایجاد گرما در آب و هوای گرم می‌توانند بسیار جذاب باشند. روسازی‌های بتنی با بتن‌های دارای بافت، طرح یا رنگی را می‌توان با منظر و معماری واحدهای همسایگی جهت بهبود مسائل زیبایی‌شناسی در آن‌ها ادغام کرد.

با این حال، به کارگیری روش های پیچیده مورد استفاده در راه ها و فرودگاه ها برای روسازی های با ترافیک کم کار بیهوده ای است. از این گذشته، اگرچه از روش طراحی آشتو سال ۱۹۹۳^۱ برای این روسازی ها می توان استفاده کرد، اما در داده های آزمایش جاده آشتو^۲ که برای ایجاد و توسعه روش، مورد استفاده قرار می گیرند، روسازی های با ترافیک سبک به خوبی معرفی نشده اند. علاوه بر این، هوانگ (۲۰۰۴، ۵۸۳-۵۸۲) یادآور شد که استفاده از روش آشتو ممکن است به طرز خطرناکی نتایج غیرمحافظة کارانه ای را برای روسازی های با ترافیک کم به بار آورد.

به منظور توسعه طرح های روسازی های با ترافیک کم، کمیته های ACI ۳۲۵ و ۳۳۰، روش PCA ۱۹۸۴ را برای ایجاد جداول طراحی ساده به کار بردند. همچنین ACPA، نرم افزار طراحی STEELPAVE را جهت طراحی این نوع روسازی ها ایجاد کرد. ACPA نیز «طراحی روسازی های بتنی خیابان های شهری، سری های اطلاعاتی IS184P»^۳ را ایجاد کرد (ACPA، ۱۹۹۲b).

این فصل حاوی جداول طراحی روسازی برای محوطه های پارکینگ، خیابان ها و جاده های محلی، که با استفاده از نرم افزار STREETPAVE تولید شده اند، می باشد. این ها شبیه به جداول ACI 325.12R-02 و ACI 320R-01 هستند. از آنجایی که به صورت متعارف یکی از کاربردهای روسازی های بتنی متخلخل در روسازی های کم ترافیک است، جداول طراحی برای روسازی های بتنی متخلخل ارائه شده اند.

تقاطع های دارای روسازی بتنی نیز از مواردی هستند که در این فصل مورد بحث قرار می گیرند. این ها اغلب به منظور تعویض آسفالت تقاطع هایی که دارای چاله و همچنین خرابی های دیگر هستند به کار می روند. چاله ها بیشتر بر اثر توقف و حرکت آهسته وسایط نقلیه سنگین به وجود می آیند. ایستگاه های اتوبوس بتنی به همین دلایل می توانند مورد استفاده قرار گیرند.

حتی اگر روسازی براساس مقاومت خمشی طراحی شده باشد، کنترل کیفیت پروژه ها و ایجاد روسازی ها برای عبور و مرور ممکن است بر مبنای مقاومت فشاری باشد. پیشنهاداتی در مورد همبستگی های مختلف بین مقاومت های خمشی و فشاری توسط کمیته

1. Aasht

2. Aasho road test

3. Design of concrete pavements for city streets, information series is184p

ACT 325 سال ۲۰۰۲، کمیته ACI 330 سال ۲۰۰۱ و ACPA سال ۱۹۹۷ مطرح شده‌اند. برای تقاطع‌ها، روسازی معمولاً زمانی برای عبور و مرور مورد استفاده قرار می‌گیرد که بتن به مقاومت خمشی ۳ مگاپاسکال (۴۵۰ psi) یا مقاومت فشاری ۱۷ مگاپاسکال (۲۵۰۰ psi) رسیده باشد (ACPA، ۱۹۹۷: ۲۳).

۹-۱ راهنمای طراحی ACI 330 و ACI 325.12R

کمیته ACI 325 در سال ۲۰۰۲ «راهنمای طراحی روسازی‌های بتنی درزدار برای خیابان‌های شهری و جاده‌های محلی»^۱ را منتشر کرد و کمیته ۳۳۰ در سال ۲۰۰۱ «راهنمای طراحی و ساخت محوطه‌های پارکینگ بتنی»^۲ را منتشر کرد. هر دو راهنما به واحدهای دوگانه SI و US نوشته شده‌اند. بیشترین میانگین عبور روزانه کامیون (ADTT) در دو مسیر برای محوطه‌های پارکینگ ۷۰۰ و برای خیابان‌های شهری و جاده‌های محلی ۱۵۰۰ است. علاوه بر این، کمیته ACI 330 کتاب «مشخصات محوطه‌های پارکینگ با بتن غیرمسلح، ACI 330.1-03»^۳ را منتشر کرد (کمیته ۳۳۰ ACI سال ۲۰۰۳). این کتاب شامل «الزامات مواد، جانمایی، ایجاد بافت، عمل‌آوری، اتصالات و باز کردن پارکینگ روبه ترافیک» است (کمیته ۳۰۰ ACI سال ۲۰۰۳: ۱).

به‌خاطر بارهای ترافیکی سبک‌تر، روسازی‌های JPCP بدون داول اغلب مورد استفاده قرار می‌گیرند. روسازی‌های بدون داول و غیرمسلح نیز از این مزیت برخوردارند که در معرض خوردگی فولاد ناشی از نمک‌های ضدیخ و دیگر مواد نیستند، زیرا فولادی در آنها وجود ندارد.

به‌طور کلی آرماتور تنها برای پانل‌ها با اشکال بی‌قاعده و با نسبت‌های شیب ۱: ۱/۷ یا بیشتر نیاز است. گرچه آرماتورگذاری در گذشته با فاصله گذاری بلند بین درزها به‌کار برده می‌شد، اما درکل بهتر از روش کاهش فاصله درز است. ACI 330R-01 اظهار می‌دارد که استفاده از آرماتور فولادی توزیع‌شده کمکی به ظرفیت باربری روسازی نخواهد کرد و نباید در پیش‌بینی تکنیک‌های ضعیف ساخت و ساز به‌کاربرده شود (کمیته ۳۳۰ ACI سال ۲۰۰۱: ۸-۹).

1. Guide for design of jointed concrete pavements for city streets and local roads

2. Guide for design and construction of concrete parking lots

3. Specification for unreinforced concrete parking lots, aci 330.1-03

۹-۱-۱ خصوصیات طرح نمونه

به طور کلی کمترین ضخامت روسازی ۱۰۰ میلی متر (۴ اینچ) است. ضخامت روسازی برای خیابان‌های شهری و جاده‌های محلی ممکن است به ۲۰۰ یا ۲۲۵ میلی متر (۸ یا ۹ اینچ) نیز برسد. داول‌ها اغلب برای روسازی‌هایی با ضخامت بیشتر از ۲۰۰ میلی متر (۸ اینچ) به کار می‌روند. داول‌ها با قطر ۳۲ میلی متر (۱/۲۵ اینچ) ممکن است برای روسازی‌هایی به ضخامت ۲۵۰ میلی متر (۱۰ اینچ) به کار روند، که در جدول ۷-۱ آورده شده‌اند.

خیابان‌های شهری اغلب دارای جداول و آب‌روهایی هستند که به لبه روسازی متصل بوده و یا در میانه آن قرار گرفته‌اند این عامل باعث کاهش تنش‌های لبه‌ای شده و امکان ساخت روسازی‌های با ضخامت کمتر را به وجود می‌آورد. ابتدا می‌توان جداول و آب‌روها را ساخت و به عنوان اشکال جانبی برای ساخت روسازی‌های خیابان‌های شهری و پارکینگ استفاده کرد.

ACI 325.12R اظهار داشت که «استفاده از میلگردهای داول یا اساس‌های تثبیت‌شده برای موارد طراحی با حجم کم توصیه نمی‌شود.» موارد طراحی از قبیل اساس‌های نامقید، لبه‌های ضخیم، خطوط بیرونی پهن یا جداول و آب‌روهای اتصالی می‌توانند بسیار مقرون به صرفه باشند (کمیته ۳۲۵ ACI سال ۲۰۰۲: ۷).

معمولاً پمپاژ با سرعت‌ها، حجم‌ها و وزن‌های عبوری که معمولاً بر روسازی‌های با حجم کم تحمیل می‌شوند، در صورتی که زهکشی مناسب باشد، مشکلی در این روسازی‌ها به شمار نمی‌آید. همچنین زهکشی سطحی مثبت ۲ تا ۲/۵ درصد در ممانعت از به وجود آمدن معضلات رطوبتی جلوگیری می‌کند (کمیته ۳۲۵ ACI سال ۲۰۰۲: ۷). در مناطق شهری، زهکشی برای خیابان‌های شهری و محوطه‌های پارکینگ اغلب توسط سیستم‌های فاضلاب آب باران به صورت زیرسطحی انجام می‌گیرد.

۹-۱-۲ ویژگی ترافیک

همانند همه روسازی‌های بتنی، سنگین‌ترین بارهای محور جهت کنترل طرح و اجرا مدنظر قرار می‌گیرند. بنابراین تخمین دقیق تعداد کامیون‌های سنگینی که توسط روسازی‌ها تحمل می‌شوند، به خصوص هر باری بیش از محدوده بار مجاز، مهم است (کمیته ۳۲۵ ACI سال ۲۰۰۲: ۱). این مسائل در نزدیکی مراکز صنعتی اهمیت ویژه‌ای دارند، به طوری که کمیته

طراحی روسازی‌های با ترافیک کم ۵

۳۲۵ (2002:11 ACI) و کمیته 6۳۳۰ (2001: ACI) طبقه‌بندی مراکز زیر را ارائه دادند. جداول طراحی برای این سطوح ترافیک بعداً در این فصل ارائه می‌شوند.

جدول ۹-۱. طبقه‌بندی ترافیک پارکینگ و خیابان براساس 12R. ACI325 و
 ۶-۳۳۰R-ACI (2001: 6 ACI Committee 330, 2002: 11 ACI Committee 325)

طبقه‌بندی گروه پارکینگ / خیابان	ADT یا VPD ^۱ دوطرفه	وسایل نقلیه تجاری سنگین (دومحوره، شش تایره و سنگین تر)		رده‌ای برای روسازی خیابان، جداول ۹-۳-۵
		درصد	کامیون در روز	
فقط پارکینگ ماشین		۰	۰	مسکونی
راه‌های دسترسی کامیون			۱-۱۰	مسکونی
مسکونی سبک	۲۰۰	۱-۲	۲-۴	مسکونی
مسکونی	۲۰۰-۱۰۰۰	۱-۲	۲-۴	مسکونی
ورودی مرکز خرید و خطوط سرویس و پارکینگ کامیون			۲۵-۳۰۰	جمع‌کننده
کانال‌های زهکشی	۱۰۰۰-۸۰۰۰	۳-۵	۵۰-۵۰۰	جمع‌کننده
پارکینگ کامیون، اتوبوس			۱۰۰-۷۰۰	شریان فرعی
شریان فرعی	۴۰۰۰-۱۵۰۰۰	۱۰	۳۰۰-۶۰۰	شریان فرعی
شریان اصلی	۴۰۰۰-۳۰۰۰۰	۱۵-۲۰	۷۰۰-۱۵۰۰	شریان اصلی
تجاری	۱۷۰۰۰-۱۱۰۰۰	۴-۷	۴۰۰-۷۰۰	شریان اصلی
صنعتی	۲۰۰۰-۴۰۰۰	۱۵-۲۰	۳۰۰-۸۰۰	شریان اصلی
پارکینگ کامیون‌های سنگین			۷۰۰	شریان اصلی

۱. وسایل نقلیه در روز یا میانگین ترافیک روزانه

۹-۱-۳ طرح درز

درزها دارای اهمیت زیادی برای محوطه‌های پارکینگ، خیابان‌های شهر و جاده‌های محلی هستند. برخلاف روسازی‌های راه‌های اصلی، که برای فواصل طولانی به‌صورت مستقیم هستند، تسهیلات ترافیک سبک باید تقاطع‌ها، مسیرهای سواره، سازه‌های زهکشی و دیگر تأسیسات را شامل شوند. بیشتر درزها به‌صورت درزهای انقباضی هستند، اما درزهای

انقباضی نیز به اندازه درزهای انبساطی یا جداسازی به منظور محافظت از زیرسازه‌های مجاور ضروری هستند. در نتیجه، نمایش الگوهای درز برای این روسازی‌ها اغلب به نقشه قابل ملاحظه‌ای نیاز دارد.

ضمیمه C کمیته ACI325.12R.02 (ACI Committee 325 2002: 30-32) و ضمیمه C کمیته (ACI Committee 330 2001: 27-29) ACI330.R.01 نمونه‌هایی از طراحی درز برای انواع مختلف تأسیسات ارائه کرده‌اند. طراحی درز همچنین در کتاب «طراحی و ساخت درزها برای خیابان‌های بتنی: سری‌های اطلاعاتی ISO61P» (ACPA 1992c) مورد بحث قرار گرفته است. باید مراقب بود که زهکشی‌های سقفی مربوط به ساختمان‌ها مستقیماً به درزهای محوطه پارکینگ زهکشی نکنند، زیرا حجم زیاد آب با شدت زیاد می‌تواند لایه‌های محافظ را به سرعت از طریق بازشویی درز دچار فرسایش کند. فاصله معمول بین درزها برای روسازی‌ها در این محدوده ضخامتی، ۳ تا ۵ میلی‌متر (۵-۱۲ فوت) است. فاصله‌گذاری بین درزها نباید از حدود ارائه‌شده در جدول ۷-۳ تجاوز کند.

یک مزیت استفاده از روسازی‌های بتنی در خیابان‌های شهر و محوطه‌های پارکینگ این است که روسازی‌هایی که دارای خطوط یا فضاهای پارکینگ علامت‌گذاری شده هستند می‌توانند در الگوی درز به کار گرفته شوند که استفاده از این خصوصیات را برای رانندگان راحت‌تر می‌سازد.

برای بخش‌هایی که سرعت در آن‌ها پایین است مانند محوطه‌های پارکینگ، درزها می‌توانند هنگامی که بتن هنوز خمیری است با استفاده از ابزارهای ایجاد شیار ایجاد شوند، همین امر در مورد روسازی‌ها هم می‌تواند به کار گرفته شود. این تکنیک یک لبه گرد سخت در درز ایجاد می‌کند که به نگهداری آن کمک می‌کند و بدین وسیله هر ضربه ایجادشده در درزها در سرعت‌های پایین قابل توجه نخواهد بود. درزها ممکن است به صورت اره‌ای باشند، که در روسازی‌های راه‌های با سرعت بالا این چنین هستند.

۹-۲ نرم‌افزار طراحی STREETPAVE ACPA

برنامه طراحی STREETPAVE امکان طراحی روسازی‌های بتنی با میزان تردد کم و با استفاده از واحدهای متعارف US یا SI را برای یک مهندس فراهم می‌سازد. این برنامه از طریق سایت ACPA به نشانی www.pavement.com به مبلغ ۱۰۰ دلار در دسترس است. محاسبات با توجه به روش PCA 1984 با در نظر گرفتن چندین استثنا انجام می‌شوند. احتمالاً مهم‌ترین استثنای معنادار، کاربرد منحنی خستگی متغیر است که براساس قابلیت اطمینان مورد نظر و درصد مجاز دال‌های ترک‌خورده است. رابطه خستگی در معادله ۶-۵ و شکل ۶-۱ نشان داده شده است.

دو مورد از تغییرات مهم دیگر، افزودن طراحی روسازی آسفالت قابل مقایسه و افزودن مدول هزینه چرخه عمر است. برخی از دیگر خصوصیات و مدول‌ها در زیر مورد بحث قرار گرفته‌اند. مدول‌های کمکی پارامترهای ورودی را با جزئیات شرح می‌دهند.

۹-۲-۱ تنظیمات عمومی

تنظیمات عمومی برنامه به‌ندرت تغییر یافته یا به‌طور کلی اصلاً تغییر داده نمی‌شوند. یکی از سیستم واحدهای استفاده شده، سیستم مرسوم SI یا US است. و دیگری میانگین درجه حرارت سالیانه (MAAT)^۱ است که بر مبنای محل پروژه بوده و فقط برای طراحی روسازی آسفالتی و با بهره‌گیری از روش طراحی انستیتو آسفالت (AI)^۲ استفاده می‌شود. روش طراحی انستیتو آسفالت در راستای حمل و نقل متغیر در کتاب‌های مرجع طراحی روسازی، مانند فصل ۲۰ گاربر و هوئل^۳ (۲۰۰۲) و فصل ۱۱ هوانگ^۴ (۲۰۰۴) مورد بحث قرار گرفته است و در اینجا دیگر با جزئیات مورد بحث قرار نمی‌گیرند. یک داده عمومی اضافه، یک شاخص قابلیت سرویس دهی پایانه حاصل از روش طراحی آشتو است، که تنها برای تخمین عدد ESALs برای طراحی انستیتو آسفالت به‌کار می‌رود. این ورودی به‌طور پیش‌فرض ۲ بوده و اثر اندکی روی طراحی روسازی دارد.

یک ورودی عمومی مهم، درصد دال‌های ترک‌خورده روسازی در انتهای زمان بهره‌برداری است. این محدوده از ۵٪ برای روسازی راه‌های بین ایالتی تا ۱۵ درصد برای

1. Mean annual air temperature

2. Asphalt institute

3. Garber and hoel

4. Huang

جاده‌های ایالتی، شاهراه‌ها و خیابان‌های جمع‌کننده ترافیک و جاده‌های شهرکی و تا ۲۵ درصد برای خیابان‌های مسکونی متغیر است. مقدار پیش‌فرض ۱۵ درصد است. درصد مجاز دال‌های ترک‌خورده جدا از قابلیت اطمینان است. با ۲۵ درصد دال‌های ترک‌خورده و ۸۵ درصد قابلیت اطمینان، شانس اینکه پروژه بیشتر از ۲۵ درصد دال ترک‌خورده در انتهای زمان بهره‌برداری داشته باشد، کمتر از ۱۵ درصد است. تنظیم براساس درصد پایین دال ترک‌خورده یا براساس قابلیت اطمینان بالا باعث می‌شود طرح محافظه‌کارانه‌تر و هزینه برتر شود. این مورد طرح آسفالت را مشخص نمی‌کند. بنابراین اگر برای دال‌های ترک‌خورده یا قابلیت اطمینان مقادیر زیاد یا کم اتخاذ شوند، طرح‌های بتن و آسفالت دیگر قابل مقایسه نخواهند بود.

۹-۲-۲ ورودی‌های سطح پروژه

ورودی‌های سطح پروژه خاص یک پروژه، مشخص هستند. این‌ها شامل اطلاعات پروژه، نام پروژه، شرح پروژه، راه، سازمان مربوطه، مکان و مهندس طراح هستند. دو نوع پروژه - طراحی یک روسازی جدید یا تحلیل روسازی موجود - ممکن است انتخاب شوند. برای یک طرح جدید، علاوه بر تعیین ضخامت بتن موردنیاز، طراح ممکن است یک ضخامت روسازی آسفالت معادل را انتخاب کند و هزینه‌های چرخه عمر را مقایسه کند. دو ورودی کلیدی اضافی، عمر طرح روسازی و قابلیت اطمینان موردنظر هستند. محدوده عمر طرح از ۱۰ تا ۴۰ سال با مقدار پیش‌فرض ۲۰ سال است. توصیه‌های قابلیت اطمینان نرم افزار STEETPAVE مستقیماً از روش طراحی آشتو گرفته شده است که در جدول ۸-۱ نشان داده شده است.

۹-۲-۳ ورودی‌های ترافیک

احتمالاً مهم‌ترین ورودی ترافیک، رده ترافیک است که از مسکونی تا خیابان جمع‌کننده ترافیک تا شریان فرعی تا شریان اصلی متغیر است. در هر رده، حداکثر مقدار وزن تک محوره و دومحوره متفاوت است. جدول ۹-۲ میانگین ترافیک روزانه (^۱ADT)، میانگین روزانه ترافیک کامیون (^۲ADTT) و حداکثر وزن تک‌محوره و دومحوره فرض شده در هر رده را نشان می‌دهد.

1. Average daily traffic
2. Average daily truck traffic

شکل ۹-۱ و جدول ۹-۳ تعداد محورهای منفرد و دوگانه وزن‌های مختلف (به کیلونیوتن) به ازای هر ۱۰۰۰ کامیون را نشان می‌دهند. طراحان همچنین ممکن است طیف عبور و مرور خودشان را تعریف کنند که ممکن است شامل محورهای سه‌تایی باشند. دیگر داده‌های ترافیکی شامل تعداد کل خطوط (در هر دو جهت)، توزیع جهتی، توزیع محور طراحی، ADTT یا ADT و درصد کامیون‌ها و رشد ترافیک سالانه کامیون هستند. توزیع جهتی به صورت نرمال در هر جهت ۵۰ درصد در نظر گرفته می‌شود، مگر اینکه به دلایلی ترافیک کامیون همواره در یک جهت بیشتر از جهت دیگر باشد.

The screenshot shows the 'New Pavement Analysis' tab in the Street Pave software. On the left, there are input fields for 'Traffic category' (with 'Major Arterial' selected), 'Total Number of Lanes' (set to 3), 'Directional Distribution' (50%), 'Design Lane Distribution' (90%), 'ADTT (average daily truck traffic, two-way)' (1000), 'ADT (average daily traffic, two-way)' (10000), '% trucks' (1), and 'Truck traffic growth' (2% per year). On the right, there is a table titled 'Traffic Category' with columns for 'ADT' and 'ADTT (1000 trucks)'. The table lists values for various traffic categories, including 'Single Axles', 'Trailer Axles', and 'Tridem Axles (User Defined Only)'.

Traffic Category	ADT	ADTT (1000 trucks)
Single Axles		
181.2	0.19	
142.3	0.54	
133.4	0.63	
124.5	1.78	
115.6	3.52	
106.8	4.16	
97.9	9.69	
89	41.82	
80.1	68.27	
71.2	57.07	
Trailer Axles		
266.8	0.57	
246.1	1.07	
231.3	1.79	
213.5	3.03	
193.7	3.52	
177.9	20.31	
160.1	78.19	
142.3	109.54	
124.5	95.79	
106.8	71.16	
Tridem Axles (User Defined Only)		
348.9	0	
320.3	0	
293.6	0	
266.9	0	
240.2	0	
213.5	0	
189.8	0	
160.1	0	
133.4	0	
106.8	0	

شکل ۹-۱. رده ترافیک شریان اصلی Street Pave

توزیع محوری طراحی، درصد کامیون‌هایی است که از خط بیرونی عبور می‌کنند و پیشنهادات در یک فایل کمکی آورده شده و وقتی تعداد خطوط انتخاب شود، به طور خودکار به عنوان پیش فرض ظاهر می‌شوند. برای یک راه چهارخطه، پیش فرض شامل ۹۰ درصد کامیون‌های سنگین در خط خارجی و ۱۰ درصد در خط داخلی یا عبوری است.

ADTT یا ADT و درصد کامیون ها و رشد برآورد شده به طور معمول توسط طراح تخمین زده می شوند. همچنین محدوده های پیش فرض برای ADTT و یا ADT و درصد کامیون ها براساس رده ترافیک ارائه می شوند. برای مثال، ADTT پیش فرض ۱۰۰۰ برای یک شریان اصلی در شکل ۹-۱ نشان داده شده است. مقدار پیش فرض نرخ رشد ترافیک کامیون ۲ درصد، با یک محدوده معمول ۱-۳ درصد است.

جدول ۹-۲. فایل کمکی دسته بندی ترافیک STREETPAVE

مؤلفه	ترافیک ADT	ADTT		ماکزیمم بار محوری-KN (kip)	
		درصد	در روز	محورهای تکی	محورهای دوتایی
مسکونی	۲۰۰-۸۰۰	۱-۳	بالای ۲۵	۹۸ (۲۲)	۱۶۰ (۳۶)
جمع کننده	۷۰۰-۵۰۰۰	۵-۱۸	۴۰-۱۰۰۰	۱۱۶ (۲۶)	۱۹۶ (۴۴)
شریان فرعی	۳۰۰۰-۱۲۰۰۰ و ۳۰۰۰-۵۰۰۰۰	۲۸-۳۰	۵۰۰-۵۰۰۰+	۱۳۳ (۳۰)	۲۳۱ (۵۲)
شریان اصلی	۳۰۰۰-۲۰۰۰۰ و ۳۰۰۰-۱۵۰۰۰۰	۲۸-۳۰	۱۵۰۰-۸۰۰۰+	۱۵۱ (۳۴)	۲۶۷ (۶۰)

جدول ۹-۳. رده های ترافیک - محورها به ازای هر ۱۰۰۰ کامیون

محورهای منفرد					
بار محوری، KN	بار محوری، kip	مسکونی	جمع کننده	شریان فرعی	شریان اصلی
۱۵۱	۳۴				۰/۰۱۹
۱۴۲	۳۲				۰/۵۴
۱۳۳	۳۰			۰/۴۵	۰/۶۳
۱۲۵	۲۸			۰/۸۵	۰/۷۸
۱۱۶	۲۶		۰/۰۷	۱/۷۸	۳/۵۲
۱۰۷	۲۴		۱/۶	۵/۲۱	۴/۱۶
۹۸	۲۲	۰/۹۶	۲/۶	۷/۸۵	۹/۶۹
۸۹	۲۰	۴/۲۳	۶/۶۳	۱۶/۳۳	۴۱/۸۲
۸۰	۱۸	۱۵/۸۱	۱۶/۶۱	۲۵/۱۵	۶۸/۲۷
۷۱	۱۶	۳۸/۰۲	۲۳/۸۸	۳۱/۸۲	۵۷/۰۷
۶۲	۱۴	۵۶/۱۱	۴۷/۷۶	۴۷/۷۳	
۵۳	۱۲	۱۲۴	۱۱۶/۷۶	۱۸۲/۰۲	

محورهای منفرد					
بار محوری، KN	بار محوری، kip	مسکونی	جمع‌کننده	شریان فرعی	شریان اصلی
۴۴	۱۰	۲۰۴/۹۶	۱۴۲/۷		
۳۶	۸	۴۸۳/۱	۲۳۳/۶		
۲۷	۶	۷۳۲/۲۸			
۱۸	۴	۱۶۹۳/۳۱			
محورهای دوتایی					
بار محوری، KN	بار محوری، kip	مسکونی	جمع‌کننده	شریان فرعی	شریان اصلی
۲۶۷	۶۰				۰/۵۷
۲۴۹	۵۶				۱/۰۷
۲۳۱	۵۲			۱/۱۹	۱/۷۹
۲۱۴	۴۸			۲/۹۱	۳/۰۳
۱۹۶	۴۴		۱/۱۶	۸/۰۱	۳/۵۲
۱۷۸	۴۰		۷/۷۶	۲۱/۳۱	۲۰/۳۱
۱۶۰	۳۶	۴/۱۹	۳۸/۷۹	۵۶/۲۵	۷۸/۱۹
۱۴۲	۳۲	۶۹/۵۹	۵۴/۷۶	۱۰۳/۶۳	۱۰۹/۵۴
۱۲۵	۲۸	۶۸/۴۸	۴۴/۴۳	۱۲۱/۲۲	۹۵/۷۹
۱۰۷	۲۴	۳۹/۱۸	۳۰/۷۴	۷۲/۵۴	۷۱/۱۶
۸۹	۲۰	۵۷/۱	۴۵	۸۵/۹۴	
۷۱	۱۶	۷۵/۰۲	۵۹/۲۵	۹۹/۳۴	
۵۳	۱۲	۱۳۹/۳	۹۱/۱۵		
۳۶	۸	۸۵/۵۹	۴۷/۰۱		
۱۸	۴	۳۱/۹			

۹-۲-۴ ویژگی‌های روسازی

در صورتی که مقایسه بین طرح‌های روسازی آسفالتی و بتنی مدنظر باشد، ویژگی‌های روسازی برای روسازی‌های بتنی و همچنین روسازی آسفالتی باید وارد شوند. یک زیربخش می‌تواند برای محاسبه ضریب عکس‌العمل بستر استفاده شود. دیگر داده‌های ورودی ویژگی روسازی عبارت‌اند از:

- متوسط مقاومت خمشی ۲۸ روزه بتن (MOR) که ممکن است از روی مقاومت فشاری ۲۸ روزه تخمین زده شود.

- مدول الاستیسیته بتن که به‌صورت خودکار از MOR محاسبه می‌شود.

- تعیین اینکه آیا داول‌های انتقال بار مورد استفاده قرار می‌گیرند (بلی یا خیر).
 - تعیین اینکه آیا تکیه‌گاه لبه، چه از طریق یک شانه بتن کش دار، چه جدول و چه آبرو و چه محور پهن شده، ارائه شده است (بلی یا خیر).
 ضریب عکس‌العمل بستر (مقدار U) زیر روسازی ممکن است به صورت مستقیم وارد شود. به طور متناوب، مدول بر جهندگی بستر ممکن است استفاده شود و یا از CBR یا مقدار R تخمین زده شود.

تا سه لایه اساس / زیراساس ممکن است بین دال و بستر قرار گیرد. این لایه‌ها ممکن است اساس بتنی با بتن سبک / شبه بتن، CTB، اساس آسفالتی مخلوط گرم، مخلوط تثبیت‌شده قیری، بستر یا اساس زیراساس تثبیت‌شده با آهکی، مواد دانه ای متراکم غیرچسبنده (شن / ماسه، سنگ خردشده) یا بستر طبیعی یا خوب دانه بندی شده باشند. ضریب بر جهندگی و ضخامت هر لایه باید وارد شوند - محدوده‌های ضریب بر جهندگی توصیه‌شده ارائه می‌شوند. مقدار f_c برای این لایه‌ها تنظیم می‌شود.

اگر یک طرح روسازی آسفالت نیاز باشد، داده‌های ورودی ضروری شامل موارد زیر هستند:

- ضریب بر جهندگی بستر، که به طور خودکار از ضریب ترکیبی زیرمدول عکس‌العمل بستر محاسبه می‌شود.
- ضریب تغییر مدول بر جهندگی بستر، که از 0.28 تا 0.38 برای پروژه‌هایی با خاک‌های همگن و کنترل کیفی خوب تا 0.70 - 0.59 برای پروژه‌هایی با کنترل کیفی کم خاک، مانند روسازی‌های صنعتی یا شهری با بازرسی کم یا بدون بازرسی، متغیر است. مقدار پیش‌فرض طبق آزمون جاده آشتو 0.38 است.

۹-۲-۵ تحلیل روسازی موجود و جدید

وقتی همه داده‌ها کامل شدند، تحلیل یک روسازی موجود یا تحلیل یک روسازی جدید انجام می‌شود. برای تحلیل یک روسازی موجود، ضخامت بتنی یک داده ورودی است و فرسودگی کلی یا خرابی ناشی از خستگی محاسبه می‌شود یا سالی که در آن روسازی از لحاظ تئوری از بین خواهد رفت محاسبه می‌شود.

تحلیل روسازی جدید کمترین ضخامت مورد نیاز روسازی بتنی را محاسبه می‌کند و یک ضخامت با اندازه گرد شده به سمت بالا و نزدیک‌ترین به ۱۳ میلی‌متر (۰/۵ اینچ) را پیشنهاد می‌دهد. همچنین یک ماکزیمم فاصله درز عرضی برحسب متر (فوت) نیز محاسبه می‌شود. اگر میلگردهای داول انتخاب شده باشند، قطر داول مورد نیاز نیز ارائه خواهد شد. اگر یک مقایسه روسازی آسفالتی نیز مدنظر باشد، ضخامت روسازی آسفالتی نیز محاسبه می‌شود.

همچنین مدول تحلیل روسازی جدید، تحلیل حساسیت اثرات مقدار f_c ، قابلیت اطمینان، مقاومت بتن، درصد دال‌های ترک‌خورده، یا دوره طرح را براساس ضخامت روسازی مورد نیاز ارائه می‌دهد. یک گزارش طراحی و خلاصه تحلیل شش صفحه‌ای برای هر طرح ارائه می‌شود.

۹-۲-۶ هزینه چرخه عمر

بخش تحلیل هزینه چرخه عمر، مقایسه ارزش کنونی هزینه‌های نگهداری و تعمیر آتی و همچنین هزینه اولیه ساخت بین طرح‌های بتنی و آسفالتی را ممکن می‌سازد. البته مقایسه تنها زمانی معتبر است که هر دو طرح به‌صورت مساوی محافظه‌کارانه باشند.

بخش هزینه چرخه عمر نیاز به چندین ورودی ویژه دارد:

- اطلاعات پروژه - طول پروژه، عرض خط، دوره تحلیل، و نرخ تورم و سود یا نرخ تخفیف
- چگالی رویه آسفالت، اساس آسفالتی و اساس شنی
- هزینه مواد اولیه برای مواد و قراردادی بتن، اساس شنی، و لایه‌های روسازی آسفالتی.
- هزینه‌های تعمیر و نگهداری و اصلاح روسازی‌های بتنی - نگهداری سالانه، آب‌بندی درز، تعمیرات جزئی عمقی و تراش الماسه.
- هزینه‌های تعمیر و نگهداری و اصلاح روسازی‌های آسفالتی - نگهداری سالانه، آب‌بندی ترک، فرزکاری، آسفالت سطحی و اندود آب‌بندی (سیل‌کت)
- برنامه زمان‌بندی تعمیر و اصلاح - برای هر آیت‌م نگهداری، حفاظت و اصلاح، یک‌ساله و یا مقادیر انتخاب می‌شوند.