جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه و بودجه کشور

ضوابط طراحی، اجرا و نگهداری روسازی بنادر

نشریه شماره: ۸۸۴

ویرایش ۲۶-۰۳-۱۴۰۳

معاونت تولیدی، فنی و زیربنایی	سازمان بنادر و دریانوردی
امور نظام فنی و اجرایی	اداره کل مهندسی سواحل و بنادر
nezamfanni.ir	https://pmodynamics.pmo.ir

۱۴۰۳

ریاست جمهوری
سازمان برنامه و بودجه کشور
رئیس سازمان

باسمه تعالی

بخشنامه به دستگاه های اجرایی،مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره : ۱۴۰۳/۳۶۷۶۰۷
	تاریخ : ۱۴۰۳/۰۷/۲۵

موضوع: ضوابط طراحی، اجرا و نگهداری روسازی بنادر

در چهارچوب ماده (۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور، ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و به استناد تبصره (۲) ماده (۴) «نظام فنی و اجرایی یکپارچه کشور» موضوع مصوبه شماره ۲۵۲۵۴/ت۵۷۶۹۷هـ مورخ ۱۴۰۰/۰۳/۰۸ هیئت محترم وزیران، به پیوست «ضوابط طراحی، اجرا و نگهداری روسازی بنادر» که به تایید سازمان بنادر و دریانوردی رسیده است، با شماره ضابطه ۸۸۴ ابلاغ می‌شود.

رعایت مفاد این دستورالعمل از تاریخ ۱۴۰۴/۰۱/۰۱ در قراردادهای جدید، برای همه طرح‌هایی که از محل اعتبارات وجوه عمومی منعقد می‌شوند ویا به صورت مشارکت عمومی خصوصی انجام می‌شوند، لازم الاجرا است و منبعد نشریه شماره ۳۹۱ فاقد اعتبار است.

«کارگروه تدوین ضوابط و معیارهای فنی و اجرایی سازه‌های ساحلی و دریایی» مستقر در سازمان بنادر و دریانوردی، دریافت کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی در مورد مفاد این ضابطه می‌باشد و اصلاحات لازم را امور نظام فنی و اجرایی این سازمان اعلام خواهد کرد.

سیدحمید پورمحمدی

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی و اجرایی، معاونت تولیدی، فنی و زیربنایی سازمان برنامه و بودجه کشور، با همکاری اداره کل مدیریت مهندسی بنادر و سواحل سازمان بنادر و دریانوردی مبادرت به تهیه این ضابطه کرده و آن را برای استفاده به جامعه‌ی مهندسی کشور عرضه نموده است.

نظر به تخصصی بودن موضوع، مسئولیت مطالب تهیه شده، تفسیر و اصلاح آن با مجموعه مرتبط در سازمان بنادر و دریانوردی می‌باشد که دریافت کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی در مورد این ضابطه بوده و اصلاحات لازم را امور نظام فنی اجرایی، سازمان برنامه و بودجه کشور اعلام خواهد کرد.

با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست. از این‌رو، از شما خواننده‌ی گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هر گونه ایراد و اشکال فنی، مراتب را منعکس فرمایید. کارشناسان مربوط نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه:

تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه – مرکز تلفن ۳۳۲۷۱ - سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی و اجرایی

Email: nezamfanni @chmail.ir **web: nezamfanni.ir**

سازمان بنادر و دریانوردی

تهران، نشانی: میدان ونک، بزرگراه شهید حقانی، خیابان شهیدی، پلاک ۱، کدپستی: ۱۵۱۸۶۶۳۱۱۱

Email: info@pmo.ir **web: https://pmodynamics.pmo.ir**

باسمه تعالی

پیشگفتار:

از آنجا که بنادر یکی از مهمترین حلقه‌های اتصال سیستم‌های حمل‌ونقل در یک کشور محسوب می‌شود و جابجایی اکثر کالاهای صادراتی و وارداتی به دلیل ارزان‌تربودن و سهل‌الوصول بودن سیستم حمل‌ونقل دریایی از طریق بنادر صورت می‌گیرد، لذا طراحی بهینه سیستم‌های حمل‌ونقل بنادر از جمله روسازی که از مهمترین زیرساخت‌های یک بندر به حساب می‌آید، اهمیت ویژه‌ای دارد.

روسازی بنادر از جنبه‌های متعددی با روسازی راه متمایز و بعضاً مهمتر از آن است. یکی از مهمترین این جنبه‌ها، نوع بارگذاری در روسازی‌های بنادر است که این موضوع هم از جنبه تنوع بارهای دینامیکی (انواع تجهیزات بارگیری و جابجایی کالا نظیر استرادل‌کارير، لیفتراک، گانتری‌کرین) و بارهای استاتیکی (نظیر آهن‌آلات، مواد معدنی فله، غلات، کانتینرها، پالت‌ها) و هم از جنبه مقدار بار، مدت و تناوب بارگذاری قابل اهمیت است. از این حیث، روسازی‌های بنادر شبیه سایر روسازی‌های صنعتی هستند، اما از جنبه‌های دیگری که در ادامه گفته می‌شود، از هم متمایزند.

در محوطه‌های بنادر بدلیل در معرض قرار گرفتن آب دریاهای شور، شرایط خورندگی، تراز آب‌های زیرزمینی و نوع خاک بستر باید تمهیدات لازم در طراحی، مشخصات مصالح و روش‌های اجرا و نگهداری در نظر گرفته شود. علاوه بر این، ممکن است در بنادر مصالح با مشخصات مورد نیاز در دسترس نباشد یا با توجه به شرایط دمایی، رطوبتی و بارگذاری در بنادر، در انتخاب مصالح مصرفی در انواع روسازی‌ها نظیر قیر و یا سیمان باید تمهیدات ویژه‌ای لحاظ شود.

با ابلاغ نشریه شماره ۳۹۱ سازمان برنامه و بودجه کشور در سال ۱۳۸۶ با عنوان "راهنمای طراحی روسازی بنادر" سعی شد تا بخشی از عملیات مرتبط با روسازی بنادر ضابطه مند گردد. با گذشت زمان و کسب تجارب از پروژه های اجرایی و مطابق با تصمیمات "کارگروه تدوین ضوابط و معیارهای فنی و اجرایی سازه‌های ساحلی و دریایی" مستقر در سازمان بنادر و دریانوردی، بازنگری این نشریه در دستور کار قرار گرفت. در حال حاضر نشریه شماره ۸۸۴ سازمان برنامه و بودجه کشور با عنوان "ضوابط طراحی، اجرا و نگهداری روسازی بنادر" و نشریه شماره ۸۸۵ سازمان برنامه و بودجه کشور با عنوان "ضوابط طراحی، اجرا و نگهداری زهکشی محوطه بنادر" جایگزین نشریه شماره ۳۹۱ گردید.

این نشریات با در نظر گرفتن شرایط موجود، با هدف طرح بهینه سیستم‌های روسازی و زهکشی و نیز افزایش عمر و کاهش هزینه‌های نگهداری آن‌ها تهیه شده است.

در این نشریه، فرآیند مطالعات ژئوتکنیکی تشریح و روش طراحی روسازی به‌روز شده است. روش طراحی روسازی در این راهنما، روشی ساده و سازگار با شرایط موجود و در عین حال جامع است که قابلیت استفاده برای انواع روسازی‌ها را دارد. برای سهولت و یکپارچگی مشخصات مصالح و لایه‌های مورد استفاده در روسازی‌های پیشنهادی سعی شده است تا فقط مشخصات اختصاصی بندر در این راهنما ذکر و سایر مشخصات به نشریات معتبر نظام فنی اجرایی ارجاع داده شود.

امید است به‌کارگیری این ضابطه در طرح‌های کشور در ارتقای کیفیت اجرا و بهره برداری پروژه ها و کاربرد بهینه از منابع موجود اثرگذار باشد. انتظار می‌رود با دریافت نظرات مفید تمامی استفاده‌کنندگان از این دستورالعمل اعم از پژوهشگران، طراحان، کارشناسان و مهندسان، بستر لازم برای اصلاحات و بازبینی‌های آتی فراهم شود.

حمید امانی همدانی- معاون تولیدی، فنی و زیربنایی

پاییز ۱۴۰۳

تهیه و کنترل « ضوابط طراحی، اجرا و نگهداری روسازی بنادر» [شماره۸۸۴]

اعضای گروه تهیه‌کننده:

علیرضا خاوندی خیاوی	مهندسین مشاور فرارهسازفن	دکترای مهندسی عمران
کوروش جایروند	مهندسین مشاور فرارهسازفن	فوق لیسانس عمران-راه و ترابری
منصور صادقی آواز	مهندسین مشاور فرارهسازفن	دکترای مهندسی عمران
محمد والی‌پور	سازمان بنادر و دریانوردی	فوق لیسانس عمران -ژئوتکنیک
عماد قضوی	سازمان بنادر و دریانوردی	دکترای مهندسی عمران
علی کاکایی	سازمان بنادر و دریانوردی	فوق لیسانس عمران -ژئوتکنیک
علی نصرالله‌تبار	مهندسین مشاور گسترش محمدیان	دکترای مهندسی عمران

اعضای گروه نظارت:

سعید حسن‌عباسی	سرپرست اداره کل مهندسی عمران و نظارت بر طرح‌ها	فوق‌لیسانس مدیریت اجرایی
محمد شاکری‌نیا	رئیس اداره مهندسی طراحی	فوق‌لیسانس سازه‌های دریایی

اعضای کارگروه تدوین ضوابط و معیارهای فنی و اجرایی سازه‌های ساحلی و دریایی:

علی فتحی	معاون مهندسی و توسعه امور زیربنایی	سازمان بنادر و دریانوردی
مهدی نیکوکار	مدیر کل مهندسی سواحل و بنادر	سازمان بنادر و دریانوردی
سعید حسن‌عباسی	سرپرست اداره کل مهندسی عمران و نظارت بر طرح‌ها	سازمان بنادر و دریانوردی
بهزاد الوند	رئیس اداره مهندسی بنادر	سازمان بنادر و دریانوردی
محمد شاکری‌نیا	رئیس اداره مهندسی طراحی	سازمان بنادر و دریانوردی
رضا نایبی	کارشناس اداره مهندسی بنادر	سازمان بنادر و دریانوردی
فرزانه آقارمضانعلی	رییس‌گروه امور نظام فنی و اجرایی	سازمان برنامه و بودجه کشور
محمدامیر طباخها	کارشناس امور راه و ترابری و مدیریت عمران شهری و روستایی	سازمان برنامه و بودجه کشور
حمیدرضا خاشعی	کارشناس امور نظام فنی و اجرایی	سازمان برنامه و بودجه کشور
سیده معصومه صداقی	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی	
مهدی شفیعی‌فر	دانشگاه تربیت مدرس	
محمد مختاری	دانشگاه هرمزگان	
اکبر واثقی	پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله	

محمودرضا اکبرپور جنت	پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی
مجید جندقی	جامعه مهندسان مشاور ایران

اعضای گروه هدایت و راهبری (سازمان برنامه و بودجه کشور):

علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی و اجرایی	سازمان برنامه و بودجه کشور
فرزانه آقارمضانعلی	رئیس گروه امور نظام فنی و اجرایی	سازمان برنامه و بودجه کشور
محمدامیر طباخها	کارشناس امور راه و ترابری و مدیریت عمران شهری و روستایی	سازمان برنامه و بودجه کشور

فهرست مطالب

۱- تعاریف ۴

۲- شناسایی و ارزیابی خاک واقع در محوطه بنادر ۱۶

۲-۱- تعریف ... ۱۶

۲-۲- ارزیابی خاک ... ۱۶

۲-۲-۱- نمونه‌گیری و عمق مطالعات ۱۶

۲-۲-۲- روش‌های شناسایی خاک ۱۷

۲-۲-۳- تشخیص مناسب‌بودن خاک ۲۱

۲-۲-۳-۱- طبقه‌بندی خاک ۲۱

۲-۲-۳-۲- بررسی میزان تراکم‌پذیری خاک (Compressibility of Soils) ۲۲

۲-۲-۳-۳- بررسی میزان رُمبندگی یا فروریزندگی خاک (Collapsibility of Soils) ۲۲

۲-۲-۳-۴- بررسی تورم‌پذیری خاک (Swelling Potential of Soils) ۲۲

۲-۲-۳-۵- بررسی حساسیت خاک به یخبندان (Frost Susceptibility of Soils) ۲۳

۲-۲-۳-۶- بررسی روانگرایی خاک (Soil Liquefaction) ۲۴

۲-۲-۳-۷- بررسی میزان سولفات خاک ۲۴

۲-۲-۳-۸- بررسی میزان مواد آلی و نمک در خاک ۲۵

۲-۲-۳-۹- آماده‌سازی بستر روسازی ۲۶

۲-۳- کنترل تراز آب‌های زیرزمینی ... ۲۶

۲-۴- راهکارهای بهبود بستر روسازی ... ۲۷

۲-۴-۱- تغییر یا اختلاط با مصالح جدید ۲۸

۲-۴-۲- تثبیت خاک ۳۰

۲-۴-۲-۱- ثبیت خاک با آهک ۳۰

۲-۴-۲-۲- تثبیت با قیر ۳۲

۲-۴-۲-۳- تثبیت خاک با سیمان ۳۲

۲-۴-۲-۴- تثبیت خاک با ترکیبی از مواد تثبیت‌کننده ۳۳

۲-۴-۳- اصلاح خاک با استفاده از ژئوسنتتیک‌ها ۳۴

۲-۴-۴- لایه‌های با مصالح سبک ۳۴

۵-۲- پارامتر طراحی بستر ... ۳۵
۳- معرفی انواع روسازی‌های بنادر ۳۷
۱-۳- مقدمه ... ۳۷
۲-۳- عوامل مؤثر در انتخاب نوع روسازی بنادر ... ۳۷
۳-۳- انواع روسازی‌های متداول بنادر ... ۳۸
۱-۳-۳- روسازی آسفالتی ۳۸
۲-۳-۳- روسازی بتنی ۴۰
۳-۳-۳- روسازی بلوکی بتنی ۴۱
۴-۳-۳- روسازی بتن غلتکی ۴۲
۵-۳-۳- روسازی شنی ۴۳
۶-۳-۳- ضوابط مرتبط با انتخاب نوع روسازی در بنادر ۴۵
۴- طراحی روسازی بنادر ۵۱
۱-۴- طراحی روسازی محوطه‌های بندری ... ۵۱
۱-۱-۴- محدوده کاربرد ۵۱
۲-۱-۴- مبانی طراحی ۵۱
۱-۲-۱-۴- طول عمر روسازی ۵۲
۲-۲-۱-۴- دوره تحلیل ۵۲
۳-۲-۱-۴- روش تحلیل مالی ۵۳
۳-۱-۴- مراحل طراحی ۵۳
۴-۱-۴- تعیین ساختار روسازی مبنا ۵۳
۱-۴-۱-۴- تعیین ضخامت اساس بتنی C_8 ..... ۵۴
۲-۴-۱-۴- تعیین ضخامت لایه منتخب و زیراساس ۵۶
۵-۱-۴- تعیین ضخامت روسازی‌های منتخب ۵۷
۶-۱-۴- تعیین بارگذاری مبنای طراحی ۵۹
۱-۶-۱-۴- بار چرخ منفرد هم‌ارز (SEWL) ۵۹
۲-۶-۱-۴- بزرگی بار بحرانی ۶۱
۳-۶-۱-۴- تکرار بارگذاری ۶۵
۲-۴- طراحی روسازی معابر ... ۷۲

۴-۲-۱- محدوده کاربرد ۷۲
۴-۲-۲- روش طراحی ۷۲
۴-۲-۳- سطح قابلیت اطمینان ۷۳
۴-۲-۴- طول دوره بهره‌برداری روسازی ۷۳
۴-۲-۵- طول دوره تحلیل ۷۳
۴-۲-۶- ترافیک باری در معابر ۷۳
۴-۳- طراحی روسازی با فنداسیون ویژه ... ۷۴
۴-۳-۱- محدوده کاربرد ۷۴
۴-۳-۲- معرفی محوطه کانتینری- گانتری‌کرین ۷۴
۴-۳-۳- طراحی اجزای روسازی با فنداسیون ویژه ۷۴
۴-۳-۳-۱- مسیر عبور چرخ گانتری‌کرین ۷۴
۴-۳-۳-۲- پی نواری ۷۵
۴-۳-۳-۳- روسازی بین پی‌های نواری ۷۵
۴-۳-۳-۴- مسیر عبور تجهیزات کانتینربر ۷۵
۵- اجرای روسازی بنادر ۷۷
۵-۱- بستر روسازی ... ۷۷
۵-۱-۱- آماده‌سازی بستر ۷۷
۵-۱-۲- کنترل کیفیت اجرای بستر ۷۸
۵-۲- لایه با مصالح منتخب ... ۷۸
۵-۲-۱- مشخصات فنی لایه منتخب ۷۸
۵-۲-۲- اجرای لایه با مصالح منتخب ۷۹
۵-۲-۳- کنترل کیفیت اجرای لایه منتخب ۸۰
۵-۳- زیراساس ... ۸۱
۵-۳-۱- انواع قشر زیراساس ۸۱
۵-۳-۱-۱- زیراساس با شن و ماسه رودخانه‌ای ۸۲
۵-۳-۱-۲- زیراساس کوهی یا قلوه‌سنگی شکسته ۸۲
۵-۳-۱-۳- زیراساس تثبیت‌شده ۸۲
۵-۳-۲- مشخصات فنی و نحوه اجرای زیراساس ۸۲

۳-۳-۵- کنترل کیفیت اجرای زیراساس ۸۲
۴-۵- اساس ... ۸۳
۱-۴-۵- انواع قشر اساس ۸۴
۲-۴-۵- مشخصات فنی و نحوه اجرای اساس ۸۴
۱-۲-۴-۵- اساس‌های دانه‌ای، ماکادامی و قیری ۸۴
۵-۴-۲-۲- اساس نفوذپذیر ۸۴
۳-۲-۴-۵- اساس سیمانی ۸۴
۴-۲-۴-۵- اساس سیمانی CBM ۸۷
۳-۴-۵- کنترل کیفیت اجرای اساس ۸۹
۵-۵- زیراساس ویژه بندر ... ۹۰
۱-۵-۵- مشخصات فنی و نحوه اجرای زیراساس ویژه بندر ۹۰
۲-۵-۵- کنترل کیفیت اجرای لایه زیراساس ویژه بندر ۹۰
۶-۵- رویه آسفالتی ... ۹۱
۱-۶-۵- مشخصات مواد و مصالح مصرفی ۹۱
۱-۱-۶-۵- مصالح سنگی ۹۱
۲-۱-۶-۵- قیر ۹۱
۳-۱-۶-۵- اصلاح‌کننده‌ها و افزودنی‌ها..... ۹۲
۴-۱-۶-۵- اندودها..... ۹۴
۲-۶-۵- نحوه اجرای رویه آسفالتی بنادر ۹۴
۳-۶-۵- کنترل کیفیت روسازی آسفالتی بنادر..... ۹۶
۵-۶-۳-۱- کنترل کیفیت اجرای رویه آسفالتی ۹۶
۵-۶-۳-۲- کنترل تردد وسایل‌نقلیه..... ۹۷
۵-۶-۳-۳- آزمایش‌های کنترل کیفیت آسفالت داغ ۹۷
۵-۶-۳-۴- آزمایش‌های کنترل کیفیت آسفالت سرد ۹۷
۵-۶-۳-۵- آزمایش‌های کنترل کیفیت آسفالت سطحی ۹۷
۵-۶-۳-۶- آزمایش‌های کنترل کیفیت آسفالت متخلخل ۹۸
۷-۵- رویه بتنی ... ۹۸
۱-۷-۵- مشخصات مواد و مصالح مصرفی ۹۸

۵-۷-۱-۱- مصالح سنگی ۹۸
۵-۷-۱-۲- سیمان مصرفی ۹۸
۵-۷-۱-۳- آب مصرفی ۹۸
۵-۷-۱-۴- میلگرد مصرفی ۹۹
۵-۷-۱-۵- الیاف ۹۹
۵-۷-۱-۶- مواد افزودنی و مکمل سیمان ۱۰۰
۵-۷-۱-۷- نحوه اجرای رویه بتنی ۱۰۱
۵-۷-۱-۸- بتن‌ریزی در بنادر جنوبی کشور ۱۰۲
۵-۷-۲- کنترل کیفیت روسازی بتنی بنادر ۱۰۳
۵-۷-۲-۱- کنترل کیفیت حین اجرا ۱۰۳
۵-۷-۲-۲- کنترل کیفیت پس از اجرا ۱۰۴
۵-۷-۲-۳- کنترل تردد وسایل‌نقلیه ۱۰۵
۵-۸- رویه بلوکی بتنی بنادر . ۱۰۵
۵-۸-۱- مشخصات مواد و مصالح مصرفی ۱۰۵
۵-۸-۱-۱- ماسه مصرفی در رویه ۱۰۵
۵-۸-۱-۲- بلوک‌های بتنی ۱۰۷
۵-۸-۲- نحوه اجرای رویه بلوکی بتنی ۱۰۸
۵-۸-۲-۱- آماده‌سازی بستر ۱۰۹
۵-۸-۲-۲- اجرای لایه با مصالح منتخب (در صورت نیاز) ۱۰۹
۵-۸-۲-۳- اجرای ژئوتکستایل (در صورت نیاز) ۱۰۹
۵-۸-۲-۴- آماده‌سازی زیراساس ۱۰۹
۵-۸-۲-۵- آماده‌سازی لایه اساس سیمانی CBM4 ..... ۱۱۰
۵-۸-۲-۶- آماده‌سازی قیدهای کناری ۱۱۰
۵-۸-۲-۷- آماده‌سازی قیدهای موقت (در صورت نیاز) ۱۱۰
۵-۸-۲-۸- پخش و تسطیح ماسه بستر ۱۱۰
۵-۸-۲-۹- اجرای بلوک‌های بتنی ۱۱۱
۵-۸-۳- کنترل کیفیت رویه بلوکی بتنی ۱۱۳
۵-۹- رویه بتن غلتکی در بنادر . ۱۱۴

۱-۹-۵- مشخصات مواد و مصالح مصرفی ۱۱۴
۱-۱-۹-۵- مصالح سنگی ۱۱۴
۲-۱-۹-۵- آب ۱۱۵
۵-۹-۱-۳- سیمان ۱۱۵
۴-۱-۹-۵- مواد افزودنی ۱۱۶
۲-۹-۵- نحوه اجرای رویه بتن غلتکی ۱۱۶
۳-۹-۵- کنترل کیفیت رویه بتن غلتکی ۱۱۶
۱۰-۵- رویه شنی در بنادر ۱۱۸
۱-۱۰-۵- مشخصات مواد و مصالح مصرفی ۱۱۸
۱-۱-۱۰-۵- مصالح سنگی رویه شنی ۱۱۸
۲-۱-۱۰-۵- مصالح اساس..... ۱۲۰
۳-۱-۱۰-۵- مصالح زیراساس ۱۲۰
۴-۱-۱۰-۵- آب ۱۲۰
۲-۱۰-۵- نحوه اجرای رویه شنی..... ۱۲۰
۳-۱۰-۵- کنترل کیفیت رویه شنی..... ۱۲۴
۱۱-۵- نحوه اجرای اتصالات در روسازی‌ها . ۱۲۵
۱-۱۱-۵- اجرای اتصالات در روسازی آسفالتی..... ۱۲۵
۵-۱۱-۱-۱- اجرای اتصالات عرضی ۱۲۵
۵-۱۱-۱-۲- اجرای اتصالات طولی ۱۲۶
۲-۱۱-۵- اجرای اتصالات در روسازی بتنی ۱۲۷
۱-۲-۱۱-۵- اجرای درزهای انقباضی ۱۲۸
۲-۲-۱۱-۵- اجرای درزهای اجرایی..... ۱۲۹
۳-۲-۱۱-۵- اجرای درزهای انبساطی..... ۱۳۰
۴-۲-۱۱-۵- اجرای درز با برش..... ۱۳۰
۵-۲-۱۱-۵- حداکثر فواصل مجاز درزها ۱۳۱
۳-۱۱-۵- اجرای اتصالات در روسازی بتن غلتکی ۱۳۲
۱-۳-۱۱-۵- درزهای طولی ۱۳۲
۲-۳-۱۱-۵- اجرای درزهای عرضی ۱۳۳

۴-۱۱-۵- اجرای اتصالات روسازیهای متفاوت و مجاور ۱۳۳
۱-۴-۱۱-۵- ناحیه انتقال ۱۳۳
۲-۴-۱۱-۵- دال انتقال با ضخامت متغیر ۱۳۴
۳-۴-۱۱-۵- دال انتقال با ضخامت ثابت ۱۳۴
۵-۱۱-۵- اجرای اتصالات در محل کانال‌های تأسیسات، تقاطع روسازی با راه‌آهن و سایر ابنیه در بنادر...۱۳۶
۶- ترمیم، نگهداری و بهره‌برداری روسازی بنادر ۱۴۰
۱-۶- ارزیابی وضعیت روسازی بنادر . ۱۴۰
۲-۶- طراحی روکش برای روسازی محوطه‌های بندری . ۱۴۰
۱-۲-۶- محدوده کاربرد ۱۴۰
۲-۲-۶- انواع روکش ۱۴۱
۶-۲-۲-۱- اجرای لایه بتنی نازک ۱۴۱
۶-۲-۲-۲- اجرای روکش بتنی ۱۴۱
۶-۲-۲-۳- اجرای روکش آسفالتی ۱۴۲
۴-۲-۲-۶- اجرای روکش بلوکی بتنی ۱۴۲
۳-۲-۶- روش طراحی روکش روسازی محوطه‌ها ۱۴۲
۶-۲-۳-۱- تعیین مقاومت باقیمانده روسازی موجود ۱۴۲
۶-۲-۳-۲- طرح ضخامت روکش ۱۴۴
۴-۲-۶- دوره بهره‌برداری گزینه‌های نگهداری ۱۴۵
۳-۶- اقدامات ترمیم و نگهداری روسازی ..۱۴۶
۱-۳-۶- ترمیم و نگهداری روسازی آسفالتی ۱۴۶
۱-۱-۳-۶- آسفالت داغ ۱۴۶
۲-۱-۳-۶- آسفالت سرد ۱۴۶
۳-۱-۳-۶- آسفالت متخلخل ۱۴۶
۴-۱-۳-۶- آسفالت حفاظتی ۱۴۶
۲-۳-۶- ترمیم و نگهداری روسازی بتنی ۱۴۶
۳-۳-۶- ترمیم و نگهداری روسازی بلوکی بتنی ۱۴۷
۱-۳-۳-۶- برداشتن بلوک‌ها ۱۴۷
۲-۳-۳-۶- برداشتن لایه اتصال ۱۴۷

۳-۳-۳-۶- ترمیم لایه‌های زیرسازی ۱۴۷
۴-۳-۳-۶- اجرای لایه اتصال جدید ۱۴۷
۵-۳-۳-۶- انتخاب بلوک‌های جایگزین ۱۴۸
۶-۳-۳-۶- نصب بلوک‌ها ۱۴۸
۷-۳-۳-۶- برش بلوک‌ها ۱۴۹
۸-۳-۳-۶- کنترل عرض درزها و ارتفاع بلوک‌ها ۱۴۹
۹-۳-۳-۶- پر کردن درز بلوک‌ها ۱۴۹
۴-۳-۶- ترمیم و نگهداری روسازی شنی ۱۵۰
۴-۶- ضوابط مربوط به بهره‌برداری اصولی از روسازی بنادر ۱۵۵
۷- پیوست‌ها ۱۵۸
۱-۷- پیوست شماره ۱: انتخاب نوع ماده تثبیت‌کننده . ۱۵۸
۱-۱-۷- روش مثلث درجه‌بندی‌شده ۱۵۸
۲-۱-۷- روش دانه‌بندی- حدود اتربرگ ۱۶۰
۲-۷- پیوست شماره ۲: تثبیت لایه‌های روسازی شنی با آهک ..۱۶۲
۳-۷- پیوست شماره ۳: راهنمای بارگذاری روسازی بنادر ..۱۶۴
۱-۳-۷- معرفی بارهای انباشته‌شده ۱۶۴
۱-۱-۳-۷- بارهای کانتینری (Container Loads) ۱۶۴
۲-۱-۳-۷- بارهای محموله‌ای فله (Bulk Cargo Loads) ۱۶۷
۳-۱-۳-۷- بارهای محمولهای عمومی (General Cargo Loads) ۱۶۹
۴-۱-۳-۷- بارهای فله مایع (Liquid Bulk Cargoes) ۱۷۲
۲-۳-۷- معرفی بارهای ماشین‌آلات (تجهیزات بارگیری و جابجایی کالا) ۱۷۲
۱-۲-۳-۷- وسایل‌نقلیه جاده‌ای (Heavy Conventional Traffic) ۱۷۳
۲-۲-۳-۷- تراکتور/تریلرها (Tractor/Trailer units) ۱۷۴
۳-۲-۳-۷- استرادل کاریرها (Straddle Carriers) ۱۷۷
۴-۲-۳-۷- لیفتراک‌های جلوبر (Front Lift Trucks) ۱۷۸
۵-۲-۳-۷- سایدلودرها (Side Loaders or Side Loader Lift Trucks) ۱۸۳
۶-۲-۳-۷- ترانستینرها یا گانتری‌کرین‌ها (Transtainers or Yard Gantry Cranes) ۱۸۴
۷-۲-۳-۷- جرثقیل‌های متحرک (Mobile Cranes) ۱۸۶

۸-۲-۳-۷- سایر مشخصات بار ماشین‌آلات ۱۸۷
۹-۲-۳-۷- لاستیک‌ها (تایرها) ۱۸۷
۱۰-۲-۳-۷- چرخ‌های زیرسری تریلرها (Dolly wheels) و صفحات پاشنه‌ای (Pivot Plates) ۱۸۷
۱۱-۲-۳-۷- جک‌های تثبیت‌کننده ۱۸۸
۴-۷- پیوست شماره ۴: مدول ارتجاعی . ۱۸۹
۱-۴-۷- تعریف ۱۸۹
۲-۴-۷- مقادیر مدول ارتجاعی مصالح ۱۹۰
۱-۲-۴-۷- مشخصات مفروض لایه‌ها برای طراحی ۱۹۱
۲-۲-۴-۷- مصالح زیراساس ۱۹۱
۳-۲-۴-۷- مصالح اساس شکسته ۱۹۲
۴-۲-۴-۷- مصالح اساس قیری ۱۹۳
۵-۲-۴-۷- بتن آسفالتی ۱۹۴
۵-۷- پیوست شماره ۵: تعیین مقاومت و ضریب باربری بستر روسازی . ۱۹۵
۱-۵-۷- تعیین پارامتر طراحی ۱۹۵
۲-۵-۷- شرایط آزمایش ۱۹۷
۳-۵-۷- روش انتخاب مقادیر معرف مقاومت بستر روسازی ۱۹۸
۱-۳-۵-۷- نقاط خارج از محدوده (OUT LIERS) ۱۹۸
۲-۳-۵-۷- مقدار معرف ۱۹۹
۶-۷- پیوست شماره ۶: نمونه مثال‌هایی از طراحی روسازی‌های محوطه‌های بندری . ۲۰۰
مثال۱: طراحی روسازی محوطه بندری با ماشین‌آلات از نوع استرادل‌کاریر ۲۰۰
مثال۲: طراحی روسازی محوطه بندری با ماشین‌آلات از نوع لیفتراک جلوبر و ریچ استکر ۲۰۵
مثال۳: طراحی روسازی انبار توزیع کالا ۲۰۸
۷-۷- پیوست شماره ۷: مقایسه فنی- مالی گزینه‌های مختلف روسازی . ۲۱۰
۱-۷-۷- هزینه‌های طول عمر ۲۱۰
۱-۱-۷-۷- هزینه ساخت ۲۱۰
۲-۱-۷-۷- هزینه نگهداری جاری ۲۱۰
۳-۱-۷-۷- هزینه نگهداری اساسی (دوره‌ای) ۲۱۱
۴-۱-۷-۷- هزینه استفاده‌کنندگان ۲۱۱

۵-۱-۷-۷- هزینه‌های پنهان ۲۱۱
۶-۱-۷-۷- فرآیند محاسبه هزینه‌های طول عمر روسازی ۲۱۲
۲-۷-۷- تحلیل مالی ۲۱۴
۸-۷- پیوست شماره ۸: چک‌لیست‌های مطالعات و کنترل و نظارت بر اجرای روسازی‌های بنادر ... ۲۱۵
۱-۸-۷- چک‌لیست مطالعات ۲۱۵
۲-۸-۷- اجرای روسازی آسفالتی ۲۱۸
۳-۸-۷- اجرای روسازی بتنی ۲۲۴
۴-۸-۷- اجرای روسازی بلوکی بتنی ۲۳۰
۵-۸-۷- اجرای روسازی بتن غلتکی ۲۳۲
۶-۸-۷- اجرای روسازی شنی ۲۳۶
۹-۷- پیوست شماره ۹: جزئیات اجرایی مربوط به روسازی بلوکی بتنی . ۲۳۷
۱۰-۷- پیوست شماره ۱۰: راهنمای ارزیابی وضعیت روسازی و تعیین شدت خرابی روسازی . ۲۳۹
۱-۱۰-۷- ارزیابی وضعیت روسازی ۲۳۹
۷-۱۰-۱-۱- ملاحظات مربوط به تعیین قطعه ۲۳۹
۷-۱۰-۱-۲- ملاحظات مربوط به تعیین تعداد واحدهای نمونه ۲۴۰
۷-۱۰-۱-۳- ملاحظات مربوط به انتخاب واحد نمونه مورد بازرسی ۲۴۲
۷-۱۰-۱-۴- محاسبه PCI ۲۴۳
۲-۱۰-۷- خرابی‌های روسازی آسفالتی ۲۴۳
۷-۱۰-۲-۱- ترک‌خوردگی پوست سوسماری (خستگی) ۲۴۳
۷-۱۰-۲-۲- قیرزدگی ۲۴۵
۷-۱۰-۲-۳- ترک‌خوردگی بلوکی ۲۴۶
۷-۱۰-۲-۴- افتادگی و برآمدگی ۲۴۶
۷-۱۰-۲-۵- موج افتادگی ۲۴۷
۷-۱۰-۲-۶- فرورفتگی ۲۴۸
۷-۱۰-۲-۷- ترک‌خوردگی لبه ۲۴۹
۷-۱۰-۲-۸- ترک‌خوردگی انعکاسی (از درزهای طولی و عرضی دال‌های روسازی بتنی) ۲۴۹
۷-۱۰-۲-۹- افتادگی شانه ۲۵۰
۷-۱۰-۲-۱۰- ترک‌های طولی و عرضی (به جز ترک‌های منعکس‌شده از روسازی بتنی) ۲۵۱

۷-۱۰-۲-۱۱- وصله‌کاری ۲۵۲
۷-۱۰-۲-۱۲- صیقلی‌شدن سنگ‌دانه‌ها ۲۵۳
۷-۱۰-۲-۱۳- چاله‌ها..... ۲۵۴
۷-۱۰-۲-۱۴- گذرگاه راه‌آهن ۲۵۴
۷-۱۰-۲-۱۵- شیارشدگی ۲۵۵
۷-۱۰-۲-۱۶- جمع‌شدگی (فتیله شدن) ۲۵۶
۷-۱۰-۲-۱۷- ترک‌خوردگی لغزشی ۲۵۷
۷-۱۰-۲-۱۸- تورم ۲۵۸
۷-۱۰-۲-۱۹- شن‌زدگی ۲۵۹
۷-۱۰-۲-۲۰- هوازدگی ۲۶۰
۷-۱۰-۳-۷- خرابی‌های روسازی بتنی ۲۶۰
۷-۱۰-۳-۱- ترکیدگی/کمانش ۲۶۰
۷-۱۰-۳-۲- شکستگی گوشه ۲۶۱
۷-۱۰-۳-۳- تقسیم دال ۲۶۲
۷-۱۰-۳-۴- ترک‌خوردگی دوام (نوع D).....۲۶۳
۷-۱۰-۳-۵- پلکانی شدن ۲۶۴
۷-۱۰-۳-۶- آسیب‌دیدگی درزگیر.....۲۶۵
۷-۱۰-۳-۷- پایین‌افتادگی شانه ۲۶۷
۷-۱۰-۳-۸- ترک‌خوردگی خطی (ترک‌های طولی، عرضی و قطری) ۲۶۷
۷-۱۰-۳-۹- وصله کوچک (کمتر از ۰/۵ مترمربع) ۲۶۹
۷-۱۰-۳-۱۰- وصله‌کاری در سطح وسیع (بیشتر از ۰/۵ مترمربع) و کنده‌کاری..... ۲۷۰
۷-۱۰-۳-۱۱- صیقلی‌شدن سنگ‌دانه‌ها ۲۷۱
۷-۱۰-۳-۱۲- بیرون‌پریدگی ۲۷۱
۷-۱۰-۳-۱۳- مکش (پامپینگ) ۲۷۲
۷-۱۰-۳-۱۴- سوراخ‌شدگی ۲۷۳
۷-۱۰-۳-۱۵- گذرگاه راه‌آهن ۲۷۴
۷-۱۰-۳-۱۶- ترک‌خوردگی ریزسطحی / شن‌زدگی ۲۷۵
۷-۱۰-۳-۱۷- ترک‌خوردگی انقباضی ۲۷۶

۷-۱۰-۳-۱۸- خردشدگی گوشه ۲۷۷
۷-۱۰-۳-۱۹- خردشدگی درز ۲۷۸
۷-۱۰-۴- خرابی‌های روسازی بلوکی بتنی ۲۷۹
۷-۱۰-۴-۱- آسیب‌دیدگی بلوک‌ها ۲۷۹
۷-۱۰-۴-۲- تورفتگی بلوک‌ها (نشست موضعی) ۲۸۰
۷-۱۰-۴-۳- عدم مهار جانبی بلوک‌ها ۲۸۱
۷-۱۰-۴-۴- تغییر عرض درز بین بلوک‌ها ۲۸۲
۷-۱۰-۴-۵- پلکانی‌شدن بلوک‌ها ۲۸۳
۷-۱۰-۴-۶- تورم یا بالازدگی بلوک‌ها ۲۸۴
۷-۱۰-۴-۷- خزش افقی بلوک‌ها ۲۸۵
۷-۱۰-۴-۸- مکش و از دست‌رفتن ماسه درزها ۲۸۵
۷-۱۰-۴-۹- شیارشدگی ۲۸۶
۷-۱۰-۴-۱۰- از بین‌رفتن (فقدان) بلوک ۲۸۷
۷-۱۰-۴-۱۱- وصله‌کاری ۲۸۸
۷-۱۰-۵- خرابی‌های روسازی شنی ۲۸۹
۷-۱۰-۵-۱- چین‌خوردگی یا موج عرضی ۲۸۹
۷-۱۰-۵-۲- چاله‌ها ۲۹۰
۷-۱۰-۵-۳- شیار یا گودافتادگی در مسیر عبور چرخ‌ها ۲۹۱
۷-۱۰-۵-۴- لغزندگی ۲۹۲
۷-۱۰-۵-۵- گردوخاک ۲۹۲
۷-۱۰-۵-۶- جداشدن دانه‌ها ۲۹۴
۷-۱۰-۵-۷- حدب و تسطیح ۲۹۴
۷-۱۰-۵-۸- زهکشی جانبی نامناسب ۲۹۵
۷-۱۱- پیوست شماره ۱۱: مثال‌هایی از ارزیابی وضعیت روسازی و طراحی روکش ... ۲۹۷
۷-۱۱-۱- مثال ۱ ..... ۲۹۷
۷-۱۱-۲- مثال ۲ ..... ۲۹۹
۷-۱۱-۳- مثال ۳ ..... ۳۰۰
۷-۱۱-۴- مثال ۴ ..... ۳۰۱

۵-۱۱-۷- مثال ۵ ..... ۳۰۴

فهرست جداول

جدول ۱ استانداردهای مربوط به شناسایی خاک بستر ۲۰
جدول ۲ طبقه‌بندی خاک‌های متورم‌شونده ۲۳
جدول ۳ خصوصیات خاک‌های حساس در برابر یخبندان ۲۳
جدول ۴ دانه‌بندی مصالح زهکش ۲۷
جدول ۵ مصالح سبک قابل استفاده در لایه‌های خاک بستر و وزن مخصوص آن‌ها ۳۵
جدول ۶ مقایسه عملکردی انواع روسازی‌های بنادر ۴۴
جدول ۷ روسازی‌های پیشنهادی برای محوطه‌های مختلف بندری ۴۸
جدول ۸ ضخامت لایه با مصالح منتخب دانه‌ای و زیراساس تثبیت‌نشده* ۵۷
جدول ۹ ضرایب هم‌ارز مصالح ۵۸
جدول ۱۰ درصد کانتینرهای با نسبت‌های مختلف از کانتینرهای ۴۰ فوتی به ۲۰ فوتی ۶۲
جدول ۱۱ ضریب نزدیکی چرخ‌ها با توجه به فاصله چرخ‌ها و عمق مؤثر ۶۳
جدول ۱۲ درصد تأثیر بارهای دینامیکی ۶۵
جدول ۱۳ دانه‌بندی مصالح لایه منتخب ۷۹
جدول ۱۴ دانه‌بندی مصالح سنگی قشر اساس سیمانی ۸۵
جدول ۱۵ دانه‌بندی مصالح سنگی CBM4 ..... ۸۸
جدول ۱۶ دسته‌بندی اصلاح‌کننده‌ها و افزودنی‌های قیر و مخلوط آسفالت ۹۳
جدول ۱۷ دانه‌بندی ماسه درزگیر برای اجرای روسازی بلوکی بتنی ۱۰۶
جدول ۱۸ دانه‌بندی ماسه بستر برای اجرای روسازی بلوکی بتنی ۱۰۷
جدول ۱۹ حداکثر درصد عبوری از الک ۶۳ میکرون برای تکمیل دانه‌بندی ماسه بستر روسازی بلوکی بتنی ۱۰۷
جدول ۲۰ جذب آب ۱۰۸
جدول ۲۱ مقاومت در برابر چرخه‌های یخزدن و آب‌شدن با وجود نمک‌های یخزدا ۱۰۸
جدول ۲۲ مشخصات دستگاه تراکم صفحه‌ای مورد نیاز برای نصب بلوک‌های بتنی متناسب با کاربری روسازی ۱۱۳
جدول ۲۳ حدود دانه‌بندی سنگدانه‌های بتن غلتکی ۱۱۵
جدول ۲۴ دانه‌بندی مصالح رویه شنی ۱۱۹
جدول ۲۵ دانه‌بندی مصالح اساس در روسازی‌های شنی ۱۲۰
جدول ۲۶ حداکثر فواصل مجاز درزهای اجرایی و انقباضی در روسازی بتنی ۱۳۱
جدول ۲۷ خصوصیات بتن الاستومری ۱۳۵
جدول ۲۸ مشخصات مواد درزگیر متداول ۱۳۸
جدول ۲۹ ضریب شرایط ترک‌خوردگی سطح روسازی ۱۴۳
جدول ۳۰ ضریب شرایط شیارشدگی و نشست بیشینه ۱۴۴
جدول ۳۱ دوره بهره‌برداری گزینه‌های نگهداری برای تحلیل مالی ۱۴۵
جدول ۳۲ راهنمای ترمیم و نگهداری خرابی‌های رویه شنی در بنادر ۱۵۲
جدول ۳۳ انتخاب نوع افزودنی تثبیت‌کننده بر اساس مثلث درجه‌بندی‌شده ۱۵۹

جدول ۳۴ انتخاب ماده تثبیت‌کننده بر اساس دانه‌بندی و حدود اتربرگ ۱۶۱
جدول ۳۵ جزئیات کانتینرهای ISO ۱۶۵
جدول ۳۶ ابعاد کانتینرهای غیر ISO ۱۶۵
جدول ۳۷ ابعاد کانتینرهای متداول بر حسب واحد معادل استاندارد (TEU) ۱۶۶
جدول ۳۸ بار وارد بر روسازی ناشی از انباشت کانتینر ۱۶۷
جدول ۳۹ وزن مخصوص مصالح مختلف برای محاسبه بارهای فله‌ای ۱۶۹
جدول ۴۰ میزان بارهای عمومی متداول نسبت به ارتفاع انباشت آن ۱۷۰
جدول ۴۱ ابعاد استاندارد پالت‌های متداول در بنادر ۱۷۱
جدول ۴۲ توزیع بار تجهیزات باری متداول در ایران ۱۷۴
جدول ۴۳ مشخصات چند نمونه از استرادل‌کاریرها ۱۷۷
جدول ۴۴ دسته‌بندی لیفتراک‌های جلوبر ۱۷۹
جدول ۴۵ مشخصات لیفتراک‌های جلوبر ۱۸۰
جدول ۴۶ مشخصات چند نمونه سایدلودر ۱۸۴
جدول ۴۷ مقدار بار و فشار ناشی از بارگیری کالا در پایه‌های تثبیت‌کننده جرثقیل متحرک ۱۸۶
جدول ۴۸ مشخصات مفروض لایه‌ها برای ایجاد نمودار طراحی ۱۹۱
جدول ۴۹ مقادیر آماری، (۰/۰۵ و n) بکار رفته برای حذف مقادیر مقاومت خارج از محدوده سابگرید ۱۹۸
جدول ۵۰ سطوح شدت خرابی چاله. ۲۵۴
جدول ۵۱ سطوح شدت خرابی تقسیم دال. ۲۶۳
جدول ۵۲ سطوح شدت برای خرابی پلکانی‌شدن. ۲۶۵
جدول ۵۳ سطوح شدت خرابی پلکانی‌شدن. ۲۶۵
جدول ۵۴ سطوح شدت خرابی سوراخ‌شدگی. ۲۷۴
جدول ۵۵ سطوح شدت برای خردشدگی گوشه. ۲۷۷
جدول ۵۶ سطوح شدت خردشدگی درز. ۲۷۹
جدول ۵۷ سطوح شدت تورفتگی بلوک‌ها. ۲۸۱
جدول ۵۸ سطوح شدت خرابی عدم مهار جانبی ۲۸۲
جدول ۵۹ سطوح شدت خرابی تغییر پهنای درز. ۲۸۳
جدول ۶۰ سطوح شدت خرابی پلکانی‌شدن بلوک‌ها ۲۸۳
جدول ۶۱ سطوح شدت خرابی تورم بلوک‌ها ۲۸۴
جدول ۶۲ سطوح شدت خرابی خزش افقی بلوک‌ها ۲۸۵
جدول ۶۳ سطوح شدت خرابی از دست‌رفتن ماسه درزها ۲۸۶
جدول ۶۴ سطوح شدت خرابی شیارشدگی. ۲۸۷
جدول ۶۵ سطوح شدت خرابی ناشی از فقدان بلوک‌ها. ۲۸۷
جدول ۶۶ سطوح شدت خرابی وصله‌کاری. ۲۸۸
جدول ۶۷ سطوح شدت خرابی چاله. ۲۹۱
جدول ۶۸ مشخصات ساختار روسازی در ضعیف‌ترین نمونه‌های مغزه‌گیری‌شده (مثال ۱) ۲۹۸
جدول ۶۹ مشخصات ساختار روسازی در نمونه‌های مغزه‌گیری‌شده بدون شیارشدگی (مثال ۱) ۲۹۸

جدول ۷۰ مشخصات ساختار روسازی (مثال۲) ۲۹۹
جدول ۷۱ مشخصات ساختار روسازی (مثال۳) ۳۰۱
جدول ۷۲ ضخامت مؤثر باقیمانده روسازی موجود (مثال۴)..... ۳۰۲
جدول ۷۳ ضخامت مؤثر باقیمانده روسازی موجود (مثال۵)..... ۳۰۴

فهرست اشکال

شکل ۱ کنترل تراز بالای آب زیرزمینی با حفر کانال عمیق و لایه با مصالح فیلتر ۲۷
شکل ۲ چهار نوع اصلی روسازی بتنی ۴۱
شکل ۳ اجزای تشکیل‌دهنده روسازی بلوکی بتنی ۴۲
شکل ۴ اجزای ساختار روسازی مبنا ۵۴
شکل ۵ گراف طراحی اساس بتنی C8 بر مبنای بار دینامیکی ۵۵
شکل ۶ گراف طراحی اساس بتنی C8 برای محوطه‌های انباشت کانتینری ۵۶
شکل ۷ چینش کانتینرها در محوطه ۶۷
شکل ۸ تکرار بارگذاری در محوطه کانتینری- گانتری‌کرین و اصطلاحات در چیدمان کانتینرها ۶۹
شکل ۹ محوطه کانتینری- گانتری‌کرین ۷۴
شکل ۱۰ جزئیات اجرایی روسازی با پی نواری ۷۵
شکل ۱۱ ساختار کلی روسازی بلوکی بتنی ۱۰۹
شکل ۱۲ انواع چیدمان بلوک‌های مستطیلی ۱۱۲
شکل ۱۳ ساختار کلی روسازی شنی بنادر ۱۲۱
شکل ۱۴ نحوه قرارگیری تیغه گریدر نسبت به افق برای کاربردهای مختلف، ۱) کندن و برداشت مصالح، ۲) پخش مصالح، ۳) تیغه‌زنی و تسطیح ملایم ۱۲۲
شکل ۱۵ هم‌پوشانی مناسب آسفالت جدید و قدیم در محل اتصال طولی (درز گرم) ۱۲۷
شکل ۱۶ جزئیات اجرایی درز انقباضی در بتن‌ریزی ناپیوسته، الف) پلان، ب) مقطع عرضی ۱۲۸
شکل ۱۷ جزئیات اجرایی درز انقباضی در بتن‌ریزی پیوسته، الف) پلان، ب) مقطع عرضی ۱۲۹
شکل ۱۸ درز اجرایی طولی ۱۲۹
شکل ۱۹ جزئیات درز عرضی انبساطی ۱۳۰
شکل ۲۰ جزئیات اجرایی ناحیه انتقال روسازی‌های بتنی و آسفالتی با استفاده از دال با ضخامت متغیر ۱۳۴
شکل ۲۱ جزئیات اجرایی ناحیه انتقال روسازی‌های بتنی و آسفالتی با استفاده از درز انقطاع با پرکننده بتن الاستومری ۱۳۵
شکل ۲۲ جزئیات اجرای ناحیه انتقال روسازی‌های بتنی و دال دسترسی پل با استفاده از دال با ضخامت ثابت ۱۳۵
شکل ۲۳ الگوهای اجرای درز جداساز در اطراف آدم‌رو ۱۳۷
شکل ۲۴ ضرورت باقیماندن بخشی از لایه اتصال وجود جلوی بلوک‌ها ۱۴۸
شکل ۲۵ مثلث درجه‌بندی شده برای کمک به انتخاب ماده تثبیت‌کننده ۱۵۸
شکل ۲۶ نحوه محاسبه بار چرخ تراکتور و تریلر ۱۷۶
شکل ۲۷ نحوه محاسبه بار چرخ استرادل‌کاریر ۱۷۸
شکل ۲۸ توزیع بارهای محوری لیفتراک بر حسب وزن کانتینر ۱۸۱
شکل ۲۹ نحوه محاسبه بار چرخ لیفتراک جلوبر ۱۸۲
شکل ۳۰ نحوه محاسبه بار چرخ سایدلودر ۱۸۳
شکل ۳۱ نحوه محاسبه بار چرخ گانتری‌کرین ۱۸۵

شکل ۳۲ نحوه محاسبه بار چرخ جرثقیل متحرک ۱۸۶
شکل ۳۳ نمونه‌هایی از چرخ‌های زیرسری (سمت چپ) و صفحات پاشنه‌ای (سمت راست) ۱۸۸
شکل ۳۴ تعریف مدول الاستیک اولیه، تانژانتی و سکانتی ۱۸۹
شکل ۳۵ تبدیل مقادیر مدول ارتجاعی و CBR مصالح زیراساس ۱۹۲
شکل ۳۶ تبدیل مقادیر مدول ارتجاعی و CBR مصالح اساس ۱۹۳
شکل ۳۷ مدول ارتجاعی معادل استقامت مارشال اساس قیری ۱۹۴
شکل ۳۸ رابطه بین ضریب عکس‌العمل بستر و CBR ۱۹۶
شکل ۳۹ اثرات زیر اساس غیر چسبنده بر روی مقاومت طراحی سابگرید (CBR) ۱۹۷
شکل ۴۰ فرآیند محاسبه هزینه‌های طول عمر روسازی ۲۱۳
شکل ۴۱ جزئیات اجرایی قید کناری برای سواره‌رو با ترافیک سبک در مجاورت ساختمان ۲۳۷
شکل ۴۲ جزئیات اجرایی قید کناری برای سواره‌رو با ترافیک سبک در مجاورت پیاده‌رو ۲۳۷
شکل ۴۳ جزئیات اجرایی قید کناری برای بزرگراه‌ها یا محوطه‌های پارک خودرو ۲۳۸
شکل ۴۴ جزئیات اجرایی قید کناری برای روسازی‌های محوطه ۲۳۸
شکل ۴۵ سطوح شدت ترک‌خوردگی پوست سوسماری (خستگی). ۲۴۴
شکل ۴۶ سطوح شدت قیر زدگی. ۲۴۵
شکل ۴۷ سطوح شدت ترک‌خوردگی بلوکی. ۲۴۶
شکل ۴۸ سطوح شدت فرورفتگی و برآمدگی. ۲۴۷
شکل ۴۹ سطوح شدت موج افتادگی. ۲۴۸
شکل ۵۰ سطوح شدت فرورفتگی. ۲۴۸
شکل ۵۱ سطوح شدت ترک‌خوردگی لبه. ۲۴۹
شکل ۵۲ سطوح شدت ترک‌خوردگی انعکاسی. ۲۵۰
شکل ۵۳ سطوح شدت افتادگی شانه. ۲۵۱
شکل ۵۴ سطوح شدت ترک‌های طولی و عرضی. ۲۵۲
شکل ۵۵ سطوح شدت وصله‌کاری. ۲۵۳
شکل ۵۶ خرابی وصله‌کاری. ۲۵۳
شکل ۵۷ سطوح شدت خرابی چاله. ۲۵۴
شکل ۵۸ سطوح شدت خرابی گذرگاه راه‌آهن. ۲۵۵
شکل ۵۹ سطوح شدت شیارافتادگی. ۲۵۶
شکل ۶۰ سطوح شدت جمع‌شدگی. ۲۵۷
شکل ۶۱ سطوح شدت ترک‌خوردگی لغزشی. ۲۵۸
شکل ۶۲ خرابی تورم. ۲۵۸
شکل ۶۳ سطوح شدت شن‌زدگی. ۲۵۹
شکل ۶۴ سطوح شدت هوازدگی. ۲۶۰
شکل ۶۵ سطوح شدت ترکیدگی/کمانش. ۲۶۱
شکل ۶۶ سطوح شدت شکستگی گوشه. ۲۶۲
شکل ۶۷ سطوح شدت تقسیم دال. ۲۶۳

شکل ۶۸ سطوح شدت ترک‌خوردگی دوام نوع D. ۲۶۴
شکل ۶۹ سطوح شدت آسیب‌دیدگی درزگیر. ۲۶۶
شکل ۷۰ سطوح شدت افتادگی شانه. ۲۶۷
شکل ۷۱ سطوح شدت ترک‌خوردگی خطی. ۲۶۹
شکل ۷۲ سطوح شدت وصله کوچک. ۲۷۰
شکل ۷۳ سطوح شدت وصله بزرگ و کنده‌کاری. ۲۷۰
شکل ۷۴ خرابی صیقلی‌شدن سنگ‌دانه‌ها. ۲۷۱
شکل ۷۵ خرابی بیرون پریدگی. ۲۷۲
شکل ۷۶ خرابی مکش. ۲۷۳
شکل ۷۷ سطوح شدت سوراخ‌شدگی. ۲۷۴
شکل ۷۸ سطوح شدت خرابی گذرگاه راه‌آهن. ۲۷۵
شکل ۷۹ سطوح شدت خرابی ترک‌خوردگی ریز سطحی / شن زدگی. ۲۷۶
شکل ۸۰ خرابی ترک‌خوردگی انقباضی. ۲۷۶
شکل ۸۱ سطوح شدت خرابی خردشدگی گوشه. ۲۷۷
شکل ۸۲ سطوح شدت خرابی خردشدگی درز. ۲۷۹
شکل ۸۳ سطوح شدت آسیب‌دیدگی بلوک‌ها. ۲۸۰
شکل ۸۴ سطوح شدت تورفتگی بلوک‌ها. ۲۸۱
شکل ۸۵ سطوح شدت عدم مهار جانبی بلوک‌ها. ۲۸۲
شکل ۸۶ سطوح شدت تغییر پهنای درز بلوک‌ها. ۲۸۳
شکل ۸۷ سطوح شدت پلکانی بلوک‌ها. ۲۸۴
شکل ۸۸ سطوح شدت تورم بلوک‌ها. ۲۸۴
شکل ۸۹ سطوح شدت خزش افقی بلوک‌ها. ۲۸۵
شکل ۹۰ سطوح شدت مکش و از دست‌رفتن ماسه درزها. ۲۸۶
شکل ۹۱ سطوح شدت شیارشدگی. ۲۸۷
شکل ۹۲ سطوح شدت خرابی ناشی از فقدان بلوک‌ها. ۲۸۸
شکل ۹۳ سطوح شدت خرابی چین‌خوردگی. ۲۹۰
شکل ۹۴ سطوح شدت خرابی چاله. ۲۹۱
شکل ۹۵ سطوح شدت خرابی گود افتادگی. ۲۹۲
شکل ۹۶ سطوح شدت گردوخاک. ۲۹۳
شکل ۹۷ سطوح شدت مقطع عرضی نامناسب. ۲۹۵
شکل ۹۸ سطوح شدت زهکشی جانبی ناکافی. ۲۹۶
شکل ۹۹ ساختار روسازی طراحی روکش (مثال۱) ۲۹۷
شکل ۱۰۰ ساختار روسازی طراحی روکش (مثال ۲) ۲۹۹
شکل ۱۰۱ ساختار روسازی طراحی روکش مثال ۳ ..... ۳۰۰
شکل ۱۰۲ ساختار روسازی موجود مثال ۴ ..... ۳۰۱
شکل ۱۰۳ راه‌حل تئوری برای طرح روکش (مثال ۴) ۳۰۳

شکل ۱۰۴- راه‌حل عملی برای طرح روکش (مثال ۴) ۳۰۳
شکل ۱۰۵ ساختار روسازی موجود (مثال ۵)..... ۳۰۴
شکل ۱۰۶- طراحی روکش پیشنهادی (مثال ۵) برای دوره طرح ۵ و ۲۵ ساله ۳۰۵

تهیه و کنترل «ضوابط طراحی، اجرا و نگهداری روسازی بنادر» [شماره۸۸۴]

اعضای گروه تهیه‌کننده:

علیرضا خاوندی خیاوی	مهندسین مشاور فرارهسازفن	دکترای مهندسی عمران
کوروش جایروند	مهندسین مشاور فرارهسازفن	فوق لیسانس عمران-راه و ترابری
منصور صادقی آواز	مهندسین مشاور فرارهسازفن	دکترای مهندسی عمران
محمد والی‌پور	سازمان بنادر و دریانوردی	فوق لیسانس عمران -ژئوتکنیک
عماد قضوی	سازمان بنادر و دریانوردی	دکترای مهندسی عمران
علی کاکایی	سازمان بنادر و دریانوردی	فوق لیسانس عمران -ژئوتکنیک
علی نصرالله‌تبار	مهندسین مشاور گسترش محمدیان	دکترای مهندسی عمران

اعضای گروه نظارت:

سعید حسن‌عباسی	سرپرست اداره کل مهندسی عمران و نظارت بر طرح‌ها	فوق‌لیسانس مدیریت اجرایی
محمد شاکری‌نیا	رئیس اداره مهندسی طراحی	فوق‌لیسانس سازه‌های دریایی

اعضای کارگروه تدوین ضوابط و معیارهای فنی و اجرایی سازه‌های ساحلی و دریایی:

علی فتحی	معاون مهندسی و توسعه امور زیربنایی	سازمان بنادر و دریانوردی
مهدی نیکوکار	مدیر کل مهندسی سواحل و بنادر	سازمان بنادر و دریانوردی
سعید حسن‌عباسی	سرپرست اداره کل مهندسی عمران و نظارت بر طرح‌ها	سازمان بنادر و دریانوردی
بهزاد الوند	رئیس اداره مهندسی بنادر	سازمان بنادر و دریانوردی
محمد شاکری‌نیا	رئیس اداره مهندسی طراحی	سازمان بنادر و دریانوردی
رضا نایبی	کارشناس اداره مهندسی بنادر	سازمان بنادر و دریانوردی
فرزانه آقارمضانعلی	رییس‌گروه امور نظام فنی و اجرایی	سازمان برنامه و بودجه کشور
محمدامیر طباخها	کارشناس امور راه و ترابری و مدیریت عمران شهری و روستایی	سازمان برنامه و بودجه کشور
حمیدرضا خاشعی	کارشناس امور نظام فنی و اجرایی	سازمان برنامه و بودجه کشور
سیده معصومه صداقی	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی	
مهدی شفیعی‌فر	دانشگاه تربیت مدرس	
محمد مختاری	دانشگاه هرمزگان	

اکبر واثقی	پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله
محمودرضا اکبرپور جنت	پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی
مجید جندقی	جامعه مهندسان مشاور ایران

اعضای گروه هدایت و راهبری (سازمان برنامه و بودجه کشور):

علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی و اجرایی	سازمان برنامه و بودجه کشور
فرزانه آقارمضانعلی	رئیس گروه امور نظام فنی و اجرایی	سازمان برنامه و بودجه کشور
حمیدرضا خاشعی	کارشناس امور نظام فنی و اجرایی	سازمان برنامه و بودجه کشور
محمدامیر طباخها	کارشناس امور راه و ترابری و مدیریت عمران شهری و روستایی	سازمان برنامه و بودجه کشور

۱

تعاریف

۱- تعاریف

تعاریفی که در این فصل بدان پرداخته شده است، واژگان و اصطلاحات مهمی هستند که در این ضوابط بکار رفته و نیازمند توضیح بوده‌اند.

آسفالت داغ

عبارت است از مخلوط مصالح سنگی با قیر خالص که در کارخانه آسفالت با درجه حرارت معین طبق مشخصات تهیه و بوسیله فینیشر بر روی سطح راه پخش و سپس کوبیده می‌شود.

آسفالت حفاظتی

پخش قیر در راه‌های خاکی، شنی، آسفالتی و بتنی و بلافاصله پخش سنگدانه بر روی آن (آسفالتی سطحی) یا اندودهای سنگدانه‌ای یا ماسه‌ای یا قیرپاشی بدون سنگدانه یا پخش آسفالت اسلاری‌سیل یا میکروسرفیسینگ، آسفالت حفاظتی نامیده می‌شود.

آسفالت سرد

آسفالت سرد از اختلاط مصالح سنگی با قیرهای محلول یا قیرآبه‌ها و یا قطران در دمای محیط تهیه و در همین دما پخش و متراکم می‌شود.

آسفالت متخلخل

آسفالت متخلخل از اختلاط قیر با سنگدانه‌های شکسته دارای دانه‌بندی باز در کارخانه آسفالت تهیه می‌شود.

اپرون

به معنای بارانداز و محلی برای توقف کامیون‌ها زیر پای جرثقیل اسکله است.

اساس

قشری از مصالح سنگی با مشخصات فنی و به ضخامت معین که بر روی بستر آماده‌شده راه یا لایه زیراساس، به منظور تحمل بارهای وارده از لایه‌های بالاتر روسازی قرار گیرد، قشر اساس نامیده می‌شود.

اساس سیمانی

اساس سیمانی با مصالح شنی و یا سنگی با مشخصات فنی معین تهیه و بر روی بستر راه حمل و با سیمان پرتلند مخلوط و به ابعاد هندسی مورد نظر پخش و سپس طبق شرایط فنی قیدشده آب‌پاشی و کوبیده می‌شود. اساس

سیمانی در مواردی که از قشر اساس استحکام، انسجام و نفوذناپذیری بیشتری انتظار می‌رود در انواع راه‌ها اجرا می‌شود. نوع متداول اساس سیمانی مرسوم به CBM4، رده جاری مورد استفاده در روسازی بلوکی بتنی بنادر ایران است که قبل از نصب بلوک‌های بتنی در یک یا دو لایه اجرا می‌شود.

اساس شنی و سنگی

عبارت است از مصالح شکسته شن و ماسه رودخانه‌ای یا سنگ‌های معادن کوهی با مشخصات فنی معین که به ابعاد هندسی مورد نظر بر روی قشر زیراساس و یا بستر روسازی قرار گیرد.

اساس قیری

مخلوطی از مصالح سنگی و قیر با مشخصات فنی و به ضخامت معین که بر روی بستر آماده‌شده راه یا لایه زیراساس، به منظور تحمل بارهای وارده از لایه‌های بالاتر روسازی قرار گیرد، قشر اساس قیری نامیده می‌شود.

اساس ماکادامی

مخلوطی از سنگ کوهی یا سنگ رودخانه‌ای شکسته به اندازه‌های مشخص و پخش آن بر روی قشر آماده‌شده سطح راه برابر ابعاد، اندازه‌ها و ضخامت‌های مشخص‌شده در نقشه‌ها.

اساس نفوذپذیر

قشری از مصالح سنگدانه‌ای با مشخصات فنی معین و دانه‌بندی باز است که برای زهکشی به عنوان یک لایه در روسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اسکله

سازه دریایی است که برای پهلودهی و مهار واحدهای شناور و به منظور انجام خدمات بندری و تخلیه و بارگیری بکار گرفته می‌شود.

اراضی پشتیبانی

زمین‌های موجود در پشت ترمینال‌های بندری واقع در مجتمع‌های بندری که داخل محدوده تحت مدیریت بندر احتمالاً داخل حصار گمرکی واقع شده و برای ایجاد پایانه‌های کالا مستقیماً توسط بندر و یا توسط شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات لجستیک و ارزش افزوده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اراضی عملیاتی

محدوده‌ای از بندر که مهمترین فعالیت‌های آن تخلیه و بارگیری از کشتی به وسایل حمل خشکی و بالعلکس و انبارش موقت را شامل می‌شود. این محدوده شامل مجموعه اسکله، محوطه‌های بارانداز، انبارش موقت و معابر داخلی ترمینال‌ها است.

ارزیابی وضعیت روسازی

سنجش و پایش وضعیت روسازی را ارزیابی وضعیت روسازی گویند. ارزیابی وضعیت روسازی بخشی از یک سیستم مدیریت روسازی است که با روش‌های مختلف وضعیت سطحی، همواری، سازه‌ای و ایمنی روسازی را تعیین می‌کند و اطلاعات حاصل از آن مبنای برنامه‌های لازم برای فعالیت‌های نگهداری و بهسازی قرار می‌گیرد.

انبار ترانزیت[1]

به انبار نگهداری موقت کالا در نزدیکی اسکله و داخل ترمینال گفته می‌شود.

انبارهای سرپوشیده[2]

انبارهایی که برای نگهداری میان‌مدت و بلندمدت کالا بکار می‌رود و ممکن است عملیات تفکیک و ادغام کالا نیز در آن‌ها صورت پذیرد.

انبارهای روباز[3]

محوطه‌های روباز مخصوص انبارش و نگهداری کالاهایی است که حساسیت چندانی در برابر عوامل محیطی و شرایط آب و هوایی ندارند.

اندود سطحی (تک‌کت)

پخش یک لایه بسیار نازک قیر محلول یا قیرآبه روی سطح آسفالتی یا بتنی به منظور آغشته‌نمودن سطوح مزبور و ایجاد چسبندگی با قشر آسفالتی که متعاقباً روی آن پخش می‌شود، اندود سطحی نامیده می‌شود.

[1] Transit Shed

[2] Roofed warehouse

[3] Open warehouse

اندود نفوذی (پریم‌کت)

پخش یک لایه قیر محلول با کندروانی (ویسکوزیته) کم یا متوسط در سطح شنی راه (بستر روسازی راه یا زیراساس و یا اساس)، اندود نفوذی یا پریم‌کت نامیده می‌شود.

اندودهای آب‌بند (سیل‌کت)

اجرای آسفالت‌های حفاظتی بر روی انواع رویه‌های آسفالتی و یا بتنی موجود، به منظور آب‌بندی، افزایش خاصیت نفوذناپذیری، اصلاح آسیب‌دیدگی‌های سطحی، بهسازی موقت و افزایش عمر بهره‌برداری‌ها، اندود آب‌بند یا سیل‌کت نامیده می‌شود.

بار چرخ منفرد هم‌ارز

بار چرخ منفرد هم‌ارز (SEWL[1]) عبارت است از سنگین‌ترین نیرویی که از طرف یکی از چرخ‌های تجهیزات بارگیری و جابجایی کالا به روسازی وارد می‌شود که مبنای روش طراحی است و اثر بار سایر چرخ‌ها با استفاده از ضرایب مربوطه به بار چرخ هم‌ارز تبدیل می‌شود.

بارهای دینامیکی

منظور از بارهای دینامیکی، بار ناشی از عبور چرخ انواع تجهیزات بارگیری و جابجایی کالا (وسایل‌نقلیه جاده‌ای، تراکتور، لیفتراک جلوبر، سایدلودر و ...) بر روسازی بنادر است.

بستر روسازی

بستر روسازی راه، سطح آخرین لایه متراکم‌شده خاکریزها، خاکبرداری‌ها و یا زمین طبیعی موجود و یا اصلاح‌شده است که مقاومت آن بشرطی که معرف شصت سانتیمتر از خاک لایه‌های زیرین باشد، معیار طراحی لایه منتخب و زیراساس است.

بندر[2]

محل مجاز تخلیه و بارگیری و نگهداری موقت و انتقال محموله‌های وارداتی، صادراتی، ترانزیتی و ترانشیپی از کشتی‌ها و واحدهای شناور بر روی وسایل‌نقلیه است که شامل ساختمان‌ها و محوطه‌های اداری، اسکله‌ها، انبارها و

[1] Single Equivalent Wheel Load

[2] Port

سایر تجهیزات خشکی و دریایی است که امکانات و تسهیلاتی برای پذیرش کشتی و انتقال بار بین کشتی و وسایل حمل‌ونقل زمینی را فراهم می‌نماید.

بهسازی آسفالتی

مرمت و اصلاح انواع آسیب‌دیدگی‌های سطحی و سازه‌ای روسازی‌های آسفالتی شامل: ترمیم سطحی، اجرای روکش‌های تقویتی، بازیافت و یا ترکیبی از این عملیات بهسازی نامیده می‌شود.

پایانه

محدوده‌ای از اراضی پشتیبانی بنادر که جهت نگهداری بلند مدت محموله‌های مختلف بندری استفاده می‌شود و عمدتاً فعالیت‌های پشتیبانی و لجستیکی در آن‌ها صورت می‌پذیرد.

پارکینگ

به محوطه توقف کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت وسایل‌نقلیه جاده‌ای و تجهیزات تخلیه و بارگیری بندری گفته می‌شود.

ترمینال

بخشی از اسکله، بارانداز و محل نگهداری موقت کالا در نزدیکی اسکله است که برای سرویس‌دهی به نوع مشخصی از کالاها و شناورها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تثبیت خاک

تثبیت خاک به اصلاح و بهبود خواص فیزیکی و مهندسی آن برای تأمین یک رشته اهداف از پیش تعیین‌شده اطلاق می‌شود. تثبیت خاک‌ها به روش‌های گوناگون نظیر روش‌های مکانیکی، شیمیایی، فیزیکی، بیولوژیک (رویاندن گیاه) و روش الکتریکی امکان‌پذیر است.

ترمینال کانتینری

به مجموعه اسکله کانتینری و کانتینر یارد (CY) گفته می‌شود.

تعداد یا ترافیک عبوری

عبارت است از تعداد عبور تجهیزات بارگیری و جابجایی کالا (نظیر لیفتراک جلوبر، استرادل‌کریر، سایدلودر و ...) از روسازی که برای تعیین تعداد عبور بار چرخ منفرد هم‌ارز در طول عمر طراحی روسازی بکار می‌رود.

خرابی

هر گونه مشکلی که عملکرد سازه‌ای و بهره‌برداری روسازی را تضعیف و یا مختل کند، خرابی نامیده می‌شود.

درزهای جداساز

درزهای جداساز[1]، درزهایی هستند که در محل تقاطع روسازی با کانال‌های تأسیسات، راه‌آهن و نظایر آن بکار می‌رود تا روسازی و ابنیه مجاور (اعم از کانال تأسیسات، دریچه آدم‌رو، ریل‌های راه‌آهن و ...) بتوانند بطور مستقل و در جهت‌های مختلف حرکت داشته باشد. تفاوت این درزها با درزهای انبساطی (انقطاع) در این است که درزهای انبساطی فقط در جهت انبساط اجازه حرکت آزادانه را به روسازی می‌دهد و در سایر جهات، میلگردهای انتقال بار مانع از حرکت می‌شود.

روسازی

روسازی راه سازه‌ای است که بر روی آخرین لایه متراکم‌شده خاک زمین طبیعی، خاکریزی‌ها یا کف برش‌های خاکی و یا سنگی که به طور کلی بستر روسازی نامیده می‌شود، قرار می‌گیرد.

روسازی آسفالتی

روسازی آسفالتی از ترکیب قیر و مصالح دانه‌ای به عنوان بتن آسفالتی و لایه‌های غیرچسبنده ساخته می‌شوند.

روسازی با فنداسیون ویژه

روسازی با فنداسیون ویژه، روسازی شنی یا آسفالتی با نوارهای بتنی است که برای محوطه‌های کانتینری که از تجهیزاتی نظیر گانتری‌کرین برای جاجایی کانتینرها استفاده می‌کنند، بکار می‌رود. در این نوع محوطه‌ها، نوارهای بتنی محل انباشت کانتینرها است.

روسازی بتنی

روسازی بتنی در گروه روسازی‌های صلب و غیر قابل‌انعطاف طبقه‌بندی می‌شود. این روسازی اغلب بر روی لایه زیر اساس اجرا می‌شود.

[1] Isolation joints

روسازی بتن غلتکی

روسازی بتن غلتکی نوعی روسازی بتنی است که برای ساخت آن از بتن با نسبت آب به سیمان پایین و با اسلامپ صفر استفاده می‌شود، بطوری‌که پس از پخش با فینیشر، با استفاده از غلتک‌های فلزی سنگین قابل تراکم باشد.

روسازی بلوکی بتنی

روسازی بلوکی بتنی از تعداد زیادی بلوک بر روی یک لایه اساس ماسه‌ای و یک بستر از پیش‌آماده، تشکیل شده است.

روسازی شنی

روسازی شنی روی بستر تثبیت‌شده و لایه‌های زیراساس قرار می‌گیرد. پوشش نهایی این نوع روسازی با مصالح دانه‌ای تأمین می‌شود.

زیراساس

قشری از مصالح سنگی (یا مخلوطی از مصالح سنگی و مواد افزودنی) با مشخصات فنی معین و به ضخامت مشخص که بر روی بستر روسازی به منظور تحمل بارهای وارده از قشرهای بالای روسازی قرار گیرد، قشر زیراساس نامیده می‌شود. زیراساس معمولاً اولین لایه از ساختمان روسازی راه را تشکیل می‌دهد.

زیراساس شنی و سنگی

مصالح شنی رودخانه‌ای یا سنگ‌های شکسته‌شده در سنگ‌شکن که با مشخصات فنی معین تهیه و بر روی بستر روسازی راه حمل و به ضخامت مورد نظر پخش و سپس طبق شرایط فنی آبپاشی و کوبیده می‌شود. قشر حاصله، زیراساس شنی نامیده می‌شود.

ژئوسنتتیک

ژئوسنتتیک‌ها[1] محصولات مسطحی از جنس پلیمر هستند که در پروژه‌های عمرانی به همراه مصالح خاکی، سنگی یا در بستر طبیعی بکار می‌روند.

[1] Geosynthetics

شانه راه

آن قسمت از کف راه که برای توقف اضطراری وسایل‌نقلیه اختصاص داده شده است.

شناسایی‌های ژئوتکنیکی

به مجموعه اقدامات و مطالعاتی گفته می‌شود که منجر به شناخت مشخصات مهندسی لایه‌های زمین می‌شود. این اقدامات شامل بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی و زمین‌شناسی مهندسی با مقیاس مناسب، بررسی گزارش لایه‌های زمین در ساختگاه‌های مجاور، بازدید از برش‌ها و مقاطع خاک موجود، انجام مطالعات ژئوفیزیک و ژئوتکنیک با حفر گمانه و انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی است.

ضریب هم‌ارز مصالح

ضریب هم‌ارز مصالح (MEF[1])، عددی است که در روش طراحی روسازی محوطه‌های بندری و برای تبدیل لایه‌های مختلف روسازی به یکدیگر بکار می‌رود. مقادیر کمتر این ضریب معرف مصالح مقاومتر است.

طول عمر طراحی روسازی

طول دوره بهره‌برداری روسازی معابر مدت زمانی است که روسازی اولیه برای آن طراحی می‌شود و بدون نیاز به ترمیم اساسی با کیفیت قابل قبول دوام می‌آورد.

طول دوره تحلیل روسازی

طول دوره تحلیل مدت زمانی است که معیار مقایسه فنی- اقتصادی گزینه‌های منتخب روسازی قرار می‌گیرد و در این مدت بیشتر از یک ترمیم اساسی برای روسازی پیش‌بینی می‌شود.

عبور کانالیزه

حرکات وسایل‌نقلیه بر روی روسازی محوطه‌های بندری، از یک مسیر مشخص پیروی نمی‌کند، بدین معنی‌که مسیر حرکت معمولاً در عرض مسیر متغیر است. اگر عرض مسیر یا خط‌کشی عبور وسیله‌نقلیه تقریباً به اندازه عرض وسیله‌نقلیه باشد، عبور وسیله‌نقلیه بصورت کاملاً کانالیزه انجام می‌شود.

[1] Material Equivalence Factor (MEF)

عملیات خاکی

عبارت است از کلیه کارهای لازم برای تمیزکردن بستر و حریم راه، خاکبرداری و خاکریزی خاک، سنگ و یا سایر مصالح، از و یا در مسیر و یا محدوده راه در منطقه عملیات طرح، طبق نقشه‌های اجرایی و یا برابر دستورات مهندس مشاور.

قالب

سازه‌ای موقت برای در برگرفتن بتن قبل از سخت‌شدن و کسب مقاومت کافی برای تحمل بار بتن.

قشر آستر (بیندر)

قشری است که بین رویه و قشرهای آسفالتی زیر آن یا بین رویه و قشر اساس سنگ شکسته قرار می‌گیرد.

قشر رویه (توپکا)

آسفالت رویه آخرین قشری است که در تماس مستقیم با بارهای وارده از ترفیک و عوامل جوی محیط قرار می‌گیرد. از اینرو باید طوری طرح و اجرا شود که در مقابل اثرات سوء آب، یخبندان، وتغییرات دما از پایایی و مقاومت لازم برخوردار باشد.

کنترل کیفیت روسازی

کنترل کیفیت روسازی عبارت است از مجموعه اقداماتی نظیر مشاهده، اندازه‌گیری و آزمون برای حصول اطمینان از تأمین مشخصات فنی مورد نیاز روسازی.

گیت (دروازه)

دروازه ورودی و خروجی ترمینال، که به همراه باسکول، دفاتر یگان حفاظت بندری و ارزیابی گمرک مجموعه دروازه ورود و خروج یا گیت بندر را تشکیل می‌دهند.

لایه با مصالح منتخب

لایه با مصالح منتخب شامل مصالح با CBR بیش از ۱۵ درصد است که پس از ریختن و کوبیده‌شدن می‌تواند به عنوان یک بستر مستحکم بار وسایل‌نقلیه را جهت اجرای لایه‌های فوقانی تحمل کند.

لایه بتنی نازک

لایه بتنی نازک عبارت است از یک لایه بتنی با حداکثر ضخامت ۴۰ میلیمتر که برای رفع نواقص عملکردی روسازی و بسته به سیاست‌های مدیریتی در هر بندر یا بنادر می‌تواند اجرا شود.

ماسه بادی

ماسه بادی مصالح گرد یا کروی و عمدتاً سیلیسی است که چسبندگی آن در حدود صفر و زاویه اصطکاک داخلی آن بین ۳۹ تا ۴۲ درجه و معمولاً در مناطق کویری و ساحلی کشور یافت می‌شود.

ماسه درزگیر

ماسه درزگیر[1] که در اجرای روسازی بلوکی بتنی بنادر، به عنوان پرکننده درزهای بین بلوک‌ها استفاده می‌شود.

مدیریت روسازی راه

عبارت است از تمامی فعالیت‌های مربوط به طراحی، ساخت، نگهداری، ارزیابی مداوم، ترمیم، بهسازی یا بازسازی روسازی شبکه راه‌ها. مدیریت روسازی راه مجموعه‌ای است از ابزار و روش‌ها که علاوه بر ساماندهی به شبکه روسازی‌ها به تصمیم‌گیری برای دست‌یافتن به برنامه‌های درازمدت مؤثر و اقتصادی برای نگهداری روسازی‌ها در سطحی قابل قبول کمک می‌کند.

محوطه

محدوده‌های بنادر که ممکن است جهت تخلیه و بارگیری، جابجایی و نگهداری انواع کالا مورد استفاده قرار بگیرد. این محدوده‌ها ممکن است در اراضی عملیاتی و یا پشتیبانی بندر واقع باشد.

محوطه ایکس- ری

محوطه‌ای که برای عبور تریلرهای حامل کانتینرها از دستگاه ایکس-ری اختصاص می‌یابد.

محوطه باسکول

به محوطه‌ای که شامل تجهیزات مخصوص توزین کامیون‌ها و تریلرهای حامل کالا، پیش و پس از تخلیه و بارگیری است، گفته می‌شود.

[1] Jointing material or Jointing sand

محیط شدید

به شرایطی گفته می‌شود که در آن قطعات بتنی در معرض رطوبت یا تعریق شدید، یا تر و خشک‌شدن متناوب و یا یخ‌زدن، آب‌شدن، سردشدن و گرم‌شدن متناوبِ نه چندان شدید قرار می‌گیرند. لازم بذکر است که شرایط محیطی (که بتن و مصالح در آن بکار رفته است)، در پنج دسته ملایم، متوسط، شدید، بسیار شدید و فوق‌العاده شدید طبقه‌بندی شده‌اند.

ناحیه اداری

ناحیه‌ای است که ارائه‌دهندگان خدمات اداری به مراجعین و ذی‌نفعان بندری در آن مشغول فعالیت هستند.

ناحیه خدماتی

ناحیه‌ای است که در آن تمامی خدمات عمومی، رفاهی، درمانی و ... به مراجعین و فعالین بندری ارائه می‌شود.

نگهداری اساسی

کلیه اقداماتی که برای بهبود عملکرد سازه‌ای روسازی انجام می‌شود.

نگهداری پیشگیرانه

کلیه اقداماتی که برای جلوگیری از وقوع و یا گسترش خرابی در روسازی انجام می‌شود.

نگهداری جاری

به کلیه اقدامات جاری (روزانه) برای حفظ عملکرد روسازی گفته می‌شود.

نگهداری روسازی

به حفظ عملکرد مطلوب روسازی در دوره بهره‌برداری گفته می‌شود.

نگهداری دوره‌ای

کلیه اقدامات دوره‌ای برای حفظ عملکرد روسازی گفته می‌شود.

۲

شناسایی و ارزیابی خاک واقع در محوطه بنادر

۲- شناسایی و ارزیابی خاک واقع در محوطه بنادر

ضوابط این راهنما مربوط به **ملاحظات ژئوتکنیکی در حیطه روسازی** است و سایر سازه‌ها را در بر نمی‌گیرد.

۲-۱- تعریف

بستر روسازی راه[1]، سطح آخرین لایه متراکم‌شده خاکریزها، خاکبرداری‌ها و یا زمین طبیعی موجود و یا اصلاح‌شده است که مقاومت آن بشرطی که معرف شصت سانتیمتر از خاک لایه‌های زیرین باشد، معیار طراحی لایه منتخب و زیراساس است.

۲-۲- ارزیابی خاک

روش‌های شناسایی خاک، نوع و تواتر گمانه‌ها و نمونه‌برداری‌های میدانی بر اساس اطلاعات زیرسطحی موجود، نیازمندی‌های طراحی و تجهیزات موجود تعیین می‌شود. غالباً بایستی پلان شناسایی خاک بعد از عملیات میدانی اولیه اصلاح شود، چرا که محدودیت‌های پروژه و یا تغییرات لایه‌های زیرسطحی با پیشرفت کار شناسایی می‌شود. پلان شناسایی خاک باید دارای جزئیات کافی باشد، بطوری‌که عمق، ضخامت و مساحت لایه‌های اصلی خاک و سنگ در زیر بستر معابر و محوطه‌های بندر که در کارایی بلندمدت روسازی و نحوه اجرای آن اثر می‌گذارد، تعیین شود. حوزه و وسعت شناسایی خاک، هم به نوع روسازی و هم به شرایط خاص خاک محل بستگی دارد. از همین‌رو، باید مطالعات ژئوتکنیکی بر روی بستر روسازی بندر انجام شود. این مطالعات به تشخیص مهندس مشاور باید به گونه‌ای انجام شود که شامل تعیین مشخصات خاک بستر در محل‌ها و عمق‌های مختلف و نیز معرف کل خاک مورد مطالعه و سطح آب زیرزمینی باشد.

۲-۲-۱- نمونه‌گیری و عمق مطالعات

در خصوص شناسایی خاک در معابر و محوطه‌های بندری باید موارد زیر رعایت شود:

[1] Subgrade

- از آنجاکه تراز بالای آب زیرزمینی (کمتر از ۳ متر از بستر)، هم در طرح ضخامت روسازی مؤثر است و هم موضوع حساسیت به یخبندان را به همراه دارد، برای ارزیابی وضعیت خاک محل احداث روسازی، عمق سفره آب‌های زیرزمینی باید مشخص و معلوم شود.
- برای تعیین نوع و ضخامت لایه‌های خاک بستر در معابر و محوطه‌های بندری باید گمانه‌های شناسایی تا عمق ۱/۵ تا ۲ متر حفر شود.
- به تشخیص مهندس مشاور می‌تواند تعدادی گمانه عمیق‌تر (تا عمق ۶ متر) برای تعیین تراز آب زیرزمینی، خاک‌های مسأله‌دار و یا موقعیت بستر سنگی (در صورت وجود)، حفر شود.
- در هر حال، عمق گمانه‌ها باید به گونه‌ای باشد که اطلاعات کافی در خصوص تمام مصالحی که ممکن است مشکلاتی در زمینه مقاومت، نشست و زهکشی خاک ایجاد کند، ارائه نماید. **از اینرو، مطالعات عمیق باید تا عمق مورد تشخیص مهندس مشاور انجام شود.**
- فاصله گمانه‌ها باید به گونه‌ای باشد که اولاً نمونه‌های لازم در محل نصب تجهیزات سنگین خاص را در بر بگیرد و ثانیاً نمونه‌های حاصل از آن منجر به شناسایی کلیه تغییرات خاک‌های واقع در محوطه شود. در این راهنما فاصله ۱۰۰ متری گمانه‌ها از طرفین به لحاظ موارد فوق توصیه می‌شود. ضمناً در هر محوطه ایجاد حداقل ۳ گمانه ضروری است.

۲-۲-۲- روش‌های شناسایی خاک

روش‌های شناسایی خاک که می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند عبارتنداز:

- **آزمون‌های آزمایشگاهی** شامل آزمایش‌های طبقه‌بندی خاک، آزمایش‌های شیمیایی، آزمون‌های آزمایشگاهی مربوط به تراکم خاک، آزمون‌های تعیین مقاومت خاک و آزمایش‌های تعیین نفوذپذیری.
- **آزمایش‌های ژئوفیزیکی** شامل تعیین مقاومت سطحی[1]، هدایت الکترومغناطیسی[2]، موج مکانیکی با استفاده از شکست لرزه‌ای و رادار نفوذی[3].

[1] Surface resistivity

[2] Electromagnetic conductivity

[3] Ground-penetrating radar

- **آزمایش‌های درجا** شامل آزمایش نفوذ استاندارد[1] SPT، آزمایش نفوذ مخروط[2] CPT، نفوذسنج دینامیکی مخروطی[3] DCP، دستگاه افت‌وخیز سنج ضربه‌ای سبک[4]، آزمایش بارگذاری صفحه[5]، آزمایش تراکم پروکتور، آزمایش پروف رولینگ[6]، آزمایش ژئوگیج[7] و CBR صحرایی[8].

آزمایش‌های شناسایی خاک بستر باید مطابق استانداردهای ارائه‌شده در جدول ۱ انجام شود. در خصوص روش‌های شناسایی خاک رعایت موارد زیر الزامی است.

- روش تعیین مقاومت باربری خاک بستر و نحوه تبدیل آن به متغیرهای ورودی روش طراحی باید در مشخصات فنی خصوصی پروژه ذکر شود.
- روش‌های ژئوفیزیکی باید مطابق «دستورالعمل مطالعات ژئوفیزیکی در پروژه‌های راهسازی- ضابطه ۷۰۲ نظام فنی و اجرایی کشور» انجام شود. ضمناً **روش‌های ژئوفیزیکی باید با روش‌های گمانه‌زنی متناظر تدقیق شوند**.
- در آزمایش CBR، چنانچه مصالح مورد نظر به گونه‌ای باشند که اثر رطوبت تراکم در نتیجه آزمایش کم باشد (مصالح غیرچسبنده و درشت‌دانه)، عدد CBR برای درصد رطوبت بهینه و با یک مقدار از انرژی تراکم (یا دانسیته خشک مصالح) بدست می‌آید. در مواردی‌که اثر رطوبت بر نتیجه آزمایش نامشخص است یا لازم است که چگونگی این اثر مشخص شود، آزمایش برای بازه‌ای از تغییرات مقادیر رطوبت که معمولاً برابر با بازه تغییرات مجاز رطوبت تراکم در اجرای لایه مورد نظر در کارگاه انتخاب شده است، انجام می‌شود.
- آزمایش SPT در خاک‌های رسی شل و رس‌های حساس نتایج مناسبی نمی‌دهد و نباید در چنین خاک‌هایی جهت استنباط کمی از نتایج استفاده شود.

---

[1] Standard Penetration Test

[2] Cone Penetrometer Test

[3] Dynamic Cone Penetrometer

[4] Light Weight Deflectometer

[5] Plate Loading Test

[6] Proof Rolling

[7] GeoGauge

[8] Field California Bearing

- آزمایش CPT در خاک‌های دانه‌ای درشت و همچنین خاک‌های رسی سخت کاربرد ندارد.
- در آزمایش بارگذاری صفحه، هر چه اندازه دانه‌های خاک درشت‌تر باشد (خاک همگن نباشد)، استفاده از صفحه‌های بزرگ‌تر بهتر است و ترجیحاً قطر صفحه، از ۱۰ برابر اندازه بزرگ‌ترین دانه خاک بزرگ‌تر باشد.
- در آزمایش CBR محلی لازم است تا درصد رطوبت موجود و نیز وزن مخصوص خاک در گزارش ذکر شود.
- آزمایش پروف رولینگ که عبارت است از عبور ماشین‌آلات سنگین در سایت موردنظر و بررسی تغییرشکل‌های ایجادشده در اثر عبور آن روی بستر، یکی از روش‌های شناسایی مصالح نرم است. این آزمایش در تمامی نقاط خاکریز، آماده‌سازی بستر و عملیات زیراساس و اساس قابل انجام است.

جدول ۱ استانداردهای مربوط به شناسایی خاک بستر

ردیف	نوع	عنوان	AASHTO	ASTM	سایر
۱	آزمایش	نمونه‌گیری از مصالح	T86	D240	
۲	آزمایش	آماده‌کردن نمونه‌های خاک برای آزمایش	T87	D421	
۳	آزمایش	هیدرومتری (تجزیه ذرات خاک)	T88	D422	
۴	آزمایش	تعیین حد روانی خاک	T89	D4318	
۵	آزمایش	تعیین حد خمیری خاک	T90	D4318	
۶	آزمایش	تعیین انقباض خاک	T92	D427	
۷	آزمایش	حداکثر وزن مخصوص خشک خاک (آشتو استاندارد)	T99	D689	
۸	آزمایش	وزن مخصوص خاک	T100	D854	
۹	آزمایش	تهیه نمونه مرطوب خاک دست‌خورده برای آزمایش	T146		
۱۰	آزمایش	حداکثر وزن مخصوص خشک خاک (آشتو اصلاح‌شده)	T180	D1557	
۱۱	درجا	تعیین وزن مخصوص خاک در محل به روش مخروط ماسه	T191	D1356	
۱۲	آزمایش	آزمایش CBR با تراکم T99 (آشتو استاندارد)	T193		
۱۳	آزمایش	تعیین مقدار مواد آلی در خاک به روش سوزاندن	T194		
۱۴	آزمایش	تعیین مقدار مواد آلی در خاک به روش افت وزنی در اثر حرارت	T267		
۱۵	آزمایش	شناسایی خاک توسط مته نمونه‌گیری	T203	D1452	
۱۶	آزمایش	تعیین وزن مخصوص خاک در محل به روش فرو کردن استوانه	T204	D293	
۱۷	آزمایش	تعیین وزن مخصوص خاک در محل به روش بالون پلاستیکی	T205	D2167	
۱۸	آزمایش	تعیین رطوبت خاک در آزمایشگاه	T265	D2216	BS 1377
۱۹	آزمایش	آزمایش CBR با تراکم T180	-	D1883	
۲۰	آزمایش	تعیین ذرات کوچکتر از الک ۲۰۰ (۷۵ میکرون)	-	D1140	
۲۱	آزمایش	تعیین CBR صحرایی خاک		D4429	
۲۲	ژئوفیزیکی	اندازه‌گیری میدانی مقاومت خاک (مقاومت سطحی)		G57	
۲۳	ژئوفیزیکی	موج مکانیکی با استفاده از شکست لرزه‌ای		D5777	
۲۴	ژئوفیزیکی	روش هدایت الکترومغناطیسی برای شناسایی خاک	FHWA DTFH68-02-P-00083		
۲۵	ژئوفیزیکی	روش رادار نفوذی برای شناسایی خاک	FHWA DTFH68-02-P-00083		
۲۶	درجا	آزمایش افت‌وخیز سنج ضربه‌ای سبک		C131	
۲۷	درجا	آزمایش بارگذاری صفحه		D1194	

۳-۲-۲- تشخیص مناسب‌بودن خاک

شناخت خاک و تشخیص مناسب‌بودن آن نقش بسیار مهمی در انتخاب و طرح روسازی بنادر و نیز روش‌های اجرا دارد. بطوری‌که عدم شناسایی درست نوع خاک می‌تواند منجر به بروز تأثیرات مخرب بویژه در محیط‌های شدید شود. در محوطه‌های بندری، علاوه بر احتمال بالابودن سطح آب زیرزمینی، وجود خاک‌های با قابلیت باربری کم یا خاک‌های حساس به رطوبت یا برخی خاک‌های مسأله‌دار در عمق زیاد، احتمال وجود محوطه‌های استحصال‌شده از رسوبات دریایی و متفاوت‌بودن لایه‌های بستر در نواحی استحصال‌شده وجود دارد. همچنین باید دقت شود که در سازه‌های سبک مانند راه و محوطه‌های روسازی‌شده بر عکس سازه‌های سنگین، تورم خاک بر عملکرد روسازی بسیار تأثیرگذار است. لذا تشخیص نوع خاک در سطح و عمق لازم بسیار ضروری است و باید مطابق روند پیشنهادی و نیز عمق‌های توصیه‌شده، نسبت به ارزیابی و شناخت خاک‌های واقع در محوطه‌های بندری اقدام شود. بمنظور تشخیص مناسب‌بودن خاک لازم است ابتدا نوع و طبقه‌بندی خاک و سایر ویژگی‌های خاک به‌ویژه بررسی‌های زیر انجام و سپس راهکار مناسب با در نظر گرفتن معیارهای فنی و اقتصادی در نظر گرفته شود. مشاور در صورت تشخیص می‌تواند نسبت به ارزیابی و انجام آزمایش‌های تکمیلی نیز اقدام کند. لازم بذکر است که **تشخیص نامناسب بودن مصالح خاکی با نظر مشاور و تصویب کارفرماست.**

۱-۳-۲-۲- طبقه‌بندی خاک

طبقه‌بندی خاک باید بر اساس سیستم **طبقه‌بندی آشتو** (مطابق استاندارد AASHTO-M145 یا استاندارد معادل آن ASTM-D3282) انجام شود. روش **طبقه‌بندی متحد (یونیفاید)** طبق استاندارد ASTM-D2487 یا استفاده از طبقه‌بندی به روش استاندارد ISO 14688، بشرط فراهم‌بودن تجهیزات آزمایش و با تأیید مشاور بلامانع است.

مطابق طبقه‌بندی آشتو، خاک‌ها در گروه‌های اصلی از A-1 تا A-7 قرار می‌گیرند که خاک‌های گروه A-1، A-2، A-3 خاک‌های دانه‌ای هستند که درصد عبوریشان از الک نمره ۲۰۰، کمتر از ۳۵ است. خاک‌هایی که درصد عبوریشان بیشتر از ۳۵ است، در گروه‌های A-4، A-5، A-6 و A-7 قرار می‌گیرند، که اغلب مصالح لای و رس هستند.

کلیه خاک‌هایی که در گروه هفتگانه A1 تا A7 مشخصات M-145 آشتو قرار می‌گیرند، به طور کلی مصالح مناسب و قابل قبول هستند که می‌توان از آن‌ها در عملیات خاکی استفاده کرد.

به طور کلی در مواردی که کاربرد بعضی از گروه خاک‌های مناسب فوق مانند A5، A6، A7 با توجه به شرایط اقلیمی- جوی و نوع آمد و شد محل اجرای طرح، توسط مهندس مشاور مناسب تشخیص داده نشود، پیش‌بینی‌های لازم اجرایی باید در مشخصات فنی خصوصی نسبت به این موارد انجام شود.

۲-۳-۲-۲- بررسی میزان تراکم‌پذیری خاک (Compressibility of Soils)

خاک‌های تراکم‌پذیر نظیر خاک‌های با تراکم بسیار کم، خاک‌های اشباع، معمولاً سیلت، رس و رسوبات آلی آبرفتی، مستعد نشست‌های بزرگ با گذشت زمان هستند که می‌تواند تأثیر مخربی بر عملکرد روسازی داشته باشد. فرورفتگی‌های سطحی می‌تواند به آب اجازه دهند تا بر روی سطح روسازی جمع و با سهولت بیشتری به ساختار روسازی نفوذ کند و خرابی‌های موجود را تشدید کند.

۲-۳-۲-۳- بررسی میزان رُمبندگی یا فروریزندگی خاک (Collapsibility of Soils)

خاک‌های رُمبنده[1] خاک‌هایی از نوع سیلت با چگالی بسیار کم، معمولاً رسوبات آبرفتی یا باد (لس) هستند که در هنگام مرطوب‌شدن، مستعد کاهش ناگهانی حجم هستند. اغلب ساختار ناپایدار آن‌ها توسط موادی مانند رس یا دیگر رسوبات سیمانی به هم متصل می‌شوند که در حالت اشباع، این چسبندگی از بین می‌رود و باعث کاهش چشمگیر حجم می‌شود. میزان رُمبندگی خاک با استفاده از استاندارد ASTM D-5333 انجام می‌شود.

۲-۳-۲-۴- بررسی تورم‌پذیری خاک (Swelling Potential of Soils)

خاک‌های متورم‌شونده[2] خاک‌هایی هستند که حجم آن‌ها در برابر تغییر درصد رطوبت افزایش پیدا می‌کند. خاک-های دارای پتانسیل تورم، نشانه خمیری زیاد و درصد قابل توجهی دانه‌های ریز رس دارند. در این شرایط باید تحقیق و بررسی کامل و کافی بر روی خواص خاک جهت شناخت آن انجام شود. خاک‌های متورم‌شونده بر حسب مقادیر حد روانی، دامنه خمیری و مکش خاک بشرح جدول ۲ طبقه‌بندی می‌شوند.

[1] Collapsible Soils

[2] Swelling Soils

جدول ۲ طبقه‌بندی خاک‌های متورم‌شونده

میزان تورم	حد روانی (درصد)	دامنه خمیری (درصد)	مکش خاک*
زیاد	بیشتر از ۶	بیشتر از ۳۵	بیشتر از ۴
متوسط	۶۰- ۵۰	۳۵- ۲۵	۴- ۱/۵
کم	کمتر از ۵۰	کمتر از ۲۵	کمتر از ۱/۵

*میزان مکش خاک طبق AASHTO T273 آزمایش می‌شود.

توصیه می‌شود که رطوبت خاک‌های متورم‌شونده یک تا دو درصد بیشتر از رطوبت مناسب انتخاب شود.

۵-۳-۲-۲- بررسی حساسیت خاک به یخبندان (Frost Susceptibility of Soils)

خصوصیات خاک‌های حساس در مقابل یخبندان که مصرف آن‌ها در خاکریزی و بستر روسازی موجب تورم و گسیختگی سیستم روسازی می‌شود، بر حسب درصد وزنی بحرانی ذرات کوچک‌تر از ۲۰ میکرون و به تناسب ضریب یکنواختی[1] آن‌ها مطابق جدول ۳ است. ضریب یکنواختی از رابطه (۱-۱) بدست می‌آید.

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \qquad (۱-۱)$$

که در آن d_{60} و d_{10} ابعاد دانه‌هایی هستند که به ترتیب ۶۰ درصد و ۱۰ درصد از مصالح ردشده در آزمایش دانه‌بندی را داشته باشند. چنانچه ضریب یکنواختی خاک بین ۵ و ۱۵ باشد، درصد ذرات کوچک‌تر از ۲۰ میکرون با درون‌یابی خطی محاسبه می‌شود.

جدول ۳ خصوصیات خاک‌های حساس در برابر یخبندان

ضریب یکنواختی C_u	درصد وزنی ذرات کوچکتر از ۲۰ میکرون
۵	۱۰
۱۵	۳

تعویض مصالح حساس در برابر یخبندان در عملیات خاکریزی بستر روسازی و یا در کف ترانشه‌ها، و جایگزینی آن با مصالح غیرحساس باید با توجه به شرایط محیطی پروژه، انجام شود. به عنوان مثال چنانچه یکی از دو عامل دمای زیر صفر یا حضور آب در عمق نفوذ یخبندان در منطقه طرح وجود نداشته باشد مصرف خاک حساس در عملیات

[1] Coefficient of Uniformity, C_u

خاکی بلامانع است، زیرا پدیده تورم و انبساط ناشی از یخبندان در روسازی، با حذف یکی از سه عامل یعنی خاک حساس، دمای زیر صفر و وجود آب در عمق یخبندان، ایجاد نمی‌شود.

۶-۳-۲-۲- بررسی روانگرایی خاک (Soil Liquefaction)

آبگونگی یا روانگرایی پدیده‌ای است که در لایه‌های ماسه‌ای اشباع تحت ارتعاش یا در شرایط زلزله رخ می‌دهد. وقوع این امر در مواقعی که امکان زهکشی وجود نداشته باشد، می‌تواند با از بین‌بردن مقاومت برشی خاک موجب بروز خسارات سنگین شود. گاهی ممکن است روانگرایی خاک با جوشش ماسه[1] همراه باشد. توصیه می‌شود این موضوع مورد بررسی قرار گیرد. پتانسیل وقوع این پدیده باید مطابق راهنمای ارزیابی پتانسیل روانگرایی خاک، پیامدها و روش‌های کاهش مخاطرات آن- نشریه ۵۲۵ سازمان برنامه‌و بودجه کشور بررسی شود.

۷-۳-۲-۲- بررسی میزان سولفات خاک

در بنادر بدلیل رویارویی با آب دریا و وجود یون‌های کلرید و یون‌های سولفات در آب دریاهای شور و آب‌های زیرزمینی مجاور، خاک بستر و روسازی بیشتر در معرض آسیب‌های ناشی از این یون‌ها قرار دارد. خطرناک‌ترین سولفات‌ها، منیزیم سولفات، سدیم و پتاسیم سولفات و کلسیم سولفات هستند. کلسیم سولفات به مقدار کم در آب حل می‌شود، بنابراین مقدار آن نمی‌تواند در آب‌های سطحی یا زیرزمینی از حد معینی تجاوز کند. در حالی‌که قابلیت انحلال سولفات‌های منیزیم، سدیم و پتاسیم به مراتب بیشتر است و اثرات زیان‌بار شدیدتری نسبت به کلسیم سولفات دارند.

در خاک‌های سولفاته، میزان سولفات خاک باید تعیین شود. با توجه به اینکه میزان سولفات خاک در انتخاب روش بهبود و نیز انتخاب نوع روسازی تأثیرگذار است، باید تدابیر لازم به تشخیص مهندس مشاور در این خصوص اتخاذ شود.

- بطورکلی، خاک‌های با سولفات بیشتر از ۰/۵ درصد مناسب تثبیت با آهک نیستند.
- در خاک‌های با سطح سولفات محلول بین ppm ۳۰۰۰ (۰/۳ درصد) و ppm ۸۰۰۰ (۰/۸ درصد) اگر از تثبیت با آهک استفاده می‌شود، باید از دوره عمل‌آوری طولانی‌تر استفاده شود و میزان رطوبت به کاررفته حداقل ۳

[1] Sand boiling

درصد بالای رطوبت بهینه در طول عمل اختلاط باشد. ضمناً این میزان رطوبت باید در طول دوره اختلاط حفظ شود.

- اگر میزان سولفات خاک بیش از ۰/۱ درصد و کمتر از ۰/۲ درصد باشد، در صورت استفاده از روش تثبیت با سیمان، باید از سیمان تیپ دو استفاده شود.
- اگر میزان سولفات خاک بیش از ۰/۲ درصد باشد یا آب‌های زیرزمینی با غلظت یون سولفات بیش از ppm ۱۰۰۰۰ در معرض خاک تثبیت‌شده با سیمان قرار گیرد، باید از سیمان تیپ پنج استفاده شود.
- در تثبیت خاک‌های ریزدانه با سیمان، درصد سولفات نباید بیشتر از ۱ درصد باشد.
- رقیق‌کردن غلظت سولفات از طریق مخلوط‌کردن با خاک‌های بدون سولفات یا حاوی سطح کم سولفات قابل قبول است. این فرآیند ممکن است به کاهش/خنثی‌شدن غلظت سولفات تا سطح قابل قبول کمک کند.
- اندازه‌گیری مقدار یون‌های کلرید (Cl^-) و سولفات (SO_4^{--}) موجود در آب بترتیب با استفاده از استانداردهای ASTM D512 و ASTM D514 انجام می‌شود. همچنین مقدار یون‌های کلرید و سولفات در خاک بترتیب با استفاده از استانداردهای BS812, 1881 و BS1377 انجام می‌شود.

۸-۳-۲-۲- بررسی میزان مواد آلی و نمک در خاک

در این خصوص موارد زیر باید در نظر گرفته شود:

- خاک‌هایی که میزان مواد آلی آن‌ها مطابق استاندارد آشتو T267 از ۱۰ درصد تجاوز کند، نباید به عنوان بستر باشند.
- خاک‌های نمکی و گچی که میزان نمک (کلرید سدیم- NaCl) و یا گچ (4- CaSO) محلول در آب آن‌ها به ترتیب بیش از ۵ و ۱۰ درصد وزنی باشد، قابل استفاده به عنوان بستر نیستند. به طور کلی، با توجه به قابلیت حل‌شدن نمک در آب و نشست احتمالی و نیز تأثیرپذیر بودن آن بر تثبیت و نوع روسازی به ویژه روسازی بتنی، بسته به منطقه و شرایط زهکشی و سطح آب‌های زیرزمینی باید تمهیدات خاص توسط مهندس مشاور در نظر گرفته شود.

۹-۳-۲-۲- آماده‌سازی بستر روسازی

بستر روسازی نهایی باید به نحوی آماده شود که تراکم و مقاومت لازم مطابق با طراحی را داشته باشد. معمولاً بستر روسازی در صورت مناسب‌بودن تا عمق ۱۵ سانتیمتر شخم زده می‌شود. سپس آب‌پاشی و شیب‌بندی و در نهایت طبق مشخصات کوبیده می‌شود تا مقاومت لازم بدست آید. کد ارتفاعی و شیب طولی و عرضی بستر باید مطابق نقشه‌ها باشد. توصیه می‌شود شیب طولی و عرضی نهایی محوطه در سطح بستر روسازی تأمین شود تا در مراحل اجرای لایه‌های روسازی، نیازی به لزوم تغییر ضخامت لایه‌های روسازی برای ترمیم شیب نباشد. بستر تا قبل از اجرای اولین قشر روسازی باید محافظت شود تا تغییری در وضعیت شیب‌های طولی، عرضی، یکنواختی سطح و تراکم مشخصه آن در مقایسه با مشخصات و نقشه‌های اجرایی به وجود نیاید.

۳-۲- کنترل تراز آب‌های زیرزمینی

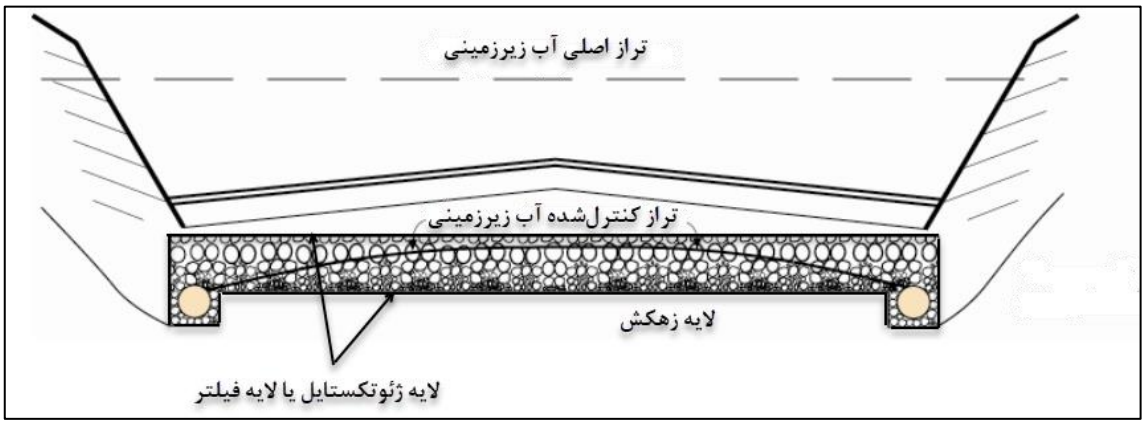
با توجه به احتمال بالابودن تراز آب زیرزمینی در محوطه‌های بندری، بسته به شرایط محیطی و با نظر مهندس مشاور ژئوتکنیک، باید تراز آب زیرزمینی کنترل شود. به طور کلی باید در نظر داشت که تراز آب زیرزمینی نباید در فاصله‌ای کمتر از ۱/۲ متر از بستر روسازی باشد. برای این کار می‌توان:

الف: تراز خط پروژه را با خاکریزی و استفاده از مصالح منتخبِ افزایش داد. دقت شود که مصالح مورد استفاده به هیچ عنوان دارای خاصیت مویینگی نباشند.

ب: سطح ایستابی را، مطابق شکل ۱، با حفر کانال‌های عمیق زهکش در طرفین آن بنحوی که کف کانال پایین‌تر از سطح آب زیرزمینی باشد و نیز اجرای یک لایه با مصالح دارای دانه‌بندی ارائه‌شده در جدول ۴ به ضخامت ۳۰ سانتیمتر به عنوان لایه زهکش و جداکننده پایین آورد. برای جلوگیری از نفوذ ذرات به لایه زهکش، در بالا و پایین لایه زهکش از ژئوتکستایل یا لایه فیلتر مناسب استفاده شود. مشخصات لایه ژئوتکستایل باید مطابق با فصل یازدهم و بیست‌ودوم و دانه‌بندی لایه‌های فیلتر مطابق با فصل یازدهم مشخصات فنی عمومی راه- نشریه ۱۰۱ باشد. ضمناً لایه‌های واقع بر روی لایه زهکش نباید خاصیت مویینگی داشته باشند.

جدول ۴ دانه‌بندی مصالح زهکش

اندازه الک	درصد وزنی مصالح رده شده
۱۲۵ میلیمتر	۱۰۰
۱۹ میلیمتر	۰ تا ۱۵
۱/۱۸ میلیمتر	۰ تا ۵
۷۵ میکرون	کمتر از ۰/۵



شکل ۱ کنترل تراز بالای آب زیرزمینی با حفر کانال عمیق و لایه با مصالح فیلتر

۴-۲- راهکارهای بهبود بستر روسازی

اگرچه مطابق روش طراحی روسازی محوطه‌های بندر در این راهنما، کلیه خاک‌ها با مقاومت‌های مختلف می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند لیکن در مواقعی به دلایل فنی، اجرایی و اقتصادی به ویژه در مواقعی که خاک ضعیف در محدوده تأثیر تنش روسازی (عمق ۱/۵تا ۲ متر) واقع شده باشد، نیاز به تغییر یا بهبود مشخصات خاک موجود است. راهکارهای بهبود یا تغییر خاکِ محوطه‌های بندری در ادامه آورده شده است.

به طور کلی در صورتی‌که هدف بهبود مشخصه مقاومتی خاک موجود واقع در محدوده متأثر از بارگذاری روسازی باشد، در این حالت خاک موجود بهتر است تا عمق ۶۰ سانتیمتر (در لایه‌های ۱۵ تا ۲۰ سانتیمتری) تغییر یا بهبود داده شود. در صورت عدم انجام این کار باید دقت شود که نوع خاک تا عمق ۶۰ سانتیمتر بر مقدار پارامتر طراحی مطابق پیوست شماره ۶ تأثیرگذار خواهد بود.

در صورت بهبود یا تغییر به دلیل یخبندان، باید میزان بهبود یا تغییر خاک با در نظر گرفتن عمق یخبندان انجام شود. برای تعیین عمق یخبندان از راهنمای طراحی روسازی آسفالتی – نشریه ۲۳۴ استفاده شود.

۱-۴-۲- تغییر یا اختلاط با مصالح جدید

اگر خاک موجود مورد تأیید نباشد، می‌توان مصالح مناسب را جایگزین یا خاک موجود را با آن مخلوط کرد به نحوی‌که مشخصات مورد نظر بدست آید. در صورت جایگزین کردن خاک موجود نامناسب با خاک دارای مشخصات فنی تأیید شده، بر اساس مطالعه فنی اقتصادی، باید عمق برداشت خاک موجود با توجه به قابلیت ایجاد سطح بستر روسازی مناسب و قابل قبول از نظر نتایج طراحی روسازی، عمق تأثیرگذاری بار (۱/۵ تا ۲ متر از سطح بستر) و سطح آب زیرزمینی تعیین شود. باید یادآوری شود که مقاومت بستر روسازی برای طراحی به نحوی تعیین می شود که معرف مشخصات خاک بستر تا عمق ۶۰ سانتیمتر زیرین نیز باشد.

در صورت استفاده از قلوه‌سنگ، لازم است برای پرکردن خلل و فرج آن‌ها و قفل‌وبست بهتر، شن و ماسه ریزدانه با حداکثر اندازه ۹/۵ میلیمتر روی قلوه‌سنگ‌ها پخش و تا تراکم مورد نظر کوبیده شود. در این حالت باید فضای خالی قلوه‌ها کاملاً پر شود و یک سانتیمتر شن و ماسه روی تمامی سطوح را بپوشاند. مهندس مشاور باید از عدم نشست لایه اجرا شده و نیز عدم نفوذ مصالح ریزدانه بین قلوه‌سنگ‌ها اطمینان حاصل کند.

برای قلوه‌سنگ‌ها نیز همانند خاک قبل از انتقال به پای‌کار، با توجه به شرایط اقلیمی و تشخیص مهندس مشاور باید حداقل یکبار آزمایش‌های مقاومت مصالح سنگی در برابر عوامل جوی، مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۴۴۹ و میزان جذب آب و تاب مصالح سنگی در برابر یخبندان مطابق استاندارد ملی شماره ۵۷۸ انجام شود.

در صورت اختلاط مصالح موجود با مصالح جدید در ابتدا باید عمق اختلاط بر اساس نتایج طراحی روسازی و نحوه تغییرات لایه بستر روسازی تا عمق ۶۰ سانتیمتری، تعیین و سپس مصالح در یک یا چند مرحله با مصالح جدید مخلوط شوند. در صورت عمق زیاد باید بخشی از خاک طبیعی به خارج از محل منتقل و لایه زیرین با اختلاط با مصالح جدید به مشخصات مورد نظر رسیده و سپس لایه یا لایه‌های بالاتر اجرا شود. باید دقت شود که در هر مرحله، لایه در ضخامت مورد نظر شخم زده شده و سپس مصالح جدید باید به میزان کافی بر روی سطح شخم‌زده اضافه و با مصالح موجود مخلوط شود تا پس از آب‌پاشی، شیب‌بندی و تراکم به مقاومت لازم برسد.

قبل از انتقال مصالح جدید به محل مصرف، تعیین **نوع خاک معدن** بر اساس آزمایش AASHTO M145 برای اطمینان از انطباق نوع خاک مصرفی با مشخصات الزامی است. مشخصات خاک جدید به ازای هر ۲۵۰ مترمکعب باید این آزمایش انجام شود. در صورت تغییر محل تأمین یا خرید مصالح، یا تغییر نوع خاک توصیه می‌شود به تشخیص مشاور، تعداد آزمایش بیشتری انجام شود.

به طور کلی در انتخاب مصالح جدید باید در نظر گرفت که خاک‌های مارنی و رسی که دامنه خمیری آن‌ها بیش از ۵۰ درصد باشد و نیز کلیه خاک‌هایی که حداکثر وزن مخصوص خشک آن‌ها با روش آشتو T180 طریقه D کمتر از ۱/۵۵ تن در متر مکعب باشد، خاک‌های نامناسب هستند.

یکی از چالش‌های موجود در بنادر کشور در خصوص اجرای روسازی‌ها، عدم دسترسی به مصالح سنگی مناسب است. از طرف دیگر، ماسه بادی[1] به عنوان یکی از مصالحی که در بنادر یافت می‌شود، با در نظر گرفتن شرایطی می‌تواند برای تأمین بخشی از این مصالح استفاده شود. ماسه بادی جزو مصالح خاص از نظر تعریف، طبقه‌بندی، ویژگی‌های کارکردی و نوع کاربرد آن در سازه‌ها است. مهمترین ویژگی‌های این نوع مصالح عبارتنداز:

- دانه‌بندی یکنواخت با اندازه معمول ۰/۰۸ تا ۰/۴ میلیمتر، مصالح گرد یا کروی و عمدتاً سیلیسی با وزن مخصوص در محدوده ۲/۴ تا ۲/۸۷ (گرم بر سانتیمتر مکعب)، اختلاف کم بین دانسیته خشک حداقل و حداکثر (بین ۱۶۴۲ تا ۱۷۶۵ کیلوگرم بر مترمکعب) و رطوبت بهینه در محدوده ۱۱ تا ۱۴/۵ درصد.
- برخلاف سایر خاک‌ها، حداقل دانسیته خشک ماسه بادی در رطوبت‌های کم (۲ تا ۴ درصد) اتفاق می‌افتد.
- چسبندگی ماسه بادی صفر و زاویه اصطکاک داخلی آن بین ۳۹ تا ۴۲ درجه است.
- میزان نفوذپذیری ماسه بادی، بالا ($۱۰^{-۴}$ تا $۱۰^{-۲}$ سانتیمتر بر ثانیه) است.
- ماسه بادی در گروه SP یا SP-SM طبقه‌بندی یونیفاید و یا در گروه‌های A1، A2 و یا A3 طبقه‌بندی آشتو قرار می‌گیرد.

ماسه بادی می‌تواند با در نظر گرفتن شرایط زیر در اجرای روسازی‌ها مورد استفاده قرار گیرد:

استفاده از ماسه بادی به عنوان مصالح خاکریز در بستر، با و بدون ترکیب با مصالح دیگر، به شرط تأمین سایر ضوابط این راهنما ممکن است. پیش از کاربرد این مصالح، باید میزان استفاده و نیز نوع و نحوه تثبیت این مصالح، توسط آزمایشگاه مورد تأیید انجام شود.

متداولترین شیوه تثبیت این مصالح تثبیت با سیمان و آهک است، اما از آنجا که این گزینه هزینه‌بر است و نیاز به مقادیر بالای آب دارد، که معمولاً در مناطق دارای ماسه بادی نظیر کویرها و بنادر در تأمین آب مناسب محدودیت وجود دارد، گزینه‌های دیگری نظیر تثبیت با قیر مطرح شده است. اما تثبیت ماسه بادی با قیر به تنهایی گزینه مناسبی

[1] Aeolian sands

نیست و برای افزایش مقاومت و کاهش زمان عمل‌آوری معمولاً باید بهمراه قیر از سیمان و یا آهک هم استفاده کرد. مطالعاتی در خصوص تثبیت ماسه بادی با افزودنی‌ها و یا پسماندهای صنعتی نیز انجام شده است که برخی از آن‌ها نتایج موفقی داشته است.

با توجه به بالابودن میزان رطوبت طبیعی ماسه بادی (۲ تا ۴ درصد) و نیز بیشتر بودن میزان عبوری از الک نمره ۲۰۰ آن نسبت به ماسه استاندارد، استفاده از آن به عنوان بخشی از دانه‌بندی مصالح سنگی صرفاً با حذف رطوبت اضافی قابل انجام است که ممکن است گزینه مناسب و اقتصادی نباشد.

۲-۴-۲- تثبیت خاک

تثبیت خاک بستر یکی از روش‌های بهبود خواص خاک است که می‌تواند ترکیبی از روش‌های فیزیکی و شیمیایی را به منظور تراکم موضعی و یا کلی خاک، تقویت و تسلیح آن، اصلاح خواص خمیری خاک، کنترل میزان زهکشی و کنترل تغییرات حجم خاک در هنگام استفاده، بکار گیرد. برای انتخاب نوع ماده تثبیت‌کننده به تشخیص مهندس مشاور می‌تواند یکی از روش‌های ارائه‌شده در پیوست شماره ۱ استفاده شود.

در هر حال، جزئیات تثبیت خاک و شیوه‌های اجرایی آن باید مطابق راهنماها و استانداردهای معتبر در مشخصات فنی خصوصی پیمان ذکر و با نظارت و تأیید کارفرما انجام شود.

۱-۲-۴-۲- ثبیت خاک با آهک

تأثیر آهک در اختلاط با مصالح در دو مرحله صورت می‌گیرد. در مرحله اول یون‌های کلسیم آهک توسط کانی‌های رسی خاک جذب می‌شود و در نتیجه غشای آب موجود در سطح ذرات کاهش می‌یابد. سپس این ذرات با هم جمع و به اندازه‌های درشت تبدیل می‌شود. مرحله دوم، فرآیند سیمانی‌شدن مخلوط یا واکنش پوزولانی است که بین آهک و آب از یک طرف و سیلیس و آلومین موجود در خاک از سوی دیگر انجام می‌شود که محصول آن آلومینات و سیلیکات کلسیم هیدراته است که مقاومت و دوام قابل ملاحظه‌ای نسبت به خاک معمولی تثبیت‌نشده دارد. واکنش پوزولانی که به کندی انجام می‌گیرد، عمدتاً تابع زمان، درجه حرارت، نوع خاک و رطوبت است. معمولاً درجه حرارت بالا (بیشتر از ۱۶ درجه سانتیگراد) به فرایند سیمانی‌شدن خاک تثبیت‌شده با آهک سرعت می‌بخشد و به همین دلیل اختلاط مصالح با آهک معمولاً در مناطق گرم بکار گرفته می‌شود.

در خصوص تثبیت خاک با آهک باید موارد زیر رعایت شود.

- به طورکلی خاک‌هایی که در طبقه‌بندی متحد در گروه‌های SW-SC، SM، SC، SM-SC، GM-GC، GP-GC، GW-GC، MH، CH-CI، SP-SC و یا در طبقه‌بندی آشتو در گروه‌های A-7، A-6، A-5، A-4 و A-2 قرار دارند، قابلیت تثبیت‌شدن با آهک را دارند.
- آهک اصولاً برای تثبیت خاک‌های ریزدانه که دامنه خمیری آن‌ها بزرگتر از ۱۰ باشد و نیز خاک‌های رسی خیلی خمیری (PI>35) مناسب است.
- خاک‌های با میزان سولفات بیشتر از ۰/۵ درصد برای تثبیت با آهک مناسب نیستند.
- توصیه می‌شود که در مورد تثبیت خاک‌هایی که PH آن‌ها کمتر از ۷ است و یا حاوی مقدار بیش از یک درصد مواد آلی کربن‌دار هستند، از آهک استفاده نشود.
- چنانچه مقاومت فشاری تک‌محوری خاک تثبیت‌شده با آهک که به روش AASHTO T220 اندازه‌گیری می‌شود، ۳/۵ کیلوگرم بر سانتیمترمربع یا بزرگتر از آن، از مقاومت فشاری خاک تثبیت‌نشده (خاک معمولی و بدون آهک) بیشتر باشد، مصالح مذکور با آهک واکنش‌زا است. در غیر اینصورت این مصالح جزو خاک‌های بدون واکنش محسوب می‌شود که صرفنظر از جنس و میزان آهک مصرفی و همچنین نحوه عمل‌آوردن مخلوط خاک و آهک، اگر واکنش پوزولانی انجام نشود، مقاومت لازم برای استفاده از مخلوط به عنوان یک لایه باربر ایجاد نخواهد شد.
- مقدار آهک لازم برای اکثر خاک‌های ریزدانه ۵ تا ۱۰ درصد است. با این‌حال، میزان دقیق درصد آهک مورد نیاز باید مطابق یکی از روش‌های ذکرشده در نشریه ۱۰۱ – مشخصات فنی عمومی راه سازمان برنامه و بودجه کشور (AASHTO T220، روش آزمایش سی‌بی‌آر، آزمایش AASHTO T180 یا روش دامنه خمیری) تعیین شود. ضمناً انتخاب روش طرح اختلاط آهک با مصالح با شرح کامل آزمایش‌های مربوطه با توجه به شرایط ویژه هر پروژه باید در مشخصات فنی خصوصی قید شود.
- اگر هدف از تثبیت، تثبیت لایه‌های روسازی شنی با آهک باشد، مراحل اجرایی باید مطابق پیوست شماره ۲ انجام شود.
- سایر موارد مربوط به تثبیت خاک با آهک باید مطابق ضوابط مشخصات فنی و عمومی راه‌های ایران- نشریه ۱۰۱ و نیز دستورالعمل تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راه‌ها - نشریه ۲۶۸ باشد.

۲-۲-۴-۲- تثبیت با قیر

ضمن اختلاط خاک با قیر، خاصیت چسبندگی قیر باعث اتصال دانه‌ها و ذرات خاک قیر اندودشده به یکدیگر و افزایش مقاومت آن می‌شود. در خصوص تثبیت خاک با قیر باید موارد زیر رعایت شود.

- به طور کلی خاک‌هایی که برای تثبیت بستر روسازی مورد استفاده قرار می‌گیرند، طبق مشخصات ASTM D4223 نباید بیش از ۲۵ درصد مصالح مانده روی الک شماره ۴ داشته باشد. همچنین ارزش ماسه‌ای این مصالح کمتر از ۲۵ درصد نباشد و نیز حاصل‌ضرب دامنه خمیری خاک در درصد رد شده از الک شماره ۲۰۰ از ۶۰ درصد تجاوز نکند.
- از آنجایی‌که اندودکردن دانه‌های ریز با قیر دشوار است، خاک‌های ریزدانه‌ای که فاقد مشخصات فوق‌الذکر باشند، برای تثبیت با قیر مناسب نیستند. در اینگونه موارد ممکن است لازم باشد که با افزودن مقدار کمی سیمان یا آهک به خاک خواص خمیری آن اصلاح شود و پس از انجام ارزیابی‌های لازم و در صورت مناسب بودن خاک برای تثبیت با قیر نسبت به تثبیت آن با قیر اقدام شود.
- تثبیت خاک با کف‌قیر هم مجاز است. کف‌قیر حاصل افزودن آب سرد به قیر داغ در یک مخزن تحت فشار کم است که در نتیجه بخارشدن آب و در نتیجه کف‌کردن قیر و افزایش سریع حجم آن تولید می‌شود. در این فرآیند هیچ‌گونه فعل‌وانفعال شیمیایی اتفاق نمی‌افتد بلکه خصوصیات فیزیکی قیر تغییر و کندروانی آن به طور موقت و برای چند دقیقه به شدت کاهش پیدا می‌کند. کف‌قیر قابلیت اختلاط با مصالح سرد و مرطوب را دارد.

۲-۲-۴-۳- تثبیت خاک با سیمان

بطور کلی، هر خاکی که حاوی کمتر از ۲ درصد مواد آلی بوده و مقدار سولفات قابل حل در آب آن از مقادیر مشخص‌شده تجاوز نکند، قابلیت تثبیت‌شدن با سیمان پرتلند را دارد. مقاومت خاک‌های تثبیت شده با سیمان در اثر مرور زمان افزایش می یابد. این افزایش مقاومت در روزهای اول با سرعت بیشتری انجام می‌شود و سپس با گذشت زمان از سرعت ازدیاد مقاومت خاک تثبیت‌شده کاسته می‌شود.

در خصوص تثبیت خاک با سیمان باید موارد زیر رعایت شود.

- بطور کلی چنانچه دامنه خمیری خاک بیشتر از ۳۰ باشد عمل اختلاط خاک با سیمان دشوار بوده و تثبیت بخوبی انجام نمی‌گیرد. در اینگونه موارد چنانچه تثبیت خاک با سیمان همچنان مد نظر باشد، بهتر است که برای پائین آوردن خواص خمیری خاک ابتدا از آهک و سپس از سیمان برای تثبیت خاک استفاده شود.
- درصد رطوبت خاک تثبیت‌شده با سیمان در کارگاه با روش AASHTO T239 یا ASTM D 2216 و یا روش هسته‌ای ASTM D3017 انجام می‌شود.
- تعیین درصد سیمان مورد نیاز برای تثبیت خاک باید مطابق دستورالعمل تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راه‌ها - نشریه ۲۶۸ تعیین شود.
- وزن مخصوص خاک‌های تثبیت‌شده با سیمان را می‌توان با استفاده از روش ماسه (AASHTO T191 یا ASTM D1556)، روش بادکنک (AASHTO T205 یا ASTM D2167) و یا هسته‌ای (AASHTO T238 یا ASTM D2922) تعیین نمود. حداقل وزن مخصوص تعیین‌شده برای خاک بستر راه بستگی به نوع راه و همچنین نوع مصالح دارد و برابر با ۹۵ تا ۱۰۰ درصد حداکثر وزن مخصوص طرح که به روش ASTM D558 یا ASTM D1557 بدست می‌آید، تعیین می‌شود.
- سایر موارد مربوط به تثبیت خاک با سیمان باید مطابق ضوابط مشخصات فنی و عمومی راه‌های ایران- نشریه ۱۰۱ و نیز دستورالعمل تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راه‌ها - نشریه ۲۶۸ باشد.

۴-۲-۴-۲- تثبیت خاک با ترکیبی از مواد تثبیت‌کننده

اکثر خاک‌های موجود در طبیعت را می توان با آهک یا سیمان تثبیت نمود. لیکن اگر خاکی از نوع بدون واکنش باشد، صرفنظر از جنس و درصد آهک مصرفی و سایر عوامل مؤثر بر واکنش پوزولانی، افزایش مقاومت قابل توجهی در خاک تثبیت‌شده با آهک ایجاد نخواهد شد. از طرفی برای خاک‌های خیلی خمیری و چسبنده که دامنه خمیری آنها بیشتر از ۳۰ است نمی‌توان مستقیماً از سیمان برای افزایش مقاومت آن‌ها استفاده نمود. در اینگونه موارد ممکن است که از آهک بعنوان یک پیش تثبیت‌کننده برای کاهش خواص خمیری خاک استفاده شود و پس از اصلاح خواص خمیری خاک، سیمان برای افزایش مقاومت مخلوط بکار گرفته شود. کلیه خاک‌هایی که عاری از مواد آلی و شیمیایی و همچنین حاوی کمتر ۰/۱ درصد سولفات باشند و پس از اصلاح با آهک دارای دامنه خمیری کمتر از ۳۰ باشند برای تثبیت مرکب با آهک و سیمان مناسب هستند.

همچنین در خصوص تثبیت با قیر، وجود رطوبت در مصالح سنگی باعث می‌شود که مخلوط قیری از دوام و سختی نسبی کمتری برخوردار باشد. یکی از راهکارهای مناسب برای آنکه اندود قیری بهتر به مصالح سنگی بچسبد و از اثر منفی رطوبت بر مخلوط قیری کاسته شود، شستشوی مصالح سنگی با محلول دوغاب آهک حاوی یک درصد آهک و خشک‌کردن متعاقب آن است. کلیه خاک‌هایی که پس از اصلاح با آهک دارای دامنه خمیری کمتر از ۶ و همچنین حاصل‌ضرب دامنه خمیری و در صد عبوری از الک شماره ۲۰۰ آنها کمتر از ۶۰ باشد، برای تثبیت مرکب با آهک و قیرآبه مناسب هستند. در این مواقع اگر سرعت در رسیدن به مقاومت مخلوط مورد نظر باشد، از سیمان بجای آهک استفاده می‌شود.

۳-۴-۲- اصلاح خاک با استفاده از ژئوسنتتیک‌ها

ژئوسنتتیک‌ها[1] محصولات مسطحی از جنس پلیمر هستند که در پروژه‌های عمرانی به همراه مصالح خاکی، سنگی یا در بستر روسازی بکار می‌روند. انواع متداول ژئوسنتتیک‌ها عبارتنداز ژئوتکستایل‌ها، ژئوگریدها، ژئوممبرین‌ها، ژئونت-ها، ژئوسل‌ها، ژئوپایپ‌ها و ژئوکمپوزیت‌ها[2] که دو نوع اول، در راه‌سازی از کاربرد بیشتری برخوردار هستند. ژئوسنتتیک-ها عموماً دارای شش عملکرد اصلی هستند: فیلتراسیون، زهکشی، جداسازی، تسلیح، آب‌بندی و حفاظت. مشخصات فنی- عمومی، نحوه اجرا و کنترل کیفیت استفاده از ژئوسنتتیک‌ها باید مطابق فصل ۲۲ مشخصات فنی عمومی راه-نشریه ۱۰۱ باشد.

۴-۴-۲- لایه‌های با مصالح سبک

یکی از مشکلات استفاده از لایه‌های جایگزین با خاک موجود، نشست خاک به دلیل بالابودن وزن مصالح جایگزین نسبت به خاک موجود است. در این حالت راهکار جایگزین آن، استفاده از مصالح سبک پیشنهاد می‌شود. استفاده از مصالح سبک علاوه بر کاهش ریسک ناشی از نشست احتمالی، می‌تواند باعث بهبود مشخصات هم شود. در جدول ۵ نمونه‌هایی از این مصالح ارائه شده است. لازم به ذکر است در صورت استفاده از این‌گونه روش‌ها، باید حداقل یک لایه از مصالح سنگ‌دانه‌ای بر روی آن قرار گیرد. همچین ظرفیت باربری حاصل، بر اساس روش طراحی پیشنهادی تعیین و در تعیین ضخامت روسازی استفاده شود.

---

[1] Geosynthetics

[2] Geotextiles, Geogrids, Geomembranes, Geonets, Geocells, Geopipes, Geocomposites

جدول ۵ مصالح سبک قابل استفاده در لایه‌های خاک بستر و وزن مخصوص آن‌ها

نوع خاکریز	محدوده چگالی (kg/m^3)	محدوده وزن مخصوص
ژئوفوم (Geofoam (EPS))	۱۲ تا ۳۲	۰,۰۱ تا ۰,۰۳
بتن کفی-بتن اسفنجی (Foamed Concrete)	۳۲۰ تا ۹۷۰	۰,۳ تا ۰,۸
الیاف چوب (Wood Fiber)	۵۵۰ تا ۹۶۰	۰,۶ تا ۱
لاستیک‌های خرد شده (Shredded Tires)	۶۰۰ تا ۹۰۰	۰,۶ تا ۰,۹
شیل و رس منبسط شده (Expanded Shale And Clay)	۶۰۰ تا ۱۰۴۰	۰,۶ تا ۱
خاکستر بادی	۱۱۲۰ تا ۱۴۴۰	۱,۱ تا ۱,۴
سرباره کوره (Boiler Slag)	۱۰۰۰ تا ۱۶۵۰	۱ تا ۱,۸
سرباره سرد شده با هوا (Air-Cooled Slag)	۱۱۰۰ تا ۱۵۰۰	۱,۱ تا ۱,۵

۵-۲- پارامتر طراحی بستر

برای طراحی، مقاومت بستر آماده‌شده (بستر موجود یا بهبود یافته) بر حسب CBR آزمایشگاهی تعیین‌شده با روش ASTM-D1883 و یا CBR بدست‌آمده از ضریب برجهندگی تعیین‌شده با روش آشتو T-307 در رطوبت موردنظر، تعیین می‌شود. همچنین استفاده از ضریب عکس‌العمل بستر و تبدیل آن به CBR مجاز است.

مقاومت بستر روسازی باید حداقل معرف شصت سانتیمتر از خاک بستر و لایه‌های زیرین آن باشد. در صورت متفاوت‌بودن نوع خاک در عمق و یا در محوطه، باید مقاومت طراحی بر اساس پیوست شماره ۵ تهیه شود. در روش پیشنهادی، داده‌های خارج از محدوده حذف و مقدار مقاومت طراحی بر اساس پراکندگی داده‌ها انتخاب می‌شود.

تعداد نمونه‌ها برای طراحی یک نوع روسازی در یک محوطه نباید کمتر از ۶ باشد. در معابر، این تعداد باید مطابق آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران- نشریه ۲۳۴ و دستورالعمل طراحی، اجرا و نگهداری روسازی بتنی - نشریه ۷۳۱ باشد.

۳

معرفی انواع روسازی‌های بنادر

۳- معرفی انواع روسازی‌های بنادر

۳-۱- مقدمه

انتخاب نوع روسازی در یک پروژه خاص، مستلزم وجود اطلاعات لازم برای مقایسه اصولی بین گزینه‌های مطرح است. تعیین معیارهای ارزیابی مقایسه‌ای با استفاده از اطلاعات موجود ضرورت دارد، چرا که ضمن ایجاد رقابت برای صنایع کلیدی مانند صنعت سیمان و نفت، باعث تعدیل و حتی کاهش هزینه تمام‌شده راه‌ها شود. بعبارت دیگر مقایسه فنی و اقتصادی این امکان را فراهم می‌کند که گزینه با هزینه کمتر در طول چرخه عمر و یا احتمالاً گزینه‌ای با هزینه اندکی بیشتر ولی با شرایط فنی و مهندسی قابل توجیه، انتخاب شود. اما در بنادر، عوامل تأثیرگذار در انتخاب نوع روسازی متنوع‌تر است. بنادر اغلب بر روی زمین‌های بازسازی‌شده و با بستر ضعیف احداث می‌شود. از طرفی دامنه وسیعی از وسایل‌نقلیه سنگین بر روی آن‌ها تردد و یا تخلیه و بارگیری می‌کند. بنابراین روسازی بنادر با بستر خاک ضعیف‌تر، بارهای متنوع‌تر و عموماً سنگین‌تری را نسبت به روسازی‌های معمولی تحمل می‌کند، از اینرو انتخاب نوع روسازی بنادر حائز اهمیت ویژه‌ای است.

۳-۲- عوامل مؤثر در انتخاب نوع روسازی بنادر

مهمترین عوامل مؤثر در انتخاب نوع روسازی بدین شرح است:

- هزینه ساخت روسازی
- هزینه تعمیر و نگهداری روسازی
- ایمنی زیاد
- عمر مفید طرح
- نوع ترافیک، سرعت تجهیزات، بار چرخ‌ها، نوع لاستیک‌ها، فشار تماس وارده به روسازی، تکرار بارگذاری و بارهای عبوری از محورهای معین
- میزان و نوع بارهای استاتیک نقطه‌ای
- بارهای ضربه‌ای
- کاربری و نحوه بهره‌برداری بنادر

- مواد آلاینده در تماس با سطح روسازی مانند روغن‌های هیدرولیک و نمک‌های یخزا
- مقاومت بستر و تراز آب‌های زیرزمینی
- پیش‌بینی نشست‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت بستر
- شرایط آب و هوایی، میزان بارندگی درجه حرارت و یخبندان
- پیش‌بینی توسعه آینده
- امکان استفاده از مصالح محلی موجود در محدوده طرح
- شیب مجاز در جهات مختلف برای استفاده تجهیزات و استقرار بارهای طبقاتی و هدایت آب‌های سطحی
- مدت اجرای قابل قبول
- خصوصیات سطح نهایی از قبیل هموار‌ی، پرداخت، تمیزی، خشک بودن، غیر لغزنده بودن و افقی بودن

در نظر گرفتن مجموعه عوامل فوق در انتخاب و طرح روسازی، می‌تواند به ایجاد یک روسازی مقاوم با کارایی مطلوب و حداکثر بازده مورد نیاز بهره‌برداری بیانجامد که حداقل هزینه تعمیر و نگهداری در طول بهره‌برداری را بطلبد. لازم بذکر است که هر روسازی ارزان‌قیمت لزوماً یک روسازی اقتصادی نیست؛ چرا که ممکن است هزینه احداث اولیه کم، هزینه‌های تعمیر و نگهداری و بازسازی بیشتر از هزینه‌های احداث اولیه را موجب می‌شود.

۳-۳-انواع روسازی‌های متداول بنادر

بطور کلی از نظر ساختاری و مصالح تشکیل‌دهنده روسازی، انواع روسازی‌ها در بنادر و محوطه‌های بندری قابلیت استفاده دارند. روش طراحی این راهنما نیز برای تمام ساختارهای روسازی پیشنهادی قابل استفاده است. اما پنج نوع روسازی اصلی، به عنوان روسازی‌های متداول در بنادر، در این راهنما مورد توجه قرار گرفته است.

۱-۳-۳- روسازی آسفالتی

روسازی آسفالتی از ترکیب قیر و مصالح دانه‌ای به عنوان بتن آسفالتی و لایه‌های غیرچسبنده ساخته می‌شوند. معمولاً روسازی‌های آسفالتی متداول از لایه‌های زیر تشکیل می‌شود:

- **لایه آسفالتی:** معمولاً مخلوط‌های آسفالتی در روسازی‌های انعطاف‌پذیر در چندین لایه اجرا می‌شوند. این لایه‌ها، بالاترین لایه‌های روسازی و معمولاً از جنس مخلوط آسفالتی داغ[1] است. دلیل استفاده از چند لایه این است که اولاً توان باربری روسازی از طریق افزایش ضخامت لایه آسفالت بالا رود و دوماً به لحاظ اجرایی تراکم آسفالت با ضخامت بالا در یک لایه ممکن نیست. لایه رویه باید قابلیت مقابله با شرایط جوی، تأمین اصطکاک سطحی مورد نیاز و تحمل بار وارده را داشته باشد. همچنین این لایه باید در برابر آب غیر قابل نفوذ باشد و بتواند آب‌های سطحی را به کناره‌ها هدایت نماید. لایه پایین‌تر معمولاً از مصالح درشت‌دانه‌تر نسبت به رویه و با درصد قیر کمتر ساخته می‌شود.
- **لایه اساس و زیراساس:** اساس و زیر اساس، لایه‌هایی از مصالح هستند که در زیر لایه رویه یا بیندر قرار می‌گیرند. این لایه‌ها از سنگ شکسته، مصالح رودخانه‌ای شکسته یا لایه‌های تثبیتی تهیه می‌شوند. لایه اساس یا لایه بالایی از مصالح مرغوب‌تر و لایه پایینی یا زیر اساس از مصالح با کیفیت پایین‌تر و ارزان‌تر انتخاب می‌شود.
- **بستر:** بستر[2] روسازی راه سطح آخرین لایه متراکم‌شده خاکریزها، خاکبرداری‌ها و یا زمین طبیعی موجود و یا اصلاح شده است. این بستر طبق مشخصات و شرایط تعیین‌شده آماده می‌شود و سپس اولین قشر روسازی راه روی آن قرار می‌گیرد. بستر روسازی که نهایتاً پی روسازی راه محسوب می‌شود کلیه بارهای وارده ناشی از جسم روسازی و وسایل‌نقلیه روی آن را تحمل می‌کند.

روسازی‌های آسفالتی با ضخامت و جزئیات اجراشده در بزرگراه‌ها و یا حتی در فرودگاه‌ها جوابگوی بارهای وارده از طرف چرخ تجهیزات جابجایی کانتینر و کالا در بنادر نیست و در صورت تمایل به اجرای این نوع روسازی باید تمهیدات خاص در طراحی و اجرای آن در نظر گرفته شود. روسازی‌های آسفالتی را می‌توان به صورت یک لایه تمام آسفالتی و یا همراه با لایه‌هایی از مصالح سنگی با دانه‌بندی مرغوب اجرا کرد. روسازی‌های یک لایه‌ای تمام آسفالته به دلیل هزینه اجرای زیاد، کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. از طرفی اراضی بنادر در حاشیه دریا و رودخانه، دارای رقوم پایین و سطح آب زیرزمینی بالا هستند و از ارزش باربری مهندسی کمی برخوردارند. از اینرو اجرای لایه‌های سنگدانه‌ای

[1] Hot Mix Asphalt (HMA)

[2] Subgrade

مانند زیر اساس و اساس برای افزایش مقاومت بستر و نیز افزایش رقوم محوطه بمنظور جمع‌آوری و هدایت آب‌های سطحی ضروری است.

۲-۳-۳- روسازی بتنی

روسازی‌های بتنی در گروه روسازی‌های صلب و غیر قابل انعطاف طبقه‌بندی می‌شود. در این نوع روسازی‌ها مقاومت و کیفیت قشر بتنی عامل تعیین‌کننده توان باربری رویه است و تغییرات مقاومتی خاک بستر روسازی نقش کمتری دارد. روسازی بتنی اغلب بر روی لایه زیر اساس[۱] اجرا می‌شود، در شرایطی که خاک بستر روسازی از کیفیت مقاومتی مطلوبی برخوردار بوده و ترافیک، سنگین و یا خیلی سنگین نباشد، روسازی بتنی می‌تواند روی لایه بستر اجرا شود. در موارد خاص که توسط طراح یا مراجع ذی‌صلاح تشخیص داده شود، روسازی بتنی را می‌توان روی لایه اساس[۲] اجرا کرد که بایستی الزامات و مستندات کافی برای لزوم این امر وجود داشته باشد.

یکی از محدودیت‌های روسازی‌های بتنی وجود درز و ترک در آن‌ها و مشکلات ناشی از آن برای رانندگی است. درز و ترک‌های گسیخته‌شده روسازی‌های بتنی در محوطه‌های پارکینگ و محوطه‌های بندری نسبت به روسازی راه و بزرگراه دردسر ساز نیست، چرا که عبور ترافیک در این محوطه‌ها به آرامی انجام می‌شود.

انواع اصلی روسازی‌های بتنی عبارتنداز: روسازی‌های بتنی ساده درزدار[۳]، روسازی‌های بتنی مسلح درزدار[۴]، روسازی-های بتنی مسلح پیوسته[۵] و روسازی‌های بتنی از نوع پیش‌تنیده[۶]. در شکل ۲ شماتیکی از این چهار نوع اصلی روسازی بتنی نشان داده شده است. انواع دیگری از روسازی بتنی نیز وجود دارند که به علت محدودیت کاربرد (مانند روسازی بتنی نفوذپذیر[۷] که برای زهکشی سطحی روسازی کاربرد دارد)، روش ساخت (مانند روسازی بتن پیش‌ساخته[۸]) یا نوع مواد افزودنی (مانند روسازی‌های بتنی حاوی گوگرد یا الیاف) به عنوان انواع فرعی روسازی بتنی محسوب می‌شوند.

---

[1] Subbase

[2] Base

[3] Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP)

[4] Jointed Reinforced Concrete Pavement (JRCP)

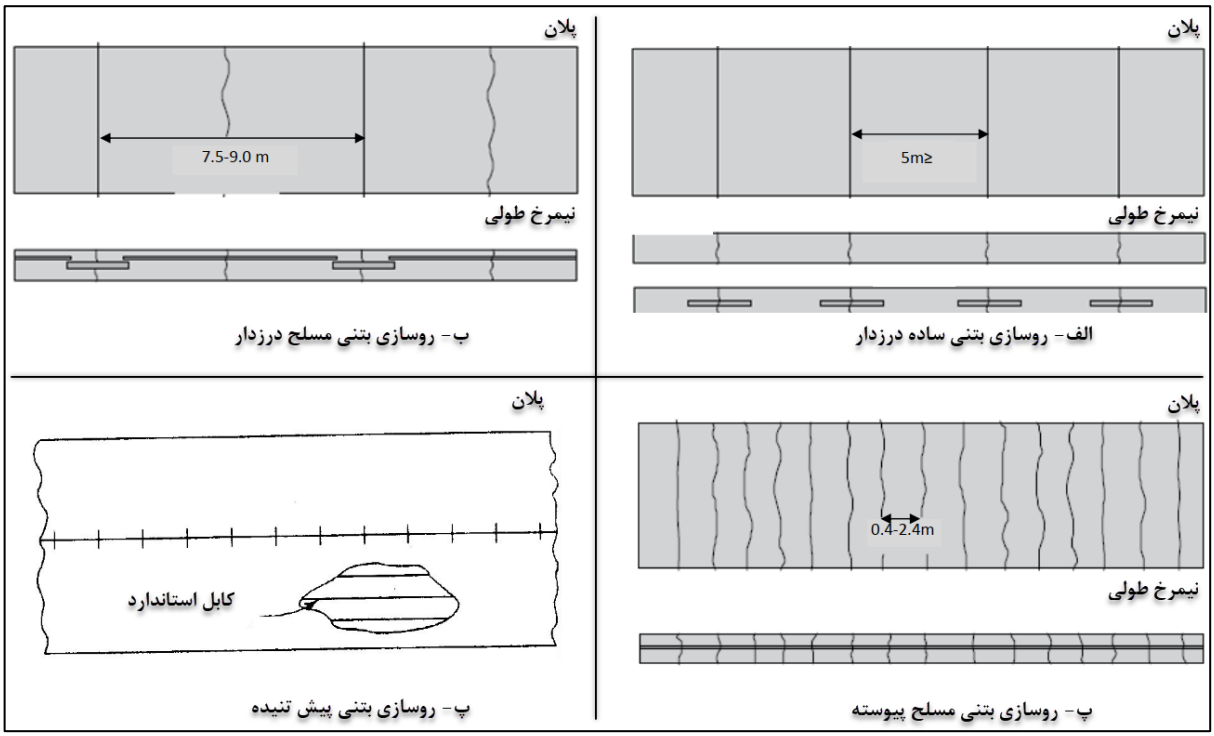
[5] Continuous Reinforced Concrete Pavement (CRCP)

[6] Prestressed Concrete Pavement (PCP)

[7] Pervious Concrete or Porous Concrete

[8] Precast Concrete Pavement

روسازی‌های بلوکی بتنی و بتن غلتکی نیز همانطور که از نامشان پیداست، از نوع روسازی‌های بتنی هستند که چون در بنادر مورد توجه‌اند، بصورت مجزا بررسی شده‌اند.



شکل ۲ چهار نوع اصلی روسازی بتنی

۳-۳-۳- روسازی بلوکی بتنی

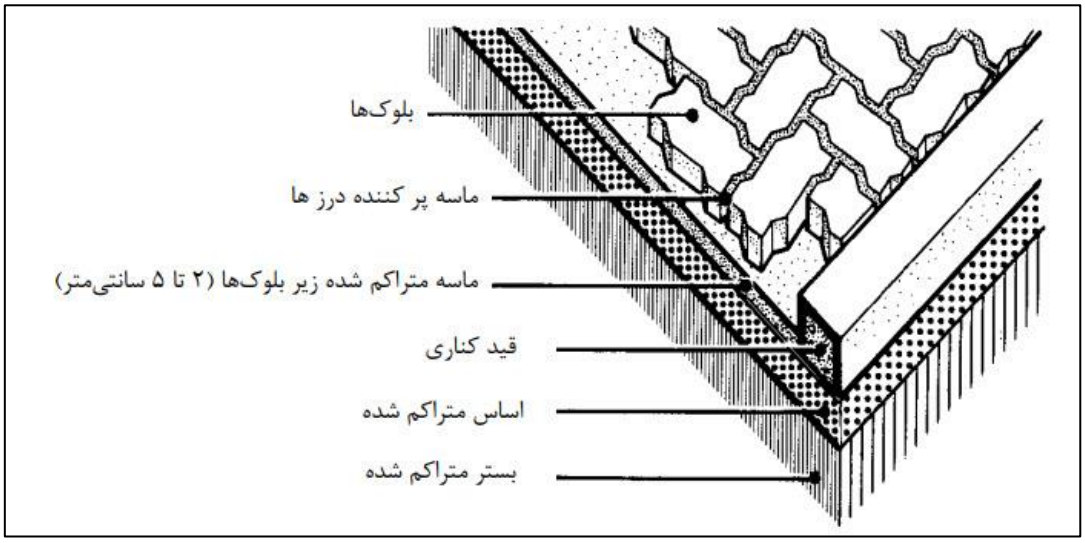
روسازی بلوکی بتنی[1] از تعداد زیادی بلوک بر روی یک لایه اساس ماسه‌ای و یک بستر از پیش‌آماده، تشکیل شده است. از این روسازی برای ترمینال بندری، اولین بار در بندر روتردام[2] در سال ۱۹۷۱ استفاده شد. روسازی بلوکی بتنی برای ترمینال‌های بندری، یک نوع روسازی مطلوب محسوب می‌شود، چرا که همزمان ترکیبی از دوام روسازی‌های بتنی و انعطاف‌پذیری روسازی‌های آسفالتی را دارد. در حدود ۳۰ درصد از روسازی‌های بلوکی بتنی دنیا در بنادر و مناطق صنعتی استفاده شده است.

جزئیات روسازی بلوکی بتنی به جز بلوک‌ها و لایه ماسه زیر آن، مشابه روسازی‌های انعطاف‌پذیر است. ابتدا لایه‌های زیر اساس و اساس اجرا می‌شود. سپس یک لایه از ماسه نرم غیرمتراکم (ماسه بادی) روی سطح پخش و شمشه‌کشی

[1] Concrete Block Paving (CBP)

[2] Rotterdam

می‌شود. در مرحله بعد بلوک‌ها روی لایه ماسه نرم قرار می‌گیرد و متراکم می‌شود. عملیات تراکم تا استقرار کامل بلوک در ماسه و ورود ماسه به درز بلوک‌ها ادامه پیدا می‌کند. در شکل ۳ اجزای اصلی روسازی بلوکی بتنی نشان داده شده است.



شکل ۳ اجزای تشکیل‌دهنده روسازی بلوکی بتنی

۴-۳-۳- روسازی بتن غلتکی

در روسازی بتن غلتکی[1]، از بتن با نسبت آب به سیمان پایین و با اسلامپ صفر استفاده می‌شود، بطوری‌که پس از پخش با فینیشر، با استفاده از غلتک‌های فلزی سنگین قابل تراکم باشد. از نظر پارامترهای فنی و مهندسی، روسازی بتن غلتکی مشابه روسازی‌های بتنی متداول است. تفاوت اصلی این روسازی، کم‌بودن میزان جمع‌شدگی بدلیل پایین-بودن نسبت آب به سیمان در این روسازی است. این روسازی بصورت ساده، بدون میلگرد انتقال بار و غیرمسلح است.

بدلیل مشکلاتی که در اجرای روسازی بتن غلتکی وجود دارد، دستیابی به سطح راه راحت و مناسب برای رانندگی مشکل است، از اینرو استفاده از این نوع روسازی برای راه‌های با سرعت بالا مناسب نیست. از طرف دیگر برای راه‌های با ترافیک وسایل‌نقلیه سنگین و با سرعت کم، محوطه کارخانه‌ها، محوطه‌های فرودگاه و بنادر، پارکینگ‌های وسایل‌نقلیه سنگین و محوطه پایانه‌ها گزینه مناسبی است. ارزان‌بودن این نوع روسازی، اجرای آسان و سریع و مقاومت آن در برابر مواد روغنی از یک طرف و عدم نیاز به سطحی کاملاً هموار برای رانندگی با سرعت بالا در برخی از محوطه‌های بندری از طرف دیگر، استفاده از روسازی بتن غلتکی در بنادر را جذاب کرده است.

[1] Roller Compacted Concrete Pavement (RCC)

۵-۳-۳- روسازی شنی

روسازی شنی[1] روی بستر تثبیت‌شده و لایه‌های زیرین قرار می‌گیرد. پوشش نهایی این نوع روسازی، با مصالح دانه‌ای تأمین می‌شود. کاربرد این روسازی در باراندازهای خاص از قبیل پارکینگ ماشین‌آلات اسقاطی و انبارهای ضایعات است. در صورت اجرای لایه‌های مقاوم زیر اساس همراه با بستر ثبیت‌شده، می‌توان از این روسازی در باراندازهای بارهای سنگین از قبیل رول‌ورق و شمش‌های فولادی استفاده کرد. همچنین، در صورت ضرورت بهره‌برداری سریع و عدم دسترسی به منابع مالی در کوتاه‌مدت و یا نیاز به نگهداری کالاهای آسیب‌رسان به روسازی، می‌توان از روسازی شنی استفاده کرد. در اینصورت، اجرای بستر تثبیت‌شده مقاوم و نیز لایه‌های زیر اساس بهسازی‌شده با آهک، قیر و سیمان در افزایش باربری روسازی و جلوگیری از خرابی‌های زود هنگام مؤثر است.

در محوطه‌های کانتینری بدلیل وجود بارهای سنگین چرخ تجهیزات و نشست روسازی، از روسازی شنی استفاده نمی‌شود. دلیل دیگر عدم استفاده از این روسازی در این محوطه‌ها، این است که دانه‌های شنی به حفره پایه‌های کانتینرها و از آن طریق به کشتی وارد می‌شود که نارضایتی بهره‌برداران را در پی دارد. همچنین استقرار کانتینر روی بستر شنی و تماس مستقیم با خاک در مجاور رطوبت، موجب زنگ‌زدگی کانتینرها می‌شود. اما نوعی از روسازی‌های شنی موسوم به روسازی شنی با فنداسیون ویژه[2] برای محوطه‌های کانتینری بسیار مناسب است. این سیستم شامل نوارهای بتنی با فاصله مشخص از هم است که فاصله بین نوارها با روسازی شنی پوشانده شده است و دو طرف کانتینر روی سکوهای بتنی قرار می‌گیرد.

البته تجارب مشابهی در بنادر داخلی کشور، با استفاده از بالشتک بتنی به عنوان نشیمن‌گاه کانتینر در محوطه‌های آسفالتی، وجود داشته که چندان موفق نبوده است. لازم بذکر است که روسازی شنی (یا آسفالتی) با فنداسیون ویژه برای محوطه‌های کانتینری که از تجهیزاتی نظیر گانتری‌کرین برای جاجایی کانتینرها استفاده می‌کنند، مناسب است. در صورتی‌که تجهیزات جابجایی کانتینرها از نوع ریچ‌استکر، لیفتراک، سایدلودر و نظایر آن باشد، بدلایل اپراتوری و نیاز این دستگاه‌ها به فضای گردش مناسب، روسازی مذکور چندان مناسب نیست. در جدول ۶ روسازی‌های متداول بنادر، از نظر عملکردی و دامنه کاربرد با هم مقایسه شده است.

---

[1] Gravel Beds

[2] Gravel bed between supporting foundations

جدول ۶ مقایسه عملکردی انواع روسازی‌های بنادر

نوع روسازی	مزایا	معایب
آسفالتی	• اجرای آسان و سریع • تعمیر و نگهداری سریع و آسان • زمان کافی برای برنامه تعمیر و نگهداری • قابلیت استفاده از روکش مجدد در صورت عدم وجود خرابی‌های سازه‌ای • عدم شکست کامل روسازی بلافاصله بعد از بروز خرابی خستگی، شکست	• احتمال بالای خرابی شیارشدگی در مواجهه با بارهای سنگین • کارایی کم در دماهای بالا • پتانسیل بالای ایجاد خرابی موضعی در زیر بارهای گوشه کانتینری • آسیب‌پذیری در معرض مواد روغنی (البته تا حدودی با استفاده از قیرهای اصلاح‌شده این مشکل قابل تقلیل است) • احتمال بالای خرابی‌های هلالی‌شکل در تقاطعات و محل ترمز وسایل‌نقلیه
روسازی بتنی	• مقاومت بالا در برابر شیارشدگی • مقاومت مناسب در دماهای بالا • مقاوم در برابر مواد روغنی • مقاومت مناسب در برابر خراشیدگی (مناسب برای گردش‌های وسایل سنگین) • بهبود مقاومت در برابر ضربه با افزودن رشته-های فلزی • امکان بهسازی با استفاده از روکش آسفالتی یا بلوکی بتنی • طولانی بودن دوره قبل از نیاز به روکش • طولانی بودن دوره قبل از نیاز به تعمیر اساسی • امکان بارگذاری طبقاتی (چیدمان طبقات کانتینر روی هم)	• طولانی‌بودن زمان اجرا (شامل دوره‌های عمل‌آوری) • نیاز به نگهداری درزها در بازه‌های زمانی ۲ تا ۵ ساله • لزوم به پرکردن یا تعمیر تمام ترک‌ها • زمان‌بر و هزینه‌بر بودن تعمیرات جزئی • لزوم ساخت مجدد در صورت ایجاد شکست یا خرابی اساسی
بلوکی بتنی	• مقاوم در برابر مواد روغنی • مقاومت مناسب در برابر خراشیدگی (مناسب برای گردش‌های وسایل سنگین) • مقاومت مناسب در دماهای بالا • طولانی بودن دوره قبل از نیاز به روکش • مقاومت بالا در برابر فشارهای وارده • حداقل زمان لازم برای تعمیر و نگهداری • امکان بارگذاری طبقاتی (چیدمان طبقات کانتینر روی هم) • رفع آسیب‌دیدگی‌ها با جایگزین کردن بلوک-های جدید	• اجرای طولانی‌تر نسبت به بتن آسفالتی • نیازمند بازرسی و نگهداری منظم • نیازمند اجرای لایه‌های روسازی آب‌بند برای جلوگیری از نفوذ آب‌های سطحی به بدنه روسازی • احتمال بروز نشست نامتقارن و تشدید نفوذ آب لایه-های روسازی • نیازمند اجرای مجدد بندکشی بعد از عمر بهره‌برداری اول

ادامه جدول ۶ مقایسه عملکردی انواع روسازی‌های بنادر

نوع روسازی	مزایا	معایب
بتن غلتکی	• ارزان‌تر نسبت به روسازی بتنی متداول • عدم نیاز به میلگرد • عدم نیاز به تجهیزات ویژه برای ساخت • اجرای آسان و سریع • مقاومت مناسب در دماهای بالا • مقاومت بالا در برابر شیارشدگی • مقاوم در برابر مواد روغنی • مقاومت مناسب در برابر خراشیدگی (مناسب برای گردش‌های وسایل سنگین) • امکان بهسازی با استفاده از روکش آسفالتی یا بلوکی بتنی • طولانی بودن دوره قبل از نیاز به روکش • طولانی بودن دوره قبل از نیاز به تعمیر اساسی	• در صورت پرشدن درزها، نیاز به نگهداری درزها (بازه‌های زمانی ۲ تا ۵ ساله) • لزوم به پرکردن یا تعمیر تمام ترک‌ها • زمان‌بر و هزینه‌بر بودن تعمیرات جزئی • لزوم ساخت مجدد در صورت ایجاد شکست یا خرابی اساسی
شنی (با و بدون فنداسیون ویژه)	• هزینه‌های کم اجرا • سرعت بالای اجرا • آسیب به سطح روسازی وجود ندارد • راندمان بالا در محوطه‌های کانتینری با گانتری‌کرین (با فنداسیون ویژه) • امکان زهکشی مناسب در محوطه‌های کانتینری با گانتری‌کرین (با فنداسیون ویژه)	• مقاومت کم در مقابل بارهای سنگین (بدون فنداسیون ویژه) • نشست روسازی در صورت بارگذاری نقطه‌ای دراز مدت (بدون فنداسیون ویژه) • تشدید زنگ‌زدگی کانتینرها و قطعات فلزی در تماس محوطه (بدون فنداسیون ویژه)

۶-۳-۳- ضوابط مرتبط با انتخاب نوع روسازی در بنادر

روسازی‌های مناسب و نامناسب برای استفاده در محوطه‌های بندری در جدول ۷ ارائه شده است. برخی از مهمترین ملاحظات در خصوص انتخاب روسازی‌های مذکور بدین شرح است:

- منظور از «روسازی توصیه‌شده»، روسازی است که قابلیت استفاده در محوطه بندری مشخص را دارد و این راهنما، استفاده از آن را توصیه می‌کند.
- منظور از «روسازی توصیه‌نشده»، روسازی است که استفاده از آن برای محوطه بندری مشخص، توصیه نمی‌شود.

- منظور از «به تشخیص مهندس مشاور»، این است که مهندس مشاور می‌تواند بر اساس مزایا، معایب و مشخصات فنی خصوصی نوع روسازی را برای محوطه بندری تعیین کند. مهندس مشاور در تشخیص مناسب-بودن یک نوع روسازی باید به جنبه‌هایی نظیر میزان بارگذاری، تکرار بارگذاری، نوع بار، ماشین‌آلات جابجایی و بارگیری کالا و سایر عوامل مؤثرِ فنی و اقتصادی توجه کند.
- روسازی آسفالتی شامل انواع مخلوط‌های آسفالتی داغ شامل مخلوط‌های آسفالتی داغ با دانه‌بندی پیوسته، دانه‌بندی باز (متخلخل) و دانه‌بندی گسسته (آسفالت ماستیک درشت‌دانه[1]) است.
- استفاده از روسازی آسفالتی برای ترمینال‌ها و پایانه‌های مواد فله مایع و سایر محوطه‌هایی که احتمال نشت مواد نفتی، روغنی و نظیر آن وجود دارد، بدلیل آسیب‌پذیری شدید این نوع روسازی، نامناسب تعریف شده است.
- منظور از روسازی آسفالتی اصلاح‌شده، روسازی حاوی مواد اصلاح‌کننده[2] قیر (نظیر پلیمر) و مخلوط آسفالتی و افزودنی‌ها[3]ی آسفالتی است که باعث بهبود عملکرد روسازی می‌شود. در بنادر کشور بدلیل اینکه مخلوط‌های آسفالتی تحت شرایط آب‌وهوایی دشوار و ترافیک سنگین خدمت‌دهی می‌کنند، علاوه بر انتخاب مناسب رده قیر و مشخصات مصالح سنگی انتخاب و استفاده از مواد دیگری مانند اصلاح‌کننده‌های قیر و مخلوط آسفالتی و افزودنی‌های آسفالتی می‌تواند موجب بهبود عملکرد روسازی آسفالتی شود. توضیحات تکمیلی در این خصوص در ردیف ۵-۶-۱-۳ ارائه شده است.
- روسازی بتنی شامل روسازی بتنی ساده درزدار (JPCP)، روسازی بتنی مسلح پیوسته (CRCP) و بتنی مسلح درزدار (JRCP) است.
- روسازی شنی یا آسفالتی با فنداسیون، برای ترمینال‌ها و یا پایانه‌های کانتینری با تجهیزاتی از نوع گانتری-کرین (چرخ لاستیکی یا ریلی) مناسب است و برای محوطه‌هایی که از ماشین‌آلاتی همچون لیفتراک جلوبر، سایدلودر، ریچ‌استکر، جرثقیل و ... برای جابجایی کانتینرها استفاده می‌شود، روسازی با فنداسیون عملی نیست.

---

[1] Stone Mastic Asphalt (SMA)

[2] Modifiers

[3] Additives

- کالاهای عمومی مرسوم، محموله‌هایی از نوع کیسه‌ها، بشکه‌ها، جعبه‌ها و ... با ارتفاع کم هستند که بارگذاری آن متوسط است. این کالاها در محوطه کالاهای عمومی قرار می‌گیرند. در مقابل، کالاهای عمومی سنگین شامل بلوک‌های سنگی، پروفیل‌های فلزی، سیم‌پیچ‌های فلزی و نظایر آن است که اگر این محموله‌ها از طریق تکیه‌گاه روی روسازی گذاشته شده باشند، بار وارده به روسازی بیشتر هم خواهد شد. کالاهای عمومی سنگین در محوطه آهن‌آلات قرار می‌گیرند.
- ترمینال چندمنظوره، به عنوان محوطه تخلیه و بارگیری انواع کالا (فله و غیرفله) بکار می‌رود.
- استفاده از روسازی بلوکی بتنی برای محوطه‌های فله مواد معدنی و غلات مناسب نیست، هم از جنبه پرشدن درزهای بین بلوک‌ها و هم از نظر احتمال آسیب به بلوک‌ها در هنگام بارگیری.

جدول ۷ روسازی‌های پیشنهادی برای محوطه‌های مختلف بندری

محدوده بندری	ناحیه عملکردی	آسفالتی	آسفالتی اصلاح‌شده	بتنی درجا#	بتن الیافی درجا	بلوکی بتنی	بتن غلتکی	ترکیبی	شنی	شنی یا آسفالتی با فنداسیون
اراضی عملیاتی	اسکله‌های باز	❊	❊	❊	❊	❊	❊	✓	×	×
	ترمینال کانتینری- گانتری‌کرین	×	✓	❊	❊	✓	❊	×	×	✓
	ترمینال کانتینری- ریچ‌استکر، لیفتراک	×	✓	❊	❊	✓	❊	×	×	×
	ترمینال کالای عمومی	❊	✓	✓	❊	✓	✓	❊	×	×
	ترمینال آهن‌آلات	×	❊	✓	❊	❊	❊	×	❊	❊
	ترمینال چندمنظوره	❊	❊	✓	❊	✓	❊	❊	❊	×
	ترمینال غلات	❊	❊	❊	❊	×	✓	❊	❊	×
	ترمینال مواد معدنی	❊	❊	❊	❊	×	✓	❊	❊	×
	ترمینال فله مایع (نفتی و غیرنفتی)	×	×	✓	❊	❊	✓	×	❊	×
اراضی پشتیبانی	پایانه کانتینری- گانتری‌کرین	×	✓	❊	❊	✓	❊	×	×	✓
	پایانه کانتینری- ریچ‌استکر، لیفتراک	×	✓	❊	❊	✓	❊	×	×	×
	پایانه کالای عمومی	❊	✓	✓	❊	✓	✓	❊	×	×
	پایانه آهن‌آلات	×	❊	✓	❊	❊	❊	×	❊	❊
	پایانه کانتینرهای خالی	❊	❊	✓	❊	❊	✓	❊	✓	✓

✓ روسازی توصیه‌شده × روسازی توصیه‌نشده ❊ به تشخیص مهندس مشاور

#روسازی بتنی درجا شامل روسازی بتنی درزدار و مسلح درزدار است.

ادامه جدول ۷ روسازی‌های پیشنهادی برای محوطه‌های مختلف بندری

محدوده بندری	ناحیه عملکردی	آسفالتی	آسفالتی اصلاح‌شده	بتنی درجا#	بتن الیافی درجا	بلوکی بتنی	بتن غلتکی	ترکیبی	شنی	شنی یا آسفالتی با فنداسیون
اراضی پشتیبانی	پایانه فله معدنی	❊	❊	❊	❊	×	✓	❊	❊	×
	پایانه غلات	❊	❊	❊	❊	×	✓	❊	❊	×
	پایانه فله مایع (نفتی و غیرنفتی)	×	×	✓	❊	❊	✓	×	❊	×
	پایانه کالای خطرناک	❊	✓	✓	❊	✓	✓	❊	❊	×
	پایانه کالاهای یخچالی	❊	❊	❊	❊	✓	❊	❊	×	❊
محدوده خاص بندری	پارکینگ وسایل‌نقلیه سبک	✓	❊	✓	❊	✓	❊	❊	❊	×
	پارکینگ ماشین‌آلات سنگین	×	❊	✓	❊	✓	❊	❊	❊	×
	جایگاه سوخت	×	×	✓	❊	❊	❊	×	❊	×
	تعمیرگاه ماشین‌آلات	×	×	✓	❊	✓	❊	×	❊	×
	محدوده گیت، باسکول و X-Ray	×	❊	✓	✓	❊	❊	❊	❊	×
معابر	راه‌های دسترسی به ترمینال یا گیت‌های بندری	✓	✓	✓	✓	❊	❊	❊	×	×
	راه‌های بین پایانه‌ای	❊	❊	✓	✓	✓	❊	❊	×	×
	محوطه‌های تحت مانور و گردش تجهیزات	❊	❊	✓	✓	❊	❊	❊	×	×

✓ روسازی توصیه‌شده × روسازی توصیه‌نشده ❊ به تشخیص مهندس مشاور

#روسازی بتنی درجا شامل روسازی بتنی درزدار و مسلح درزدار است.

۴

طراحی روسازی بنادر

۴- طراحی روسازی بنادر

طراحی روسازی بنادر با استفاده از یکی از روش‌های طراحی روسازی محوطه‌های بندری، طراحی روسازی‌های معابر و طراحی روسازی محوطه‌های کانتینری- گانتری‌کرین انجام می‌شود.

در طراحی روسازی بنادر (اعم طرح روسازی محوطه‌های بندری و معابر) باید گام‌های زیر بترتیب انجام شود.

۱- انتخاب روسازی‌های مناسب (حداقل سه گزینه برای هر محوطه)

۲- طرح ضخامت روسازی‌های منتخب

۳- تحلیل مالی گزینه‌ها و انتخاب گزینه بهینه

لازم به ذکر است که انتخاب روسازی‌های مناسب مطابق با مبانی ارایه‌شده در فصل سوم و با تشخیص مشاور انجام خواهد شد.

۴-۱- طراحی روسازی محوطه‌های بندری

۴-۱-۱- محدوده کاربرد

روش طراحی روسازی محوطه‌های بندری، برای طرح روسازی کلیه محوطه‌های ترمینال، پایانه و یا باراندازی که بارهای بندری در آن انباشت می‌شود و نیز معابری که تجهیزات بارگیری و جابجایی کالا (معرفی‌شده در پیوست شماره ۳: راهنمای بارگذاری بنادر) در آن تردد می‌کند، قابل استفاده است. معابری که صرفاً وسایل‌نقلیه جاده‌ای از آن می‌گذرد و نیز روسازی‌های شنی و آسفالتی با فنداسیون ویژه (ترمینال‌های کانتینری- گانتری‌کرین) خارج از شمول این روش است.

۴-۱-۲- مبانی طراحی

طراحی در روش این راهنما بر اصل حفظ سرویس‌دهی روسازی در مدت عمر طراحی استوار است. از نظر سازه‌ای، در روسازی‌های سنگین بندری، شکست سرویس‌دهی یا با کرنش فشاری قائم بیش از حد[1] در لایه بستر و یا کرنش

[1] Excessive vertical compressive strain

افقی بیش از حد[1] در لایه اساس اتفاق می‌افتد؛ از اینرو در روسازی‌های با اساس تثبیت‌شده[2]، کرنش کششی در لایه اساس و در روسازی‌های با اساس دانه‌ای[3] کرنش فشاری بستر، محدودیت فعال طراحی محسوب می‌شوند. در این روش طراحی از بار چرخ هم‌ارز[4] استفاده و توزیع وزنی کانتینرها، ضریب تأثیر بارهای دینامیکی، تشدید بارهای استاتیکی در محل چرخ‌های زیرسری، پایه‌های توقف و بارهای گوشه کانتینری، کانالیزه‌بودن خطوط، اثر نزدیکی چرخ‌ها لحاظ می‌شود.

طراحی روسازی محوطه‌های بندری بدین ترتیب است که ابتدا ساختار روسازی مبنا با گراف‌های طراحی‌شده، تعیین و سپس با استفاده از «ضریب هم‌ارز مصالح (MEF[5])» و ضخامت لایه در ساختار مبنا، روسازی دلخواه طراحی می‌شود. مصالح استانداردی که برای تهیه نمودارهای طراحی استفاده شده از نوع مصالح بتنی C_8 با حداقل مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه استوانه‌ای برابر با $8N/mm^2$ (معادل مقاومت فشاری ۱۰ مگاپاسکال نمونه مکعبی) است.

۴-۱-۲-۱- طول عمر روسازی

طول عمر روسازی[6] مدت زمانی است که روسازی اولیه برای آن طراحی می‌شود و بدون نیاز به ترمیم اساسی با کیفیت قابل قبول دوام می‌آورد. طول عمر محوطه‌های روسازی بنادر متناسب با نوع رویه باید بین ۱۵ تا ۲۵ سال انتخاب شود. برای روسازی‌های آسفالتی، بلوکی بتنی و بتنی بترتیب انتخاب طول عمر ۱۵، ۲۰ و ۲۵ سال توصیه می‌شود.

۴-۱-۲-۲- دوره تحلیل

دوره تحلیل[7] مدت زمانی است که عملکرد گزینه‌های طرح‌شده با روش‌های تحلیل مالی بررسی و گزینه بهینه انتخاب می‌شود. طول دوره تحلیل برای انواع روسازی‌های محوطه بندری باید ۴۰ ساله در نظر گرفته شود. به طورکلی،

---

[1] Excessive horizontal strain

[2] Bound base

[3] Granular base

[4] Single Equivalent Wheel Load (SEWL)

[5] Material Equivalence Factor (MEF)

[6] Design life

[7] Analysis period

این دوره باید به نحوی انتخاب شود که همه گزینه‌های مورد بررسی، حداقل یک بهسازی اساسی را داشته باشند. البته امکان دارد یک گزینه بیش از یک‌بار نیاز به بهسازی داشته باشد مانند روسازی‌های آسفالتی.

۳-۲-۱-۴- روش تحلیل مالی

برای انتخاب گزینه بهینه، باید روش تحلیل مالی بر اساس ارزش خالص کنونی (NPV) انجام شود. نرخ تنزیل باید بر اساس گزارش سازمان برنامه‌وبودجه یا بانک مرکزی انتخاب و پس از تأیید کارفرما مورد استفاده قرار گیرد. در پروژه‌های سرمایه‌گذاری، روش تحلیل اقتصادی و مالی برای انتخاب گزینه روسازی باید مطابق با اسناد بالادستی تهیه شده برای سرمایه‌گذاری باشد.

۳-۱-۴- مراحل طراحی

طراحی روسازی محوطه‌های بندری شامل مراحل زیر است.

۱- تعیین بارگذاری مبنای طراحی (اعم از بارهای دینامیکی و استاتیکی) مطابق ردیف ۴-۱-۶

۲- تعیین ساختار روسازی مبنا مطابق ردیف ۴-۱-۴

۳- طرح ضخامت روسازی‌های منتخب با استفاده از ساختار روسازی مبنا و ضرایب هم‌ارز مصالح

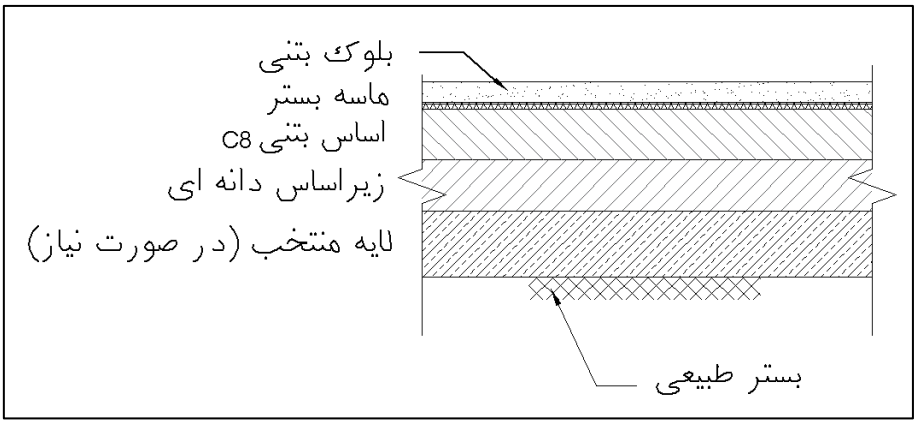
۴- مقایسه فنی- اقتصادی روسازی‌های منتخب و انتخاب گزینه برتر

۴-۱-۴- تعیین ساختار روسازی مبنا

ساختار روسازی مبنا، ساختاری است که گراف‌های طراحی بر اساس آن تهیه شده است و ابتدا باید این نوع ساختار طراحی شود. این ساختار (شکل ۴)، شامل یک رویه بلوکی بتنی[1] به ضخامت ۸۰ میلیمتر روی یک لایه ۳۰ میلیمتری از ماسه ریزدانه است که بر روی لایه‌های اساس بتنی، زیراساس سنگ‌دانه‌ای، لایه با مصالح منتخب (لایه تقویتی[2]) و بستر روسازی قرار گرفته است. لازم بذکر است، که روش طراحی روسازی‌های محوطه‌ها برای انواع ساختارهای روسازی (اعم از آسفالتی، بلوکی بتنی، بتنی درجا و شنی) قابل استفاده است؛ اما در ابتدا باید ضخامت لایه‌های مختلف ساختار روسازی مبنا تعیین و سپس با استفاده از ضرایب مربوطه روسازی‌های مورد نظر طراحی شود.

[1] Concrete Pavers

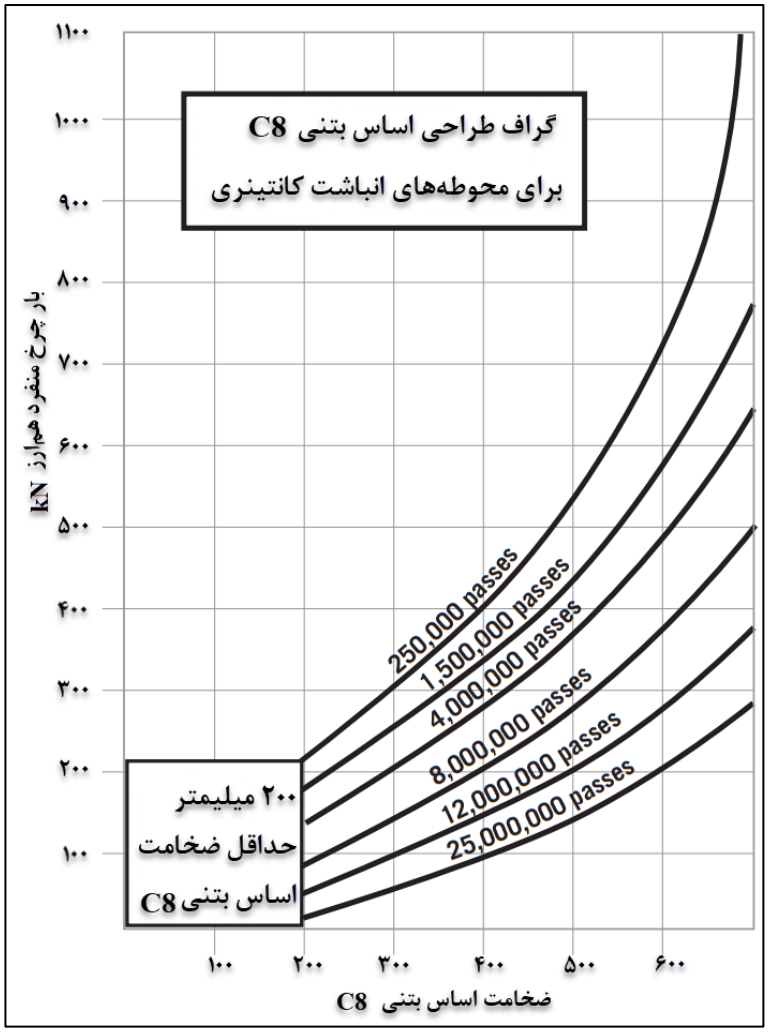
[2] Capping layer



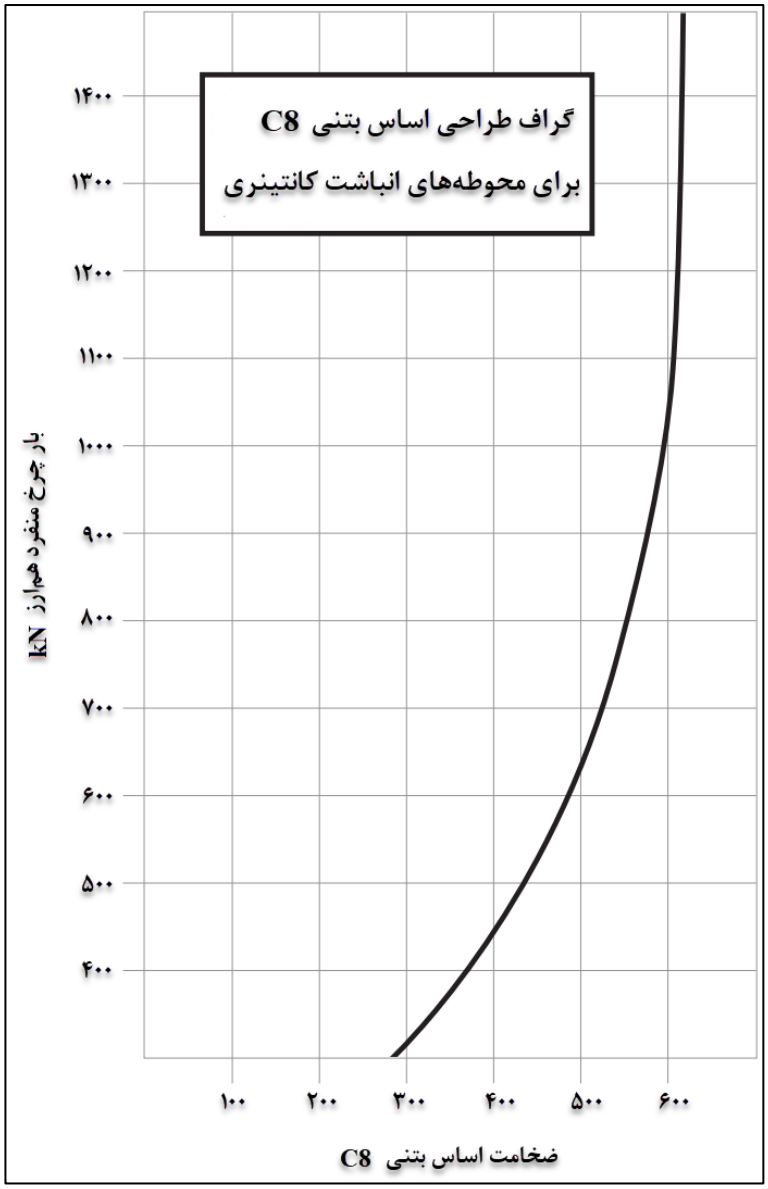
شکل ۴ اجزای ساختار روسازی مبنا

۴-۱-۴-۱- تعیین ضخامت اساس بتنی C_8

برای تعیین ضخامت اساس بتنی C_8 از گراف‌های طراحی استفاده می‌شود. در گراف طراحی بر مبنای بار دینامیکی (شکل ۵) با تعیین بار چرخ منفرد هم‌ارز در روی محور عمودی و انتخاب نمودار مربوط به تعداد تکرار بار چرخ منفرد هم‌ارز، ضخامت اساس بتنی C_8 (با حداقل مقدار مجاز ۲۰۰ میلیمتر)، تعیین می‌شود. در گراف طراحی برای محوطه‌های انباشت کانتینری (شکل ۶)، با تعیین بار طراحی هم‌ارز در روی محور عمودی، تلاقی آن با نمودار و تعیین مقدار محور افقی، ضخامت اساس بتنی C_8 بدست می‌آید.



شکل ۵ گراف طراحی اساس بتنی C8 بر مبنای بار دینامیکی



شکل ۶ گراف طراحی اساس بتنی C8 برای محوطه‌های انباشت کانتینری

۴-۱-۴-۲- تعیین ضخامت لایه منتخب و زیراساس

طرح ضخامت لایه‌های منتخب و زیراساس دانه‌ای بر اساس میزان CBR بستر روسازی، مطابق جدول ۸ انجام می‌شود. مقدار CBR بستر روسازی باید مطابق شیوه ارائه‌شده در پیوست شماره ۵ اندازه‌گیری شود.

لایه با مصالح منتخب شامل مصالح با CBR بیش از ۱۵ درصد است که پس از ریختن و کوبیده‌شدن می‌تواند به عنوان یک بستر مستحکم بار وسایل‌نقلیه را جهت اجرای لایه‌های فوقانی تحمل کند. ضمناً لایه با مصالح منتخب می‌تواند از نوع تثبیت‌شده با آهک، سیمان و نظایر آن باشد.

لایه زیراساس دانه‌ای که بر روی لایه مصالح منتخب اجرا می‌شود، شامل مصالح با حداقل CBR برابر با ۸۰ درصد است که می‌تواند بصورت دانه‌ای و یا تثبیت‌شده با سیمان استفاده شود که در هر دو حالت باید منطبق با مشخصات ردیف ۵-۵ این راهنما باشد.

جدول ۸ ضخامت لایه با مصالح منتخب دانه‌ای و زیراساس تثبیت‌نشده*

CBR بستر روسازی**	ضخامت لایه با مصالح منتخب دانه‌ای (میلیمتر)	ضخامت زیراساس سنگ‌دانه‌ای*** (میلیمتر)
۱٪	۹۰۰	۱۵۰
۲٪	۶۰۰	۱۵۰
۳٪	۴۰۰	۱۵۰
۴٪	۲۵۰	۱۵۰
۵٪ و بیشتر	نیاز نیست	۱۵۰

* ضخامت پیشنهادی، ضخامت حداقل است. در صورت تشخیص طراح این ضخامت می‌تواند متناسب با شرایط محلی افزایش داده شود. برای تأمین این ضخامت، لایه‌های لازم باید در ضخامت حداکثر ۲۰ سانتیمتر اجرا شوند.

**CBR بستر روسازی مطابق روش ارائه‌شده در پیوست شماره ۵ اندازه‌گیری شود.

*** با فرض اینکه حداقل CBR زیراساس سنگ‌دانه‌ای ۸۰ درصد باشد.

۵-۱-۴- تعیین ضخامت روسازی‌های منتخب

ضخامت لایه‌های روسازی با تبدیل ضخامت لایه‌های روسازی مبنا به روسازی‌های منتخب با استفاده از ضریب هم‌ارز مصالح جدول ۹ تعیین می‌شود. بعنوان مثال اگر ضخامت طرح‌شده اساس بتنی C_8، ۳۰۰ میلیمتر باشد، می‌توان بجای آن از اساس بتنی C_5 با ضخامت (۳۴۸ =۳۰۰×۱/۱۶) ۳۵۰ میلیمتر استفاده کرد. در این مرحله، بایستی تمامی ضوابط فنی و اجرایی مرتبط با لایه‌های روسازی رعایت شود، به‌گونه‌ای که تمامی روسازی‌هایِ منتخبِ طرح شده، قابلیت اجرا داشته و مشخصات آن منطبق بر ضوابط بخش اجرای این راهنما باشد.

مبنای این روش بر رابطه بین ضخامت نسبی اساس و تنش مجاز استوار است:

$$d_{new} = d_{stand} \times \sqrt{(\sigma_{stand} / \sigma_{new})} \qquad (۱-۲)$$

که در این رابطه:

d_{new} = ضخامت تجدیدنظر شده اساس برای مصالح جدید.

d_{stand} = ضخامت طراحی برای مصالح از جنس اساس بتنی نوع C_8.

σ_{stand} = مقاومت کششی مصالح از جنس اساس بتنی نوع C_8.

σ_{new} = مقاومت کششی مصالح جدید

در این مرحله، بایستی تمامی ضوابط اجرایی مرتبط با انتخاب مصالح مختلف برای لایه‌های روسازی، ضخامت مجاز لایه‌ها، جزئیات اجرای روسازی‌ها، مشخصات فنی لایه‌ها و سایر الزامات اجرا لحاظ شود، به‌گونه‌ای که روسازی‌های انتخابی کاملاً منطبق بر ضوابط بخش اجرای روسازی این راهنما باشد.

جدول ۹ ضرایب هم‌ارز مصالح

نوع مصالح	مشخصات مصالح		ضریب هم‌ارز مصالح (MEF)
مخلوط بتنی	مقاومت مصالح	استاندارد مربوطه	
	$C_{1.5}$	BS EN 14227-1	1.74
	C_3	BS EN 14227-1	1.38
	C_5	BS EN 14227-1	1.16
	C_6	آیین نامه بتن ایران (آبا)	1.1
	C_8	آیین نامه بتن ایران (آبا)	1
	C_{10}	آیین نامه بتن ایران (آبا)	0.92
	C_{12}	آیین نامه بتن ایران (آبا)	0.87
	C_{16}	آیین نامه بتن ایران (آبا)	0.79
	C_{20}	آیین نامه بتن ایران (آبا)	0.73
	C_{25}	آیین نامه بتن ایران (آبا)	0.68
	C_{30}	آیین نامه بتن ایران (آبا)	0.64
	C_{35}	آیین نامه بتن ایران (آبا)	0.61
مصالح چسبنده سیمانی موسوم به CBM	CBM1 حداقل مقاومت فشاری ۷ روزه نمونه مکعبی برابر با $4.5N/mm^2$		1.60
	CBM2 حداقل مقاومت فشاری ۷ روزه نمونه مکعبی برابر با $7.0N/mm^2$		1.20
	CBM3 حداقل مقاومت فشاری ۷ روزه نمونه مکعبی برابر با $10.0N/mm^2$		1.00
	CBM4 حداقل مقاومت فشاری ۷ روزه نمونه مکعبی برابر با $15.0N/mm^2$		0.80
	CBM5 حداقل مقاومت فشاری ۷ روزه نمونه مکعبی برابر با $20.0N/mm^2$		0.70

نوع مصالح	مشخصات مصالح	ضریب هم‌ارز مصالح (MEF)
	بتن مگر بدون ریزدانه برای روسازی نفوذپذیر	1.00
	اساس سیمانی متداول مطابق مشخصات ردیف ۵-۴-۲-۳	1.20
مصالح قیری	HMA مطابق نشریه ۱۰۱	1.00
	اساس قیری مطابق نشریه ۱۰۱	1.25
مصالح سنگ‌دانه‌ای	زیراساس سنگ شکسته با CBR ≥ 80% مطابق مشخصات ردیف ۵-۵	3.00
	مصالح سنگ شکسته با CBR ≥ 40% (رویه شنی) مطابق مشخصات ردیف ۵-۱۰-۱	3.50
	مصالح سنگ شکسته با CBR ≥ 15% (لایه منتخب) مطابق مشخصات ردیف ۵-۲	4.00
	اساس نفوذپذیر تثبیت‌نشده	2.40
بلوک بتنی	بلوک بتنی به عنوان رویه شامل بلوک بتنی به ضخامت ۸۰ میلیمتر و ۳۰ سانتیمتر ماسه ریزدانه	1.00

تذکر:

بعنوان نمونه، بتن C_{12} بتنی است با مقاومت فشاری مشخصه ۱۲ مگاپاسکال که مطابق تعریف یعنی مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه استوانه‌ای استاندارد آن $12\ N/mm^2$ است.

BB= اساس قیری

HMA= بتن آسفالتی گرم (رویه و آستر)

بلوک بتنی تنها به عنوان رویه می‌تواند بکار رود.

مصالح قیری (HMA و BB) ممکن است تحت بارگذاری استاتیک تغییرشکل بدهند.

در مورد مصالح CBM1 تا CBM5 مقاومت فشاری حداقل نمونه مکعبی برابر با حداقل مقدار میانگین‌گیری شده است که به مقاومت مشخصهٔ بسیار نزدیک است.

۴-۱-۶- تعیین بارگذاری مبنای طراحی

۴-۱-۶-۱ بار چرخ منفرد هم‌ارز (SEWL)

برای اعمال بارگذاری از روش بار چرخ منفرد هم‌ارز (SEWL[1]) استفاده می‌شود که معرف بارهای واقعی اعمالی به روسازی است. برای تخمین بار چرخ منفرد هم‌ارز و تردد احتمالی آن باید گام‌های زیر انجام شود.

۱- نوع کانتینربرها و تجهیزات جابجایی و بارگیری کالا، بر حسب کاربری بندر، تجهیزات موجود و نیز سیاست‌های توسعه‌ای آن در طول دوره بهره‌برداری مشخص شود.

[1] Single Equivalent Wheel Load

۲- مشخصات هر کدام از کانتینربرها، تجهیزات جابجایی و بارگیری کالا و به طور کلی تمام وسایل‌نقلیه عبوری شامل ابعاد، وزن محورها، فاصله محورها، تعداد چرخ‌ها و سایر اطلاعات مورد نیاز تعیین شود. برای این منظور، اطلاعات ارائه‌شده در پیوست شماره ۳، مشخصات تجهیزات مورد بهره‌برداری در بندر و نیز کاتالوگ کارخانه سازنده قابل استفاده است.

۳- اطلاعات مورد نیاز در خصوص درصد هر کدام از انواع کانتینرها و نحوه چیدمان آن‌ها تعیین شود. در صورتی‌که اطلاعات میدانی در این خصوص موجود باشد، این اطلاعات مبنای کار خواهد بود؛ در غیر اینصورت استفاده از اطلاعات جدول ۱۰ به عنوان راهنما توصیه می‌شود.

۴- وزن کانتینر بحرانی مشخص شود.

۵- با توجه به نوع کانتینربرها و تجهیزات جابجایی و بارگیری کالا، مشخصات آن‌ها و نیز بار بحرانی کانتینرها، محور سنگین‌تر تعیین و بار استاتیک محاسبه شود.

۶- عمق مؤثر با استفاده از رابطه (۴-۱) تعیین شود.

۷- با داشتن عمق مؤثر و آرایش چرخ‌ها و با استفاده از جدول ۱۱ ضریب نزدیکی چرخ‌ها تعیین شود.

۸- با اعمال ضریب نزدیکی چرخ‌ها و نیز بکارگیری ضریب بارهای دینامیکی مطابق جدول ۱۲ سنگین‌ترین بار چرخ مؤثر محاسبه شود.

۹- عبور معادل با سنگین‌ترین بار مؤثر برای سایر چرخ‌ها با توجه به ضرایب دینامیکی و نیز معادله خرابی (رابطه (۳-۱)) محاسبه شود.

۱۰- با جمع‌کردن ضرایب هم‌ارز هر کدام از چرخ‌ها، یکبار عبور وسیله‌نقلیه بر حسب عبور بار چرخ مؤثر تعیین شود.

۱۱- تعداد تردد احتمالی هر یک از کانتینربرها و نیز سایر وسایل‌نقلیه عبوری از روسازی در طول عمر بهره‌برداری روسازی تعیین شود.

۱۲- با داشتن ضریب هم‌ارز یک عبور وسیله‌نقلیه (گام ۱۰) و نیز تعداد عبور احتمالی وسایل‌نقلیه (گام ۱۱)، تعداد عبور بار چرخ مؤثر محاسبه شود.

۴-۱-۶-۲- بزرگی بار بحرانی

میزان بار چرخ طرح به مقدار بزرگی وزن محموله بستگی دارد و طراحی باید بر اساس بار بحرانی[1] انجام شود. بار بحرانی، باری است که وزن و تعداد عبور آن بیشترین خرابی روسازی را ایجاد کند. از آنجا که ممکن است تعداد عبور بیشتر یک بار سبک‌تر، نسبت به تعداد عبور کمتر یک بار سنگین‌تر خرابی بیشتری در روسازی ایجاد کند، تعداد عبور بارهای بحرانی برای انواع بارگذاری‌ها محاسبه و مبنای طراحی قرار می‌گیرد.

۴-۱-۶-۲-۱- بار بحرانی کانتینر

وزن کانتینری که منجر به شدیدترین آسیب روسازی می‌شود، وزن بحرانی کانتینر است که میزان خرابی روسازی (D) بر اساس آن محاسبه می‌شود. میزان خرابی روسازی از رابطه (۳-۱) بدست می‌آید.

$$D = \left[\frac{W}{12000}\right]^{3.75} \times \left[\frac{P}{0.8}\right]^{1.25} \times N \qquad (۳-۱)$$

که در این رابطه:

D= اثر خرابی

W= بار چرخ با توجه به وزن کانتینر یا محموله مشخص (kg)

P= فشار تایر (N/mm^2)

N= بر حسب درصد از جدول ۱۰

[1] Critical Load

جدول ۱۰ درصد کانتینرهای با نسبت‌های مختلف از کانتینرهای ۴۰ فوتی به ۲۰ فوتی

وزن کانتینرها (kg)	فاکتور اندازه اختلاط (نسبت کانتیرهای ۴۰ فوتی به کانتینرهای ۲۰ فوتی*				
	$\frac{100}{0}$	$\frac{60}{40}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{40}{60}$	$\frac{0}{100}$
.....	.....	.....	.....	.....	.....
۱۰۰۰	.....	.....	.....	.....	.....
۲۰۰۰	.....	۰/۱۸	۰/۲۳	۰/۲۸	۰/۴۶
۳۰۰۰	.....	۰/۶۰	۰/۷۴	۰/۸۹	۱/۴۹
۴۰۰۰	۰/۱۸	۱/۲۹	۱/۵۷	۱/۸۴	۲۵/۹
۵۰۰۰	۰/۵۳	۱/۹۰	۲/۲۵	۲/۵۹	۳/۹۵
۶۰۰۰	۰/۹۸	۲/۱۷	۲/۴۶	۲/۷۶	۳/۹۴
۷۰۰۰	۱/۳۷	۲/۴۱	۲/۶۷	۲/۹۳	۳/۹۷
۸۰۰۰	۲/۶۰	۳/۰۵	۳/۱۶	۳/۲۷	۳/۷۲
۹۰۰۰	۲/۸۲	۳/۰۵	۳/۱۱	۳/۱۷	۳/۴۱
۱۰۰۰۰	۳/۳۰	۳/۴۴	۳/۴۸	۳/۵۲	۳/۶۶
۱۱۰۰۰	۴/۴۳	۴/۲۸	۴/۲۴	۴/۲۰	۴/۰۴
۱۲۰۰۰	۵/۷۳	۵/۲۴	۵/۱۲	۴/۹۹	۴/۵۰
۱۳۰۰۰	۵/۱۲	۴/۸۳	۴/۷۶	۴/۶۷	۴/۴۱
۱۴۰۰۰	۵/۸۵	۵/۳۸	۵/۲۶	۵/۱۴	۴/۶۷
۱۵۰۰۰	۴/۷۸	۵/۱۲	۵/۲۱	۵/۲۹	۵/۶۳
۱۶۰۰۰	۵/۲۲	۵/۵۸	۵/۶۷	۵/۷۶	۶/۱۳
۱۷۰۰۰	۵/۴۵	۵/۷۵	۵/۸۳	۵/۹۱	۶/۲۱
۱۸۰۰۰	۵/۵۵	۵/۹۱	۶	۶/۱۰	۶/۴۶
۱۹۰۰۰	۶/۰۸	۶/۶۸	۶/۸۳	۶/۹۸	۷/۵۸
۲۰۰۰۰	۷/۶۷	۸/۲۸	۸/۴۳	۸/۵۸	۹/۱۹
۲۱۰۰۰	۱۰/۴۰	۸/۹۳	۸/۵۶	۸/۱۹	۶/۷۲
۲۲۰۰۰	۹/۹۵	۷/۶۰	۷/۰۲	۶/۴۳	۴/۰۸
۲۳۰۰۰	۵/۵۳	۴/۱۳	۴	۳/۶۹	۲/۴۷
۲۴۰۰۰	۲/۷۵	۱/۷۵	۱/۵۰	۱/۲۵	۰/۲۴
۲۵۰۰۰	۰/۹۵	۰/۶۳	۰/۵۵	۰/۴۷	۰/۱۵
۲۶۰۰۰	۰/۶۷	۰/۴۰	۰/۳۳	۰/۲۷	.....
۲۷۰۰۰	۰/۷۲	۰/۴۳	۰/۳۶	۰/۲۹	.....
۲۸۰۰۰	۰/۵۳	۰/۳۲	۰/۲۷	۰/۲۱	.....
۲۹۰۰۰	۰/۴۳	۰/۲۶	۰/۲۲	۰/۱۷	.....
۳۰۰۰۰	۰/۲۸	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۱۱	.....
۳۱۰۰۰	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	.....
۳۲۰۰۰	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱	.....
۳۳۰۰۰	.....	.....	.....	.....	.....
۳۴۰۰۰	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	.....

* اعداد جدول بر اساس اطلاعات بدست‌آمده از بنادر انگلستان و مربوط به دهه ۱۹۷۰ است، چنانچه در بندری توزیع کانتیری آن معلوم و متفاوت با اعداد این جدول باشد، استفاده از آن اطلاعات در اولویت است.

در طراحی باید تعداد تکرار هر کدام از بارها و آثار خرابی آن به روش فوق، بدقت محاسبه و لحاظ شود. اما **صرفاً برای مطالعات اولیه** می‌توان از فرضیات زیر استفاده کرد:

- اگر تجهیزات جابجایی و بارگیری کالا فقط کانتینر ۴۰ فوتی را حمل کنند بار بحرانی معمولاً ۲۲۰۰۰ کیلوگرم خواهد بود.
- اگر تجهیزات جابجایی و بارگیری کالا فقط کانتینر ۲۰ فوتی را حمل کنند بار بحرانی ۲۰۰۰۰ کیلوگرم خواهد بود.
- بطور کلی، وقتی ترکیبی از کانتینرهای ۲۰ و ۴۰ فوتی جابجا می‌شود، بار بحرانی ۲۱۰۰۰ کیلوگرم است.

۲-۲-۶-۱-۴- ضریب نزدیکی چرخ‌ها

ضریب نزدیکی چرخ‌ها بر مبنای فاصله چرخ و عمق مؤثر تا زیر لایه اساس روسازی از جدول ۱۱ بدست می‌آید. از آنجا که عمق مؤثر تا قبل از طراحی روسازی، مشخص نمی‌شود برای تخمین اولیه رابطه (۴-۱) پیشنهاد شده است.

$$\text{عمق مؤثر (mm)} = 300 \times \sqrt[3]{\frac{35000}{10 \times CBR}} \qquad (۱-۴)$$

که در آن CBR نشان‌دهنده نسبت باربری کالیفرنیا برای بستر روسازی است.

جدول ۱۱ ضریب نزدیکی چرخ‌ها با توجه به فاصله چرخ‌ها و عمق مؤثر

فاصله چرخ (mm)	ضریب نزدیکی چرخ‌ها		
	۱۰۰۰ mm (عمق مؤثر)	۲۰۰۰ mm (عمق مؤثر)	۳۰۰۰ mm (عمق مؤثر)
۳۰۰	۱/۸۲	۱/۹۵	۱/۹۸
۶۰۰	۱/۴۷	۱/۸۲	۱/۹۱
۹۰۰	۱/۱۹	۱/۶۵	۱/۸۲
۱۲۰۰	۱/۰۲	۱/۴۷	۱/۷۱
۱۸۰۰	۱/۰۰	۱/۱۹	۱/۴۷
۲۴۰۰	۱/۰۰	۱/۰۲	۱/۲۷
۳۶۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۲
۴۸۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰

۳-۲-۶-۱-۴- اثرات بارهای دینامیکی

بارهای دینامیکی در اثر ترمز گرفتن[1]، پیچیدن[2]، شتاب‌گرفتن[3] و سطوح ناهموار[4] در محل روسازی تشدید می‌شود، که اثر آن‌ها با استفاده از ضرایب تأثیر بارهای دینامیکی مطابق جدول ۱۲ لحاظ می‌شود. ضرایب تأثیر بارهای دینامیکی بر حسب کاهشی یا افزایشی بودن اثر و نیز شرایط تأثیر بار دینامیکی متفاوت است، بنحوی‌که درصد تأثیر بار دینامیکی در هنگام ترمز برای محور جلو مثبت و برای محور عقب منفی انتخاب می‌شود. همچنین در صورتی‌که همزمان چند شرط برآورده شود، درصدها با هم جمع جبری شده و در نهایت بصورت ضریب تأثیر استفاده می‌شود. برای مثال، اگر لیفتراک جلوبر در حال شتاب‌گرفتن و پیچیدن در سطح ناهموار باشد، اثر بار دینامیکی برای محور جلو برابر ٪۷۰ افزایشی (٪۲۰+٪۱۰+٪۴۰) یا بعبارت دیگر ضریب تأثیر آن ۱/۷۰ خواهد بود. ضمناً در صورتی‌که در بنادر از حمل-کننده‌های کانتینری با سرعت بالا استفاده شود، درصدهای جدول ۱۳ تا ۵۰ درصد قابل افزایش است؛ یعنی بعنوان مثال، مقدار ۱۰ درصد تا مقدار ۱۵ درصد و یا مقدار ۶۰ درصد تا ۹۰ درصد قابل افزایش خواهد بود.

[1] Braking

[2] Cornering

[3] Acceleration

[4] Uneven Surface

جدول ۱۲ درصد تأثیر بارهای دینامیکی

نوع تأثیر بار دینامیکی	درصد تأثیر بار دینامیکی (f_d)
الف- ترمز گرفتن	
لیفتراک جلوبر / ریچ‌استکر (فقط محور جلو)	٪۳۰±
استرادل کریر	٪۵۰±
لیفتراک جانبی	٪۲۰±
تراکتور و تریلر	٪۱۰±
ترانس‌تینر (RTG)	٪۱۰±
ب- پیچیدن	
لیفتراک جلوبر / ریچ‌استکر	٪۴۰
استرادل کریر	٪۶۰
لیفتراک جانبی	٪۳۰
تراکتور و تریلر	٪۳۰
ترانس‌تینر (RTG)	صفر
ج- شتاب	
لیفتراک جلوبر / ریچ‌استکر	٪۱۰
استرادل کریر	٪۱۰
لیفتراک جانبی	٪۱۰
تراکتور و تریلر	٪۱۰
ترانس‌تینر (RTG)	٪۵±
د- سطح ناهموار	
لیفتراک جلوبر / ریچ‌استکر	٪۲۰
استرادل کریر	٪۲۰
لیفتراک جانبی	٪۲۰
تراکتور و تریلر	٪۲۰
ترانس‌تینر (RTG)	٪۱۰±
در صورتی که چند شرط، همزمان برآورده شود، جمع جبری آن به عنوان درصد کاهش یا افزایش لحاظ می‌شود.	

۳-۶-۱-۴- تکرار بارگذاری

برای تعیین تعداد تکرار بار اعمال‌شده بر روسازی، باید تعداد تکرار بارگذاری در طول عمر روسازی و با لحاظ اثر کانالیزه‌بودن خط محاسبه شود.

۱-۳-۶-۱-۴- تعداد عبور ماشین‌آلات

با توجه به اینکه یکی از داده‌های ورودی برای طرح روسازی معابر و محوطه‌های بندری، تعداد عبور یا ترافیک وسایل‌نقلیه است، نیاز است که با روشی مناسب، این متغیر تخمین زده شود. این تخمین می‌تواند با انجام مطالعات آماری در بنادر یا با استفاده از داده‌های پیشین و یا مدل‌های ریاضی معتبر انجام شود. در ادامه روش پیشنهادی این راهنما برای تخمین ترافیک سالیانه ارائه شده است.

- **معابر بندری**

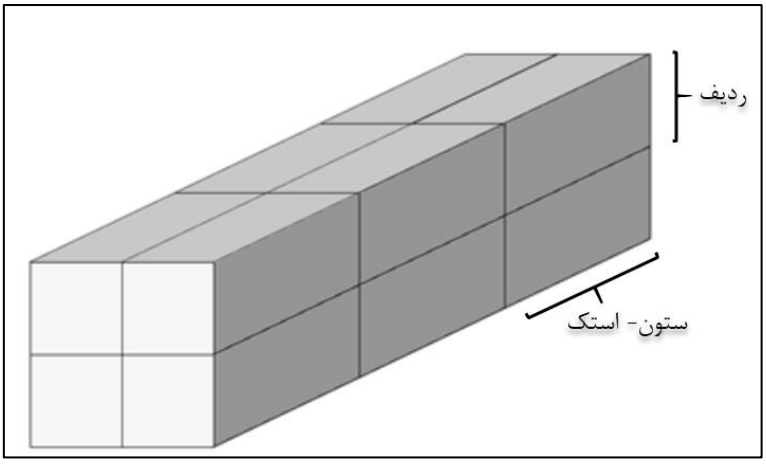
ترافیک وسایل‌نقلیه باری در معابر بندری بر مبنای ظرفیت عملیاتی محوطه‌های بندری قابل پیش‌بینی است. برای این منظور می‌توان از برآورد تقاضای ترافیک در دروازه‌های ورودی و خروجی هر محوطه که بر اساس اصول حاکم بر ترافیک قابل انجام است، استفاده کرد.

- **محوطه‌های کانتینری با تجهیزات لیفتراک، ریچ‌استکر و سایدلودر**

در این محوطه‌ها، فرض می‌شود که تمام کانتینرها توسط لیفتراک‌ها، ریچ استکرها یا سایدلودرها بارگیری و با کامیون‌ها جابجا می‌شوند. با فرض اینکه نحوه انباشت کانتینرها مطابق شکل ۷ باشد، بیشترین تردد در جلوی اولین ردیف[1] انجام می‌شود. در این قسمت، هر دو نوع ترافیک وجود دارد: تردد ماشین‌آلات بارگیری و تردد کامیون‌ها. تعداد عبور ماشین‌آلات بارگیری به تعداد کانتینرها در ردیف اول محدود می‌شود، اما تعداد عبور کامیون‌ها به ازای کل کانتینرها در یک ستون انباشت[2] انجام می‌شود. امکان بارگیری کانتینرها می‌تواند از یک سمت یا هر دو سمت فراهم باشد. در صورتی‌که امکان بارگیری کانتینرها از دو سمت فراهم باشد، تعداد تکرارها نصف می‌شود.

[1] Row

[2] Stack



شکل ۷ چینش کانتینرها در محوطه

تعداد عبور کامیون[1] (TLR) و تعداد عبور ماشین‌آلات بارگیری[2] (PLR) با استفاده از رابطه (۵-۱) و (۶-۱) قابل محاسبه است.

$$TLR = C_5.C_6.\left(\frac{365}{DW}\right).SU.L.H.W/C_4/C_7 \qquad (۱-۵)$$

$$PLR = C_5.C_6.\left(\frac{365}{DW}\right).SU.H.W/C_7 \qquad (۱-۶)$$

که در آن:

SU: میزان تخمینی استفاده از راهرو- بین ۷۰ تا ۹۰ درصد

DW: متوسط زمان انباشت کانتینر (روز)

C_4: میزان بار بر حسب TEU در هر لیفت یا باربرداری (معمولاً بین ۱/۷ تا ۱/۸۵ است)

C_5: تعداد سفر به ازای هر کانتینر (برای محوطه‌های با لیفتراک و نظایر آن ۲ است)

C_6: تعداد جابجایی‌ها در هر سفر

C_7: تعداد جهت قابل دسترس (۱ یا ۲ جهت)

L: طول انباشت بر حسب TEU

W: عرض انباشت بر حسب TEU

H: ارتفاع انباشت بر حسب TEU

[1] Truck Load Repetitions

[2] Side/Top Pick Load Repetitions

- **محوطه‌های کانتینری با تجهیزات گانتری‌کرین**

برای تعداد عبور کامیون‌ها در محوطه‌های کانتینری با تجهیزات گانتری‌کرین (RTG)، همان رابطه مربوط به محوطه‌های با تجهیزات نظیر لیفتراک قابل استفاده است. اما در خصوص تعداد عبور گانتری دو سناریوی زیر در نظر گرفته می‌شود.

الف: سناریوی بارگیری و باربرداری با گانتری‌کرین

- **حالت۱: بارگیری کامیون‌ها**

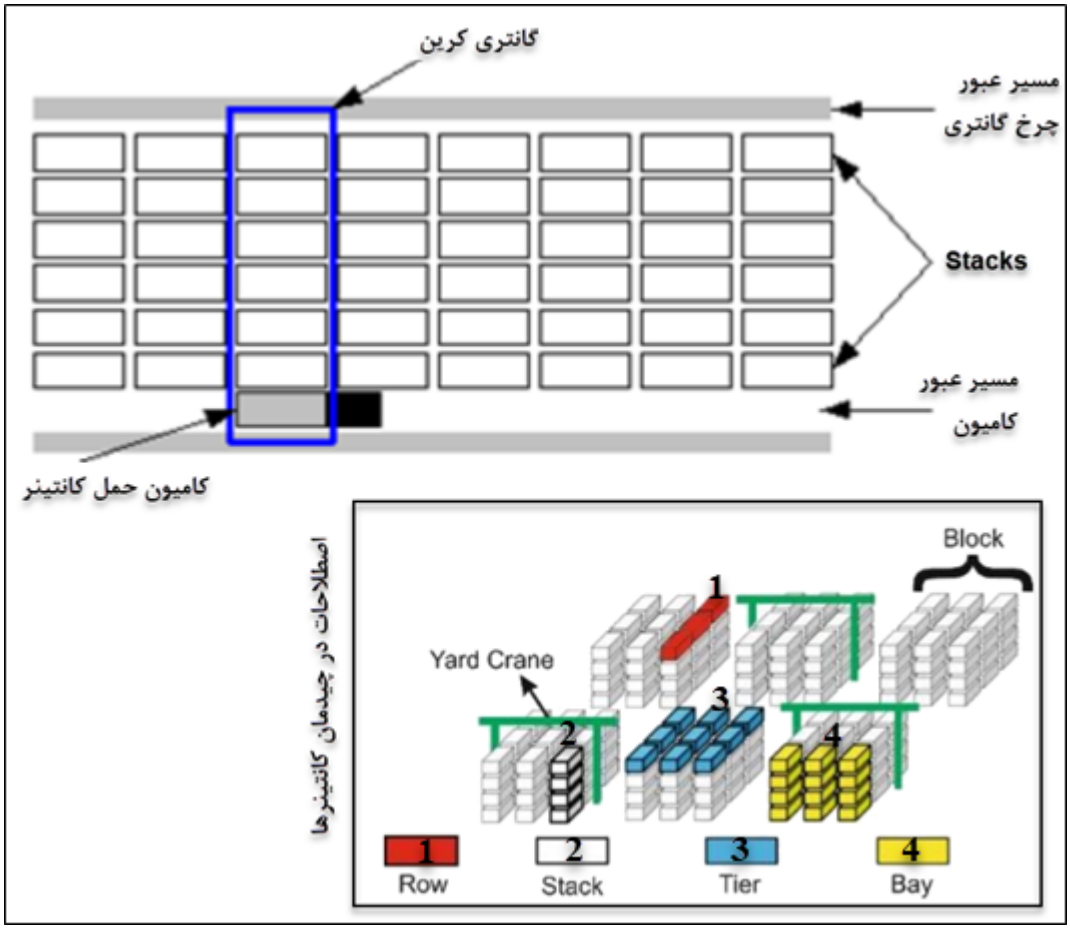
در شکل ۸ مسیر عبور گانتری‌کرین و کامیون حمل کانتینر نشان داده شده است. در زمان بارگیری کامیون‌ها، با فرض اینکه انباشت بلوک‌ها بطور یکنواخت باشد، یعنی همه کانتینرها در هر بلوک زمان انباشت مساوی داشته باشند، نقطه مرکزی مسیر عبور چرخ گانتری‌کرین، بیشترین تکرار چرخ را تحمل می‌کند.

وقتی که قرار است یک کانتینر از یک استک برداشته شود، احتمال اینکه چرخ گانتری از نقطه مرکزی مذکور عبور کند، مربوط به زمانی است که گانتری‌کرین و کانتینر هر کدام در یک سمت بلوک باشند. بنابراین احتمال عبور چرخ گانتری از نقطه مرکزی[1] (PG) عبارت است از:

(۱-۷) احتمال اینکه کانتینر در سمت راست و گانتری در سمت چپ باشد+ احتمال اینکه کانتینر در سمت چپ و گانتری در سمت راست باشد= ۰/۵*۰/۵+۰/۵*۰/۵=۰/۵=PG

تعداد تکرار عبور چرخ گانتری از مرکز مسیر عبور، برابر است با حاصلضرب احتمال بدست آمده از رابطه (۷-۱) در تعداد عملیات در طول یک سال. در زمان‌های اوج و نیمه اوج که بیشتر از یک کانتینر منتظر بارگیری است، ممکن است اپراتور گانتری‌کرین کانتینر نزدیکتر را زودتر بارگیری کند که این موضوع فاکتور بازدهی (C_8) را بوجود می‌آورد. این فاکتور همواره کمتر از یک است و بسته به شرایط محوطه کانتینری قابل تعیین و تعدیل است، بطوری‌که هر چقدر بندر شلوغ‌تر باشد، یعنی تعداد کامیون‌های منتظر بارگیری بیشتر باشد، فاکتور بازدهی کوچکتر خواهد بود. بنا بر آنچه گفته شد، تعداد تکرار عبور چرخ گانتری‌کرین برابر خواهد بود با حاصلضرب فاکتور بازدهی در احتمال عبور چرخ از مرکز مسیر در تعداد عملیات سالیانه.

[1] Probability of RTG crossing the middle point



شکل ۸ تکرار بارگذاری در محوطه کانتینری- گانتری‌کرین و اصطلاحات در چیدمان کانتینرها

- **حالت۲: باربرداری از کامیون و جای‌گذاری در محوطه**

در حالتی که یک کانتینر از کامیون به محوطه (استک) منتقل می‌شود، تعداد تکرار کمتری از زمان بارگیری کامیون (حالت۱) بوجود می‌آید، چرا که در این حالت اپراتور گانتری می‌تواند کانتینر را در اولین جای خالی قرار دهد. از اینرو با محافظه‌کاری، می‌توان از فرمول مربوط به حالت اول استفاده کرد. بنابراین در مجموع تعداد عبور کامیون[1] (TLR) و تعداد عبور گانتری‌کرین[2] (RLR) در سناریوی بارگیری و باربرداری کانتینرها بترتیب از روابط (۸-۱) و (۹-۱) قابل محاسبه است.

$$TLR = C_5.C_6.\left(\frac{365}{DW}\right).SU.L.H.W/C_4 \qquad (۱-۸)$$

$$RLR = C_8.PG.\left(\frac{365}{DW}\right).SU.L.H.W/C_4/C_9 \qquad (۱-۹)$$

[1] Truck Load Repetitions

[2] RTG Retrieval Load Repetitions

که در آن:

SU: میزان تخمینی استفاده از راهرو- بین ۷۰ تا ۹۰ درصد

DW: متوسط زمان انباشت کانتینر (روز)

C_4: میزان بار بر حسب TEU در هر لیفت یا باربرداری (معمولاً بین ۱/۷ تا ۱/۸۵ است)

C_5: تعداد سفر به ازای هر کانتینر (برای محوطه‌های با گانتری‌کرین ۲ است)

C_7: تعداد سمت قابل دسترس (۱ برای محوطه‌های با گانتری‌کرین)

C_8: فاکتور بازدهی (۱ بدون بازدهی، ۰/۵ کارا، ۰/۲۵ خیلی کارا)

C_9: تعداد گانتری‌کرین‌های در حال کار در آن انباشت

L: طول انباشت بر حسب TEU

W: عرض انباشت بر حسب TEU

H: ارتفاع انباشت بر حسب TEU

PG: احتمال عبور چرخ گانتری‌کرین از بدترین نقطه با فرض انباشت یکنواخت

ب: سناریوی جابجایی کانتینرها

تعداد عبور گانتری‌کرین در حالت جابجایی کانتینرها از یک ردیف استک (Bay، مطابق تعریف شکل ۸)، با ارزیابی تعداد ورود و خروج کانتینر به یک ردیف استک قابل محاسبه است. هر کانتینر یکبار وارد و یکبار از ردیف استک خارج می‌شود (C_5=۲). بنابراین تعداد عبور گانتری در حالت جابجایی[1] (RLiR) برابر است با:

$$RLiR = C_5.C_6.\left(\frac{365}{DW}\right).SU.H.W \qquad (۱-۱۰)$$

که در آن:

SU: میزان تخمینی استفاده از راهرو- بین ۷۰ تا ۹۰ درصد

DW: متوسط زمان انباشت کانتینر (روز)

C_5: تعداد سفر به ازای هر کانتینر (برابر ۲)

C_6: تعداد جابجایی‌ها در هر سفر

[1] RTG Lifting Repetitions

W: عرض انباشت بر حسب TEU

H: ارتفاع انباشت بر حسب TEU

۲-۳-۶-۱-۴- کانالیزه‌بودن خط

حرکات وسایل‌نقلیه بر روی روسازی، از یک مسیر مشخص پیروی نمی‌کند، بدین معنی که مسیر حرکت معمولاً در عرض مسیر متغیر است. اگر عرض مسیر یا خط‌کشی عبور وسیله‌نقلیه تقریباً به اندازه عرض وسیله‌نقلیه باشد، کانالیزه‌شدن خط[1] بصورت شدید اتفاق می‌افتد. در طرف مقابل، هر چقدر که مسیر عبور وسیله‌نقلیه عریض‌تر شود، کانالیزه‌بودن خط و در نتیجه خرابی نسبی روسازی کمتر رخ می‌دهد. برای در نظر گرفتن اثر کاهشی انحراف وسیله‌نقلیه بر روی خرابی نسبی از روش زیر استفاده می‌شود:

۱) انحراف معیار (SD[2]) حرکت وسیله‌نقلیه با استفاده از رابطه (۱-۱۱) یا رابطه (۱-۱۲) تعیین شود.

- برای راه‌های دسترسی یا سطوح مشابه که عبور وسایل‌نقلیه از آن از یک توزیع نرمال پیروی می‌کند:

$$SD = \frac{l_e}{6^*} \qquad (۱-۱۱)$$

- برای محوطه‌هایی نظیر باراندازها، محوطه‌های اسکله یا سایر محوطه‌های باز:

$$SD = \frac{l_e}{3.5^*} \qquad (۱-۱۲)$$

*با فرض اینکه ۹۹/۶ درصد وسایل‌نقلیه در داخل مسیر عبوری حرکت کنند.

که در آن l_e پهنای مؤثر مسیر عبوری است که می‌تواند به روش‌های زیر تخمین زده شود:

- از حداقل شعاع دورزدن وسیله‌نقلیه به درون خط.
- کاستن اختیاری از ۱ تا ۲ متر در هر دو طرف خط.
- بعنوان پهنای واقعی روسازی مورد استفاده.

۲) فاکتور کاهشی (RF[3]) با استفاده از رابطه (۱-۱۳) محاسبه شود.

[1] Lane Channelisation

[2] Standard Deviation

[3] Reduction Factor

$$RF = \frac{1}{(9.3\frac{Sd}{N_t^2}+1)} \quad (۱-۱۳)$$

که در آن:

Sd: انحراف معیار انحراف وسیله‌نقلیه بر حسب متر است.

N_t: تعداد کل چرخ‌ها در «نصف محور» است.

۳) اثر کانالیزه‌بودن خط با ضریب ($\frac{1}{1-RF}$) در ترافیک دوره عمر طراحی روسازی لحاظ می‌شود.

مثال: فاکتور کاهشی برای ریچ‌استکری که از مسیر دسترسی با عرض مؤثر ۳/۵ متر عبور می‌کند، برابر است با:

$$SD = \frac{3.5}{6} = 0.583\ m \quad \text{و} \quad RF = \frac{1}{(9.3\frac{0.583}{2^2}+1)} = 0.424$$

در موارد شدید کانالیزه‌بودن خط، توصیه می‌شود که تعداد تکرار بارگذاری با ضریب ۵ افزایش یابد.

۲-۴- طراحی روسازی معابر

۱-۲-۴- محدوده کاربرد

محدوده کاربرد روش طراحی روسازی معابر، کلیه معابر و راه‌های دسترسی در داخل بنادر است که صرفاً وسایل‌نقلیه جاده‌ای متداول (مطابق تعریف ارائه‌شده در پیوست شماره۴: راهنمای بارگذاری روسازی بنادر) از آن عبور می‌کند.

۲-۲-۴- روش طراحی

معابر آسفالتی مشمول این روش طراحی باید مطابق «آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران- نشریه ۲۳۴ سازمان برنامه و بودجه کشور» طراحی شوند.

معابر بتنی مشمول این روش طراحی باید مطابق «دستورالعمل طراحی، اجرا و نگهداری روسازی بتنی راه‌ها- ضابطه شماره ۷۳۱ سازمان برنامه و بودجه کشور» طراحی شوند.

۴-۲-۳- سطح قابلیت اطمینان

سطح قابلیت اطمینان[1] برای اطمینان از دوام روسازی و اعمال اثر تغییرات احتمالی تعداد ترافیک پیش‌بینی‌شده در عملکرد روسازی بکار می‌رود. سطح قابلیت اطمینان باید برای روسازی‌های آسفالتی معابر بندری ۹۰ درصد و برای روسازی‌های بتنی معابر بندری ۹۵ درصد در نظر گرفته شود.

۴-۲-۴- طول دوره بهره‌برداری روسازی

طول دوره بهره‌برداری روسازی معابر مدت زمانی است که روسازی اولیه برای آن طراحی می‌شود و بدون نیاز به ترمیم اساسی با کیفیت قابل قبول دوام می‌آورد. طول دوره بهره‌برداری برای روسازی‌های آسفالتی معابر ۱۳ تا ۱۵ سال و برای روسازی‌های بتنی ۲۵ سال در نظر گرفته می‌شود.

۴-۲-۵- طول دوره تحلیل

طول دوره تحلیل[2] مدت زمانی است که معیار مقایسه فنی- اقتصادی گزینه‌های منتخب روسازی قرار می‌گیرد و در این مدت بیشتر از یک ترمیم اساسی برای روسازی پیش‌بینی می‌شود. طول دوره تحلیل برای انواع روسازی‌های معابر بندری باید ۴۰ ساله در نظر گرفته شود. تحلیل مالی برای این دوره باید با روش ارزش فعلی دارایی (NPV) انجام شود.

۴-۲-۶- ترافیک باری در معابر

ترافیک وسایل‌نقلیه باری در معابر بندری با استفاده از روش‌های ترددشماری و یا تخمین بر مبنای ظرفیت عملیاتی محوطه‌های بندری قابل پیش‌بینی است. در گزینه تخمین بر مبنای ظرفیت عملیاتی محوطه‌ها استفاده از برآورد تقاضای ترافیک در دروازه‌های ورودی و خروجی هر محوطه که بر اساس اصول حاکم بر ترافیک قابل انجام است، توصیه می‌شود. لازم بذکر است که ضوابط گفته‌شده، برای تعیین تعداد عبور کامیون بکار می‌رود، از اینرو اگر هدف طرح روسازی آسفالتی برای معابر باشد، باید با استفاده از ضرایب هم‌ارز آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران- نشریه ۲۳۴

[1] Reliability level

[2] Analysis period

و در صورتی‌که هدف طرح روسازی بتنی باشد با استفاده از ضرایب هم‌ارز دستورالعمل طراحی، اجرا و نگهداری روسازی بتنی راه‌ها- نشریه ۷۳۱ تعداد محور هم‌ارز محاسبه و استفاده شود.

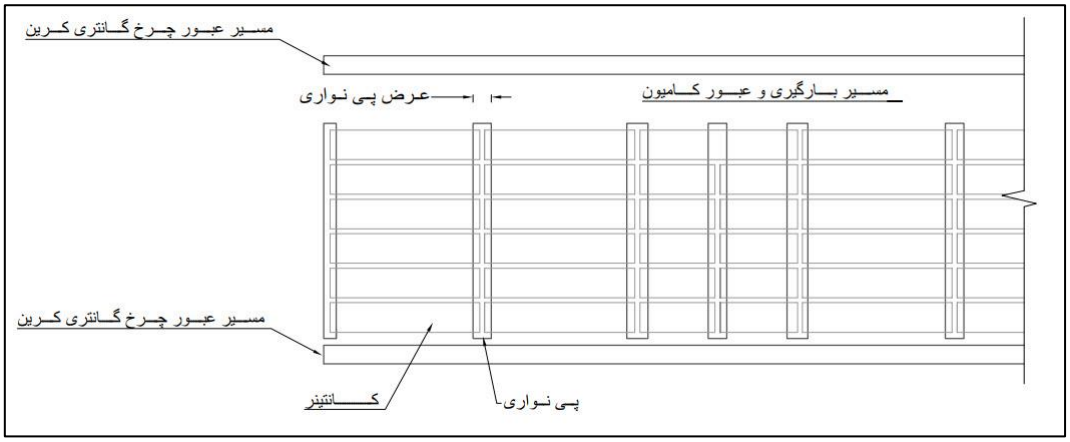
۳-۴-طراحی روسازی با فنداسیون ویژه

۱-۳-۴- محدوده کاربرد

روش طراحی روسازی با فنداسیون ویژه شامل طراحی اجزای محوطه‌های کانتینری است که جابجایی کانتینرها در آن با گانتری‌کرین انجام می‌شود.

۲-۳-۴- معرفی محوطه کانتینری- گانتری‌کرین

محوطه کانتینری شامل محدوده محصور به مسیر عبور چرخ گانتری‌کرین است که مطابق شکل ۹ پی‌های نواری در آن بصورت عمود بر مسیر عبور چرخ گانتری‌کرین قرار گرفته و کانتینرها بر روی این پی‌ها انباشت می‌شود.



شکل ۹ محوطه کانتینری- گانتری‌کرین

۳-۳-۴- طراحی اجزای روسازی با فنداسیون ویژه

۱-۳-۳-۴- مسیر عبور چرخ گانتری‌کرین

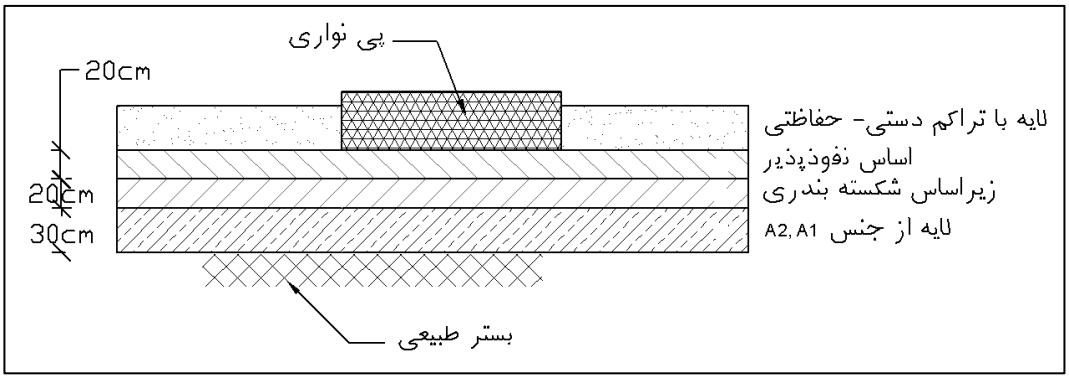
مسیر عبور چرخ گانتری‌کرین، بصورت سازه بتن مسلح با عرض ۱/۵ متر است که طراحی ضخامت و تعیین جزئیات آرماتورگذاری آن، باید متناسب با نحوه بارگذاری ارائه‌شده در پیوست شماره ۳ و توسط مهندس سازه انجام شود. ضمناً تعداد عبور چرخ گانتری‌کرین مطابق ردیف (۴-۱-۶-۳-۱) قابل محاسبه است.

۲-۳-۳-۴- پی نواری

پی نواری که نشیمن‌گاه کانتینرها است، از جنس بتن مسلح با عرض متغیر ۱/۵ تا ۱/۷ متر ساخته می‌شود. فاصله بین پی‌های نواری متناسب با ابعاد کانتینر (۴۰ فوت یا ۲۰ فوت) و چیدمان آن قابل تغییر است. طراحی ضخامت و تعیین جزئیات آرماتورگذاری این پی، باید متناسب با نحوه بارگذاری ارائه‌شده در پیوست شماره ۳ و توسط مهندس سازه انجام شود.

۳-۳-۳-۴- روسازی بین پی‌های نواری

روسازی بین پی‌های نواری می‌تواند با رویه شنی یا آسفالتی (حفاظتی) طرح و اجرا شود. سازه این روسازی باید مطابق جزئیات ارائه‌شده در شکل ۱۰ باشد. لازم بذکر است که این روسازی تحت اثر مستقیم هیچ‌گونه باری قرار نمی‌گیرد و طراحی آن بر اساس بارگذاری صفر است. بارگذاری در تمام دوره‌بهره‌برداری بر روی این روسازی ممنوع است.



شکل ۱۰ جزئیات اجرایی روسازی با پی نواری

۴-۳-۳-۴- مسیر عبور تجهیزات کانتینربر

طراحی ساختار روسازی مسیر عبور تجهیزات کانتینربر باید مطابق روش طراحی روسازی محوطه‌های بندری انجام شود. ضمناً تعداد عبور تجهیزات کانتینربر مطابق ردیف (۴-۱-۶-۳-۱) قابل محاسبه است.

۵

اجرای روسازی بنادر

۵- اجرای روسازی بنادر

۵-۱- بستر روسازی

بستر روسازی سطح آخرین لایه متراکم‌شده خاکریزها، خاکبرداری‌ها و یا زمین موجود است که مقاومت آن بشرطی که معرف شصت سانتیمتر از خاک لایه‌های زیرین باشد، معیار طراحی لایه منتخب و زیراساس است.

۵-۱-۱- آماده‌سازی بستر

عملیات پاکسازی بستر حریم راه شامل برداشتن و به دور ریختن هرگونه مواد و مصالح زائد، نباتات و اشجار، ساختمان و ابنیه و هرگونه مانعی در تمامی محوطه روسازی بنادر است. پاک‌کردن بستر و حریم محوطه بندری باید قبل از هرگونه خاکبرداری و یا خاکریزی شروع و انجام شود.

کلیه عملیات خاکبرداری و خاکریزی باید بر اساس نقشه‌های اجرایی و با ابعاد و اندازه‌های مشخص‌شده در نقشه‌ها و یا دستورات مهندس مشاور انجام شود. در حین عملیات خاکبرداری و خاکریزی باید مراقبت کامل به عمل آید تا هیچ گونه آسیبی به تأسیسات، تجهیزات، مستحدثات، ابنیه فنی، علائم و نقاط ثابت نقشه برداری، و نیز اموال بخش دولتی و خصوصی وارد نیاید. همچنین تمام مناطقی در سطح بستر که دارای خاک نرم و سست هستند باید خاک‌برداری و با مصالح متراکم جایگزین شوند.

در صورتی‌که ارتفاع خاکریزی کمتر از ۱۲۰ سانتیمتر است، باید خاک‌های نباتی و پوشش گیاهی (حداقل به ضخامت ۱۵ سانتیمتر) از سطح بستر جمع‌آوری شود. خاک‌هایی که در خاکریزی مصرف می‌شود باید در لایه‌های یکنواخت و با ضخامت ثابت در عرض خاکریزها ریخته شود. ضخامت لایه‌های خاکریز معمولی نباید بعد از کوبیدن، بیش از ۲۰ سانتیمتر باشد مگر در خاکریزهای سنگی و یا خاکریزهایی که در آن از مخلوط مصالح سنگی و خاک استفاده می‌شود که در این موارد، ضخامت‌ها با توجه به نوع مصالح و حداکثر درشتی قطعات سنگی و با نظر مهندس مشاور تعیین می‌شود. ضمناً باید از خاک‌های با کیفیت ضعیف‌تر در لایه‌های زیرین و از خاک‌های مرغوب‌تر در لایه‌های بالاترِ خاکریز استفاده شود.

۲-۱-۵- کنترل کیفیت اجرای بستر

- سطح تمام‌شده بستر روسازی باید صاف و عاری از هرگونه موج و ناهمواری باشد به طوری‌که هرگاه با یک شمشه ۴ متری در تمام جهت‌ها اندازه گیری شود ناهمواری‌های آن بیش از ۲۰ میلیمتر نباشد.
- سطح آماده‌شده بستر روسازی راه باید با شیب‌های طولی و عرضی نقشه‌های اجرایی مطابقت داشته باشد.
- حداکثر اختلاف مجاز رقوم اجرایی و نقشه در نیمرخ‌های طولی و عرضی مربوط به بستر ۲۵± میلیمتر است.

۲-۵- لایه با مصالح منتخب

لایه با مصالح منتخب شامل مصالح با CBR بیش از ۱۵ درصد در درصد رطوبت بهینه با تراکم ۱۰۰ است که پس از ریختن و کوبیده‌شدن می‌تواند به عنوان یک بستر مستحکم بار وسایل‌نقلیه را جهت اجرای لایه‌های فوقانی تحمل کند.

۱-۲-۵- مشخصات فنی لایه منتخب

مصالح مصرفی در لایه منتخب می‌تواند بصورت شنی از بستر رودخانه‌ها، مسیل‌های قدیمی، تپه‌های شن و ماسه‌ای یا واریزه‌ها و یا از مصالح سنگی استخراج‌شده از معادن سنگ یا قلوه‌سنگ‌های طبیعی که در سنگ‌شکن شکسته و سرند می‌شود، بدست آید. این مصالح باید دارای مشخصات فنی زیر باشد:

الف: دانه‌بندی مصالح لایه منتخب باید منطبق بر یکی از چهار دانه‌بندی ارائه‌شده در جدول ۱۳ و پیوسته و یکنواخت باشد. دانه‌بندی مورد مصرف در هر پروژه باید با در نظر گرفتن شرایط محیطی و اجرایی به ویژه قابلیت زهکشی لایه و نیز مقدار مصالح عبوری از الک ۰/۰۷۵ میلیمتر، طراحی و در مشخصات فنی ذکر شود.

ب: دامنه خمیری مطابق آزمایش آشتو T90، نباید از ۱۰ درصد تجاوز کند.

پ: ارزش ماسه‌ای بعد از تراکم لایه بر اساس آزمایش آشتو T176 نباید از ۲۵٪ کمتر باشد.

ت: درصد سایش مصالح به روش لوس آنجلس آشتو T96 نباید از ۵۰٪ تجاوز کند.

ث: تحمل باربری مصالح (سی‌بی‌آر) که با روش ASTM D1883 و با تراکم آزمایشگاهی آشتو T180 روش D اندازه‌گیری می‌شود، نباید از ۱۵٪ کمتر باشد.

جدول ۱۳ دانه‌بندی مصالح لایه منتخب

نوع دانه بندی / اندازه الک	درصد وزنی ردشده از هر الک			
	I	II	III	IV
۵۰ میلیمتر (۲ اینچ)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	---
۳۷/۵ میلیمتر (۱/۵ اینچ)	---	۱۰۰-۹۰	---	۱۰۰
۲۵ میلیمتر (۱ اینچ)	۷۵-۸۰	۹۰-۷۵	۹۵-۷۵	۱۰۰-۹۰
۹/۵ میلیمتر ($\frac{۳}{۸}$ اینچ)	۶۵-۳۰	۷۰-۴۰	۷۵-۴۰	۸۰-۵۵
۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴)	۵۵-۲۵	۶۰-۳۰	۶۰-۳۰	۶۰-۴۰
۲ میلیمتر (شماره ۱۰)	۴۰-۱۵	۵۰-۲۰	۴۵-۲۰	۴۸-۲۸
۰/۴۲۵ میلیمتر (شماره ۴۰)	۲۰-۸	۳۰-۱۰	۳۰-۱۵	۲۸-۱۴
۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰)*	۸-۲	۱۲-۳	۱۲-۵	۱۲-۵

* برای کاهش حساسیت مصالح منتخب در مقابل یخبندان می‌توان به تشخیص مهندس مشاور, درصد مواد ردشده از الک ۲۰۰ را کاهش داد و برای اطمینان بیشتر لازم است درصد مواد ریزتر از ۲۰ میکرون نیز از ۳ درصد تجاوز نکند. همچنین درصد وزنی مواد ردشده از الک ۲۰۰ نباید از دو سوم درصد وزنی ردشده از الک ۴۰ بیشتر باشد.

در محل‌هایی که مخلوط شن و ماسه رودخانه‌ای و یا سنگ شکسته کوهی طبق مشخصات در دسترس نباشد، می‌توان با اضافه‌کردن مواد تثبیت‌کننده مانند سیمان، آهک و یا قیر مصالح موجود را پایدار کرد.

۲-۲-۵- اجرای لایه با مصالح منتخب

پس از انتخاب معدن شن و ماسه، ابتدا دانه‌بندی مصالح مطابق روش T-۲۷ آشتو تعیین می‌شود. چنانچه دانه‌های درشت‌تر از حد مشخصات وجود داشته باشد، قبل از حمل با سرند مکانیکی جدا می‌شوند، به طوری‌که مصالح سرندشده در داخل محدوده یکی ازدانه‌بندی‌های تعیین‌شده در جدول ۱۳ قرار گیرد. سپس سایر آزمایش‌های مندرج در ردیف ۱-۲-۵ انجام می‌شود. چنانچه نتایج در حد مشخصات باشد، مصالح حمل و روی بستر روسازی آماده‌شده راه ریسه می‌شود.

قبل از ریسه‌نمودن مصالح، سطح بستر روسازی بایستی بر اساس شیب‌های طولی و عرضی مندرج در نقشه‌ها تنظیم شده باشد، به‌گونه‌ای که ارقام نقاط مختلف آن با ارقام نظیر در نقشه‌ها از ۲۵ میلیمتر تجاوز نکند.

میزان مصالح ریسه‌شده روی سطح بستر روسازی متناسب با عرض بستر و ضخامت و میزان تراکم لایه منتخب در هر مورد محاسبه خواهد شد. مصالح ریسه‌شده روی بستر روسازی راه که دارای مشخصات لازم باشد، با توجه به

کم‌شدن حجم در اثر تراکم، به ضخامتی حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد بیش از ضخامت تئوریک تعیین‌شده در مشخصات پخش می‌شود. سپس با تانکرهای آب‌پاش روی مصالح پخش‌شده آب‌پاشی می‌شود.

مقدار آب‌پاشی باید متناسب با رطوبت بهینه برای کوبیدن مصالح باشد که طبق روش آشتو T180 طریقه D تعیین می‌شود. حداکثر ضخامت کوبیده‌شده لایه منتخب ۲۰ سانتیمتر است. درصورتی‌که ضخامت کل لایه منتخب از ۲۰ سانتیمتر تجاوز نماید، مصالح در ۲ و یا چند لایه پخش می‌شود.

کوبیدن لایه منتخب با استفاده از غلتک‌های چرخ فولادی استاتیک، یا غلتک‌های چرخ لاستیکی، به وزن حدود ۱۲ تن شروع می‌شود. برای تسهیل کوبیدگی می‌توان از غلتک‌های لرزشی (ویبره) یا غلتک‌های کششی- لرزشی نیز استفاده کرد. وزن غلتک باید طوری باشد که سنگدانه‌ها زیر چرخ غلتک شکسته نشود.

قبل از اتمام کوبیدگی، سطح لایه منتخب مجدداً ترازیابی و ارقام نقاط با ارقام نظیر در نقشه‌های نیمرخ طولی و نیمرخ‌های عرضی مطابقت داده می‌شود. چنانچه اختلاف نهایی حداکثر ۲۰± میلیمتر باشد، کوبیدگی ادامه می‌یابد، در غیراینصورت مصالح اضافی تراشیده و در نقاطی که مصالح کم باشد مقدار لازم به آن اضافه و سپس مخلوط می‌شود و کوبیدگی تا حصول نتیجه ادامه می‌یابد.

۳-۲-۵- کنترل کیفیت اجرای لایه منتخب

- سطح تمام‌شده لایه منتخب باید صاف و عاری از هرگونه موج و ناهمواری باشد به طوری‌که هرگاه با یک شمشه ۴ متری در تمام جهت‌ها اندازه گیری شود ناهمواری‌های آن بیش از ۱۵ میلیمتر نباشد.
- حداکثر اختلاف مجاز رقوم اجرایی و نقشه در نیمرخ‌های طولی و عرضی مربوط به لایه منتخب ۲۰± میلیمتر است. در غیر اینصورت مصالح اضافی از سطح راه تراشیده و برداشته می‌شود و در صورتیکه مصالح کم باشد مصالح لازم اضافه و طبق مشخصات تسطیح، مخلوط و کوبیده می‌شود.
- ضخامت لایه منتخب پس از کوبیده‌شدن باید با ضخامت و رواداری مشخص‌شده در نقشه‌ها مطابقت داشته باشد.
- عبور ترافیک از روی سطح لایه منتخب مجاز نیست، زیرا ترافیک موجب از دست‌رفتن کیفیت مطلوب لایه می‌شود.

- تراکم نسبی لایه منتخب با روش آزمایش آشتو T191 باید حداقل ۹۸ درصد حداکثر وزن مخصوص خشک مصالحی باشد که در آزمایشگاه با روش آشتو T180 طریقه D بدست می‌آید، مشروط بر اینکه تحمل باربری مصالح (سی‌بی‌آر) از ۱۵٪ کمتر نباشد.

برای کنترل کیفیت مصالح و کارهای انجام‌شده بایستی از مصالح مصرفی، قبل از مصرف و همچنین حین انجام کار و متناسب با پیشرفت، آزمایش‌های لازم به عمل آید. تعداد و نوع آزمایش‌ها به شرح زیر است:

الف: به ازای هر ۵۰ متر از طول راه یک آزمایش تعیین وزن مخصوص محلی انجام می‌شود، و برای محوطه‌ها یک آزمایش برای هر ۷۵ مترمکعب مصالح به عمل می‌آید. ضخامت لایه منتخب در هر آزمایش اندازه‌گیری و گزارش می‌شود.

ب: آزمایش تراکم آزمایشگاهی به ازای هر ۵۰۰ متر مکعب مصالح یکبار انجام می‌شود و در صورتی‌که جنس مصالح تغییر کند، آزمایش بیشتری به عمل می‌آید.

پ: از مصالحی که پخش می‌شود، بازای هر ۱۰۰۰ متر مکعب یکبار آزمایش دانه‌بندی، دامنه خمیری و ارزش ماسه‌ای انجام می‌شود.

ت: به تشخیص مهندس مشاور، برای کنترل سی‌بی‌آر آزمایشگاهی مصالح لایه منتخب در فواصل ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر اقدام می‌شود.

۳-۵-زیراساس

۱-۳-۵- انواع قشر زیراساس

با توجه به نوع زمین، شرایط جوی، مصالح موجود در محل، میزان بار وارده، تعداد آمد و شد و همچنین وضع اقتصادی از انواع زیراساس به شرح زیر می‌توان استفاده کرد. برای هر پروژه، نوع زیراساس باید در دفترچه مشخصات فنی خصوصی قید شود.

۵-۳-۱-۱- زیراساس با شن و ماسه رودخانه‌ای

زیراساس معمولاً از شن و ماسه بستر رودخانه‌ها، مسیل‌های قدیمی، تپه‌های شن و ماسه‌ای یا واریزه‌ها و سایر معادن به دست می‌آید. چنانچه این مصالح دانه‌های درشت‌تر از حد مشخصات داشته باشد، باید مصالح با سرندهای مکانیکی سرند و دانه‌بندی مناسب برای مصرف قشر زیراساس تأمین شود.

۵-۳-۱-۲- زیراساس کوهی یا قلوه سنگی شکسته

سنگ‌های استخراج‌شده از معادن سنگ و یا قلوه سنگ‌های درشت طبیعی می‌تواند در سنگ‌شکن شکسته و سپس سرند شده و در صورت لزوم پس از اختلاط با سایر مصالح، در قشر زیراساس بکار رود.

۵-۳-۱-۳- زیراساس تثبیت‌شده

در محل‌هایی که مخلوط شن و ماسه رودخانه‌ای و یا سنگ شکسته کوهی طبق مشخصات در دسترس نباشد، یا بدلیل زیادبودن بعد مسافت و سایر مشکلات اقتصادی و فنی در تهیه و استفاده از مصالح زیراساس شنی یا سنگی، می‌توان با اضافه‌کردن مواد تثبیت‌کننده مانند سیمان، آهک و یا قیر مصالح موجود را پایدار کرد. در زمین‌هایی که آلوده به مواد مضری هستند که روی سیمان اثر مخرب می‌گذارند و یا در محل‌هایی که احتمال رشد و روییدن گیاهان وجود دارد، می‌توان از زیراساس آهکی استفاده کرد. در هر صورت، با توجه به شرایط پروژه و ضوابط موجود، نوع قشر زیراساس باید تعیین و در مشخصات فنی خصوص قید شود.

۵-۳-۲- مشخصات فنی و نحوه اجرای زیراساس

مشخصات فنی، نحوه تهیه مصالح و اجرای عملیات انواع لایه‌های زیراساس باید منطبق بر ضوابط فصل دوازدهم نشریه ۱۰۱ باشد.

۵-۳-۳- کنترل کیفیت اجرای زیراساس

- سطح تمام‌شده زیراساس باید صاف و عاری از هرگونه موج و ناهمواری باشد به طوری‌که هرگاه با یک شمشه ۴ متری در تمام جهت‌ها اندازه گیری شود ناهمواری‌های آن بیش از ۱۵ میلیمتر نباشد.

- حداکثر اختلاف مجاز رقوم اجرایی و نقشه در نیمرخ‌های طولی و عرضی مربوط به زیراساس ۲۰± میلیمتر است. در غیر اینصورت مصالح اضافی از سطح راه تراشیده و برداشته می‌شود و در صورتیکه مصالح کم باشد مصالح لازم اضافه و طبق مشخصات تسطیح، مخلوط و کوبیده می‌شود.
- ضخامت قشر زیراساس پس از کوبیده‌شدن باید با ضخامت و رواداری مشخص‌شده در نقشه‌ها مطابقت داشته باشد.
- عبور ترافیک از روی سطح زیراساس مجاز نیست، زیرا ترافیک موجب از دست‌رفتن کیفیت مطلوب زیراساس می‌شود.
- تراکم نسبی لایه زیراساس با روش آزمایش آشتو T191 باید برابر صد درصد حداکثر وزن مخصوص خشک مصالحی باشد که در آزمایشگاه با روش آشتو T180 طریقه D بدست می‌آید.
- لایه زیراساس برای جلوگیری از نفوذ از پایین به بالای مصالح، باید متراکم شود. مصالح زیراساس تا ضخامت متراکم‌شده ۲۰۰ میلیمتر را می‌توان در یک لایه و ضخامت‌های متراکم‌شده بیشتر از ۲۰۰ میلیمتر را در دو یا چند لایه اجرا کرد. البته باید توجه داشت که حداقل ضخامت متراکم‌شده هیچ‌کدام از لایه‌ها کمتر از ۱۰۰ میلیمتر نباشد.
- برای کنترل کیفیت مصالح و کارهای انجام‌شده بایستی از مصالح مصرفی، قبل از مصرف و همچنین حین انجام کار و متناسب با پیشرفت، آزمایش‌های لازم مطابق فصل دوازدهم نشریه ۱۰۱ به عمل آید.

۴-۵-اساس

لایه اساس به عنوان یکی از لایه‌های روسازی با مشخصات معین که دارای قابلیت باربری، انتقال تنش و زهکشی (بسته به نوع مشخصات) در ابعاد هندسی مورد نظر و به شرح نقشه‌های اجرایی بر روی لایه زیراساس یا بستر روسازی اجرا می‌شود. مصالح مورد استفاده برای این لایه باید دارای شرایط فنی این فصل باشد و با رطوبت مناسب کوبیده شود.

۱-٤-٥- انواع قشر اساس

با توجه به نوع زمین، شرایط جوی، مصالح موجود در محل، میزان بار وارده، تعداد آمد و شد و همچنین وضع اقتصادی از انواع اساس به شرح زیر می‌توان استفاده کرد:

- اساس با مصالح سنگدانه‌ای شکسته
- اساس ماکادامی
- اساس سیمانی
- اساس قیری
- اساس نفوذپذیر

اساس سیمانی از نوع CBM

برای هر پروژه، نوع اساس باید در دفترچه مشخصات فنی خصوصی قید شود.

۲-٤-٥- مشخصات فنی و نحوه اجرای اساس

۱-۲-۴-۵- اساس‌های دانه‌ای، ماکادامی و قیری

مشخصات فنی، نحوه تهیه مصالح و اجرای عملیات انواع لایه‌های اساس دانه‌ای، ماکادامی و قیری باید مطابق ضوابط فصل سیزدهم نشریه ۱۰۱ باشد.

۲-۲-۴-۵- اساس نفوذپذیر

در خصوص لایه اساس نفوذپذیر، مشخصات فنی و اجرایی لایه باید مطابق با «راهنمای طرح و اجرای لایه‌های روسازی با زهکش مناسب- نشریه ۳۶۶» باشد.

۳-۲-۴-۵- اساس سیمانی

مصالح شنی یا سنگی با مشخصات فنی معین تهیه و بر روی بستر راه حمل و با سیمان پرتلند مخلوط و به ابعاد هندسی مورد نظر پخش و سپس طبق شرایط فنی گفته‌شده آبپاشی و کوبیده می‌شود. قشر حاصله اساس سیمانی نامیده می‌شود. اساس سیمانی در مواردی که از قشر اساس استحکام، انسجام و نفوذناپذیری بیشتری انتظار می‌رود، مورد مصرف پیدا می‌کند.

۱-۳-۲-۴-۵- مشخصات اساس سیمانی

مصالح مصرفی برای اساس سیمانی از بستر رودخانه، معادن شن و ماسه و یا از سنگ کوهی شکسته‌شده تهیه می‌شود. این مخلوط باید تمیز و عاری از مواد آلی و گیاهی باشد. مشخصات فنی اساس سیمانی بدین شرح است:

الف: دانه‌بندی مصالح مصرفی در اساس سیمانی باید با یکی از دانه‌بندی‌های جدول ۱۴ مطابقت داشته و همواره پیوسته و یکنواخت باشد. دانه‌بندی مورد مصرف در هر پروژه باید با در نظر گرفتن شرایط محیطی و اجرایی، طراحی و در مشخصات فنی ذکر شود.

جدول ۱۴ دانه‌بندی مصالح سنگی قشر اساس سیمانی

نوع دانه‌بندی / شماره الک	درصد وزنی رد شده از هر الک	
	I	II
۷۵ میلیمتر (۳ اینچ)	--	۱۰۰
۶۳ میلیمتر ($2\frac{1}{2}$اینچ)	--	۱۰۰-۹۰
۲۵ میلیتر (۱ اینچ)	۱۰۰	--
۱۹ میلیمتر ($\frac{3}{4}$ اینچ)	۱۰۰-۹۰	--
۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴)	۷۰-۴۰	۷۰-۳۵
۰/۶ میلیمتر (شماره ۳۰)	۴۰-۱۲	--
۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰)	۱۵-۳	۲۰-۳

ب: حداقل ۲۵ درصد مصالح مانده روی الک ۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴) باید در یک جبهه شکسته شده باشد (شکستگی طبیعی ملاک عمل نیست).

پ: ارزش ماسه‌ای بعد از تراکم لایه بر اساس آزمایش آشتو T176 نباید از ۳۰٪ کمتر باشد.

ت: درصد سایش مصالح به روش لوس آنجلس آشتو T96 نباید از ۴۵٪ تجاوز کند.

ث: تحمل باربری مصالح (سی‌بی‌آر) که با روش ASTM D1883 و با تراکم آزمایشگاهی آشتو T180 روش D اندازه‌گیری می‌شود، نباید از ۵۰٪ کمتر باشد.

۲-۳-۲-۴-۵- اجرای لایه اساس سیمانی

اجرای لایه اساس سیمانی مطابق شرایط زیر انجام شود.

- **آماده‌کردن سطح راه**

رقوم بسترهای زیرین قشر اساس سیمانی قبل از پخش مصالح باید منطبق بر نیمرخ‌های طولی و عرضی نموده‌شده در نقشه‌ها بوده و ناهمواری سطوح آن‌ها نیز در حدود رواداری مندرج در مشخصات باشد. چنانچه عبور وسایل‌نقلیه خصوصیات و مشخصات لازم این بستر را از بین برده باشد، اصلاح آن‌ها قبل از پخش اساس سیمانی بنحوی که مورد تأیید مهندس مشاور باشد، ضروری است. سطح راه قبل از پخش اساس سیمانی باید مرطوب نگه داشته شود.

- **مخلوط‌کردن مصالح**

مصالح لازم برای اساس سیمانی می‌تواند در در سطح راه مخلوط و پخش شود و یا در خارج راه مخلوط و به سطح راه حمل و سپس پخش شود. در حالتی که عمل اختلاط در سطح راه انجام می‌شود، مصالح سنگی باید به شکل مقعر پخش و تنظیم شود تا سیمان‌های مصرفی به هدر نرود. ضمناً سیمان مصرفی نباید بیشتر از چهار ساعت قبل از موعد بر روی مصالح ریخته شود.

عمل اختلاط سیمان و مصالح باید آنقدر ادامه پیدا کند تا رنگ مخلوط یکنواخت شود، بطوری‌که با چشم نتوان در یک محل سیمان اضافی یا مصالح سنگی اضافی را تشخیص داد. در صورتی‌که درجه حرارت محیط کمتر از ۵ درجه سانتیگراد باشد و یا در حالتی که احتمال بارندگی وجود دارد، پخش سیمان و اختلاط آن باید فوراً قطع شود.

ماشین آبپاش باید دارای دستگاه‌های کنترل‌کننده میزان آب پاشیده‌شده باشد. ماشین آبپاش نباید به هیچوجه در سطح مصالح پخش‌شده توقف کند و یا دارای منافذ نشت آب باشد. پس از آبپاشی باید با نمونه‌برداری‌های متناسب میزان آب دقیقاً کنترل شود. مقدار آب موجود بعد از اختلاط کامل باید برابر رطوبت بهینه یا حداکثر یک درصد کمتر از آن باشد.

- **کوبیدن مخلوط**

مخلوط مرطوب باید با غلتک‌های مناسب و مورد تأیید مهندس مشاور کوبیده شود. برای کوبیدن اولیه بر حسب مورد می‌توان از غلتک‌های پاچه‌بزی و یا غلتک‌های استاتیک ردیف و برای کوبیدن نهایی از غلتک‌های چرخ لاستیکی یا سه‌چرخ آهنی استفاده کرد. عملیات کوبیدگی بعد از افزودن آب به مخلوط سیمان و مصالح سنگی باید حداکثر بعد از ۲/۵ ساعت خاتمه یابد. در نقاطی که امکان استفاده از غلتک‌های بزرگ نیست، استفاده از غلتک‌های کوچک موتوری ویبره، مشروط به آن‌که مورد تأیید مهندس مشاور باشد، مجاز است.

- **کنترل سطح تمام‌شده**

رقوم سطح تمام‌شده هر لایه از قشر اساس سیمانی قبل از آن‌که لایه بعدی ریخته شود باید در محدوده رواداری قیدشده، با نیمرخ‌های طولی و عرضی منطبق باشد.

۴-۲-۴-۵- اساس سیمانی CBM

در ا جرای رویه بلوکی بتنی متداول است که در زیر رویه بلوکی بتنی از یک نوع اساس سیمانی بصورت مخلوط مصالح سنگ‌دانه‌ای و چسباننده سیمان که اساس سیمانی « CBM[1]» نامیده می‌شود، استفاده شود. این لایه شامل بتن کم‌عیار با نسبت آب به سیمان کم، معادل اسلامپ صفر و نیازمند تراکم غلتکی است. لایه اساس تثبیت‌شده در رده‌های مختلف مقاومتی CBM1 تا CBM5 اجرا می‌شود که متداولترین آن اساس سیمانی رده ۴ یا CBM4 است.

۱-۴-۲-۴-۵- مشخصات اساس تثبیت‌شده سیمانی رده ۴ (CBM4)

مشخصات فنی لایه اساس CBM4 بدین شرح است:

الف: دانه‌بندی مصالح مصرفی در اساس CBM4 باید منطبق بر دانه‌بندی جدول ۱۵ باشد. دانه‌بندی مورد مصرف در هر پروژه باید با در نظر گرفتن شرایط محیطی و اجرایی، طراحی و در مشخصات فنی ذکر شود.

ب: حداقل مقاومت فشاری ۷ روزه نمونه مکعبی این مخلوط مطابق روش تراکم استاندارد BS1924، ۱۵ نیوتن بر میلیمتر مربع است.

پ: استفاده از رده‌های دیگر اساس تثبیت‌شده مذکور (CBM1 تا CBM5) بنا به نظر مشاور امکان‌پذیر است.

[1] Cement Bound Material

جدول ۱۵ دانه‌بندی مصالح سنگی CBM4

اندازه الک (میلیمتر)	درصد وزنی عبوری از الک
۲۵ میلیمتر (۱ اینچ)	۱۰۰
۱۹ میلیمتر ($\frac{۳}{۴}$ اینچ)	۱۰۰-۸۳
۱۲/۵ میلیمتر ($\frac{۱}{۲}$ اینچ)	۹۳-۷۲
۹/۵ میلیمتر ($\frac{۳}{۸}$ اینچ)	۸۵-۶۶
۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴)	۶۹-۵۱
۲/۳۶ میلیمتر (شماره ۸)	۵۶-۳۸
۱/۱۸ میلیمتر (شماره ۱۶)	۴۶-۲۸
۰/۶ میلیمتر (شماره ۳۰)	۳۶-۱۸
۰/۳ میلیمتر (شماره ۵۰)	۲۷-۱۱
۰/۱۵ میلیمتر (شماره ۱۰۰)	۱۸-۶
۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰)	۰/۰۷۵

۲-۴-۲-۴-۵- اجرای لایه اساس CBM4

لایه اساس سیمانی باید بصورت یکنواخت ریخته و پخش شود. اگر ضخامت لایه بیشتر از ۲۵ سانتیمتر است، در چند لایه ریخته و پخش شود. ضمناً سطح لایه اساس سیمانی، بلافاصله بعد از تراکم باید به مدت ۷ روز عمل‌آوری شود.

از آنجا که بتن CBM4 به لحاظ روانی معادل اسلامپ صفر است و به لحاظ کارایی می‌باید امکان پخش و تراکم با دستگاه‌های فینیشر مشابه فینیشر پخش آسفالت و تراکم غلتکی را داشته باشد. کنترل و میزان آب بهینه به‌منظور حصول حداکثر تراکم و پرهیز از روان‌شدن بتن و به‌طور هم‌زمان کفایت جهت واکنش‌های شیمیایی کسب مقاومت از حساسیت بسیاری برخوردار است.

اگر سطح اساس در نتیجه تراکم و اجرای نادرست، بصورت ناهمگون یا با شیب‌بندی نامناسب است نباید با ریختن ماسه سطح مذکور را اصلاح کرد. چرا که در طول زمان این ناهمواری‌ها به سطح رویه نیز منتقل می‌شود. برای رفع این موارد باید سطح اساس، قبل از ریختن ماسه اصلاح شود. برای اصلاح باید مصالح تا ضخامت کاملِ لایه برداشته و پس از جایگزینی مصالح جدید، لایه متراکم شود. رواداری اجرای لایه اساس، سخت‌گیرانه‌تر از سایر لایه‌های زیرین و در محدوده‌های ۰+ تا ۱۲- میلیمتر مجاز است.

۳-۴-۵- کنترل کیفیت اجرای اساس

- سطح تمام‌شده اساس باید صاف و عاری از هرگونه موج و ناهمواری باشد به طوری‌که هرگاه با یک شمشه ۴ متری در تمام جهت‌ها اندازه گیری شود ناهمواری‌های آن بیش از ۱۵ میلیمتر نباشد.
- همچنین حداکثر اختلاف مجاز رقوم اجرایی و نقشه در نیمرخ‌های طولی و عرضی مربوط به اساس ۱۵± میلیمتر است.
- ضخامت قشر اساس پس از کوبیده‌شدن باید با ضخامت و رواداری مشخص‌شده در نقشه‌ها مطابقت داشته باشد.
- عبور ترافیک از روی سطح اساس مجاز نیست، زیرا ترافیک موجب از دست‌رفتن کیفیت مطلوب اساس می‌شود.
- تراکم نسبی لایه اساس با روش آزمایش آشتو T191 باید برابر صد درصد حداکثر وزن مخصوص خشک مصالحی باشد که در آزمایشگاه با روش آشتو T180 طریقه D بدست می‌آید. در صورتی‌که تراکم نسبی بدست‌آمده کمتر از میزان مشخصه باشد، باید لایه کوبیده‌شده شخم‌زنی و سپس با آبپاشی و غلتک‌زنی مجدد آنقدر کوبیده شود تا تراکم نسبی قیدشده تأمین شود. ضخامت هر لایه نباید از دو برابر اندازه ماکزیمم دانه‌های مصالح مصرفی کمتر باشد.
- برای کنترل کیفیت مصالح و کارهای انجام‌شده بایستی از مصالح مصرفی، قبل از مصرف و همچنین حین انجام کار و متناسب با پیشرفت، آزمایش‌های لازم مطابق فصل سیزدهم نشریه ۱۰۱ به عمل آید. ضمن رعایت کامل ضوابط نشریه ۱۰۱، موارد زیر بویژه در محوطه‌های بندری الزامی است:
- از مصالح تهیه‌شده در پای کار نمونه‌برداری شده و آزمایش‌های مربوطه انجام تا در صورتی که مصالح طبق مشخصات نباشد، اصلاح شود.
- از مصالح آماده برای پخش از هر ۵۰۰ متر مکعب یک بار آزمایش‌های دانه‌بندی، درصد شکستگی، حد روانی و دامنه خمیری، به عمل می‌آید.

- آزمایش تعیین وزن مخصوص محلی در هر ۵۰ متر طول راه به ترتیب در وسط، چپ و راست انجام شود و در محوطه‌های بندری آزمایش به ازای هر ۷۵ متر مکعب مصالح به عمل می‌آید. ضخامت لایه زیراساس ویژه در هر مورد که آزمایش وزن مخصوص انجام می‌شود، اندازه‌گیری و در برگ آزمایش ارائه شود.
- آزمایش تراکم آزمایشگاهی و هم‌ارز ماسه‌ای باید در هر ۵۰۰ متر طول راه یک بار انجام شود و در محوطه‌های بندری آزمایش به ازای هر ۷۵۰ متر مکعب مصالح به عمل می‌آید. در صورت لزوم، آزمایش در فواصل کوتاه‌تر می‌تواند انجام شود.
- در صورتی‌که مهندس مشاور لازم تشخیص دهد، باید نسبت به آزمایش سی‌بی‌آر آزمایشگاهی مصالح در فواصل ۳۰۰ تا ۵۰۰ متر و سایر آزمایش‌های مورد نیاز، اقدام شود.

۵-۵-زیراساس ویژه بندر

لایه زیراساس ویژه بندر که بر روی لایه مصالح منتخب اجرا می‌شود، شامل مصالح با حداقل CBR برابر با ۸۰ درصد است که می‌تواند بصورت دانه‌ای و یا تثبیت‌شده با سیمان استفاده شود.

۵-۵-۱- مشخصات فنی و نحوه اجرای زیراساس ویژه بندر

مشخصات فنی و نحوه اجرای زیراساس ویژه بندری دقیقاً مطابق مشخصات و نحوه اجرای اساس سنگ‌دانه‌ای گفته‌شده در فصل سیزدهم نشریه ۱۰۱ است، با این توضیح که دانه‌بندی آن بر اساس یکی از دانه‌بندی‌های مصالح اساس سنگ‌دانه‌ای به‌گونه‌ای انتخاب شود که بتواند حداقل مقاومت CBR ۸۰ درصد را تأمین کند.

۵-۵-۲- کنترل کیفیت اجرای لایه زیراساس ویژه بندر

کنترل کیفیت اجرای لایه زیراساس ویژه بندر، مطابق ردیف ۵-۴-۳ (کنترل کیفیت اجرای اساس) انجام می‌شود.

۶-۵- رویه آسفالتی

۱-۶-۵- مشخصات مواد و مصالح مصرفی

۱-۱-۶-۵- مصالح سنگی

دانه‌بندی مصالح سنگی مصرفی برای بتن آسفالتی داغ مورد استفاده در روسازی بنادر، باید مطابق یکی از دانه-بندی‌های مجاز مشخصات فنی عمومی راه- نشریه ۱۰۱ باشد. حداکثر اندازه سنگدانه‌ها برای آستر (بیندر) معمولاً بین ۱۹ تا ۳۷/۵ میلیمتر متغیر است، اما در بنادر و اسکله‌ها مشروط بر آنکه بافت سطحی آن مشکلی ایجاد نکند از دانه‌بندی با سنگدانه‌های حداکثر ۲۵ میلیمتر برای قشر رویه استفاده می‌شود. مشخصات مصالح سنگی مصرفی برای بتن آسفالتی داغ مورد استفاده در روسازی بنادر باید مطابق ضوابط فنی نشریه ۱۰۱ باشد.

۲-۱-۶-۵- قیر

قیر مصرفی باید متناسب با شرایط دمایی منطقه و بر اساس طبقه‌بندی‌های ذکرشده در فصل چهاردهم مشخصات فنی عمومی راه نشریه شماره ۱۰۱ انتخاب شود. پیشنهاد می‌شود از روش طبقه‌بندی PG، در طبقه‌بندی قیر برای محوطه‌های بندر استفاده شود.

مهندسین مشاور باید برای هر نوع مخلوط آسفالتی با استفاده از ردیف مربوط در فصل چهاردهم نشریه ۱۰۱، نسبت به انتخاب قیر اقدام کند.

در صورت استفاده از روش طبقه‌بندی PG، برای مخلوط آسفالتی در محوطه‌های بندر، افزایش رده عملکردی قیر باید توسط مشاور به دقت بررسی و انتخاب شود. توصیه می‌شود در نواحی دارای بار دینامیکی سنگین، یا در نواحی دارای توقف مانند گیت‌های ورودی در صورت داشتن ترافیک سنگین مطابق با فصل چهاردهم نشریه ۱۰۱، افزایش تا دو رده آن هم فقط در لایه رویه روسازی آسفالتی در نظر گرفته شود. به عنوان مثال، اگر بر اساس دمای عملکردی، برای پروژه‌ای قیر PG64-22 لازم باشد، در محوطه‌های بندری با بار دینامیکی سنگین باید دمای بالای عملکردی قیر به میزان دو رده افزایش یابد و از قیر PG76-22 استفاده شود. برای معابر، افزایش تا یک رده مطابق با ترافیک پیشنهادی در نشریه ۱۰۱، به تشخیص مشاور پیشنهاد می‌شود. در محوطه‌هایی که رویه آسفالتی، تحت بار قرار نمی‌گیرد و فقط برای پوشش استفاده می‌شود، نباید افزایشی در رده عملکردی قیر در نظر گرفت.

۳-۱-۶-۵- اصلاح‌کننده‌ها و افزودنی‌ها

از آنجا که در بنادر کشور مخلوط‌های آسفالتی تحت شرایط آب‌وهوایی دشوار و ترافیک سنگین خدمت‌دهی می‌کنند، انتخاب و استفاده از اصلاح‌کننده[1]های قیر و مخلوط آسفالتی و افزودنی‌ها[2]ی آسفالت می‌تواند در بهبود عملکرد آن‌ها مؤثر باشد. اصلاح‌کننده‌ها عمدتاً از طریق تغییر ساختار شیمیایی قیر یا افزایش پلیمراسیون منجر به بهبود خصوصیات قیر و در نتیجه مخلوط آسفالتی می‌شوند؛ اما افزودنی‌ها نظیر الیاف معمولاً از طریق افزایش مقاومت فیزیکی ناشی از اتصال و ارتباط سنگدانه‌ها به یکدیگر ایفای نقش می‌کنند.

در خصوص اصلاح‌کننده‌ها و افزودنی‌های قیر و آسفالت، دسته‌بندی‌های مختلفی بکار رفته که در این راهنما دسته‌بندی بشرح جدول ۱۶ ارائه شده است.

[1] Modifiers

[2] Additives

جدول ۱۶ دسته‌بندی اصلاح‌کننده‌ها و افزودنی‌های قیر و مخلوط آسفالت

ردیف	نوع اصلاح‌کننده	نمونه
۱	فیلرها	– فیلرهای معدنی: ریزدانه‌های دستگاه سنگ‌شکن، آهک، سیمان پرتلند، خاکستر بادی، – کربن سیاه
۲	حجم‌دهنده‌ها (اصلاح‌کننده شیمیایی)	– ترکیبات ارگانیک فلزی – گوگرد – لیگنین – پلیمرها
۳	لاستیک‌ها (الاستومرهای ترموپلاستیک– گرمانرم‌ها)	– لاستیک طبیعی – پودر لاستیک Styrene Butadiene Rubber (SBR) – Polychloroprene latex – Styrene Butadiene Styrene (SBS) – Styrene Isoprene Styrene (SIS) –
۴	پلاستیک‌ها (پلیمرهای ترموپلاستیک)	– پلی‌اتیلن (PE)/ پلی‌پروپیلن (PP) – اتیل ونیل استات (EVA) – پلی‌الفین‌ها
۵	مواد الیافی	– طبیعی: آزبست پشم سنگ – مصنوعی: الیاف شیشه، الیاف معدنی، الیاف سلولزی
۶	اکسیدان‌ها	– نمک‌های منگنز
۷	آنتی‌اکسیدان‌ها (افزودنی‌های ضد پیرشدگی)	– کربن – آمین‌ها
۸	هیدروکربن‌ها	– افزودنی‌های روان‌ساز و جوان‌ساز – قیرهای طبیعی و سخت (مانند گیلسونایت)
۹	افزودنی‌های ضدعریانشدگی	– آمیدها – آهک
۱۰	بهبوددهنده‌های کارایی	– افزودنی‌های مخلوط‌های آسفالتی گرم (WMA) – ایجادکننده‌های کف (Foaming agents)
۱۱	افزودنی‌های شیمیایی	– پلی‌فسفریک اسید (PPA)
۱۲	مواد بازیافتی	– پوشش‌های بام (Roofing shingles) – لاستیک‌های بازیافتی – شیشه
۱۳	سایر افزودنی‌ها	– سیلیکون‌ها

برای انتخاب نوع افزودنی مناسب باید مطابق ضوابط فصل چهاردهم مشخصات فنی عمومی راه- نشریه ۱۰۱، مراحل زیر انجام شود:

- بررسی شرایط آب و هوایی منطقه و شرایط ترافیک پروژه
- تحلیل فنی اقتصادی برای تدقیق دلایل استفاده از افزودنی‌ها و تعیین نیاز به افزودنی

- تهیه فهرست افزودنی‌های مناسب و اولویت‌بندی آن‌ها بر اساس ویژگی‌ها و مشخصات فنی نظیر سازگاری با شرایط پروژه، نکات اجرایی از قبیل دردسترس بودن و مسایل مالی
- انجام مطالعات آزمایشگاهی تکمیلی (در صورت نیاز)
- انتخاب گزینه بهینه
- انجام طرح اختلاط و بررسی عملکردی بر اساس آزمایش‌های عملکردی لازم
- تهیه مشخصات فنی خصوصی، روش اجرا و برنامه QA/QC

۴-۱-۶-۵- اندودها

اندود نفوذی[1] (پریمکت) به منظور آب‌بند کردن سطح لایه اساس از طریق نفوذ در خلل و فرج آن، تثبیت سطح شنی و تسهیل چسبندگی لایه آسفالت به آن استفاده می‌شود. ضرورت استفاده، مشخصات فنی اندود نفوذی از جمله نوع و ویژگی‌های قیر، روش اجرا و معیارهای کنترل کیفیت آن باید مطابق با مندرجات فصل ۱۵ مشخصات فنی عمومی راه نشریه شماره ۱۰۱ باشد. همچنین مشخصات قیر مصرفی برای اندود نفوذی باید مطابق مندرجات فصل ۱۴ مشخصات فنی عمومی راه نشریه شماره ۱۰۱ باشد.

اندود سطحی[2] (تک‌کت) برای ایجاد چسبندگی سطح آسفالتی یا بتنی موجود با لایه آسفالتی که روی این سطح پخش می‌شود، اجرا می‌شود. مشخصات فنی اندود سطحی، انتخاب قیر مناسب، ویژگی‌های قیر، روش اجرا و معیارهای کنترل کیفیت آن باید مطابق با مندرجات فصل ۱۶ مشخصات فنی عمومی راه نشریه شماره ۱۰۱ باشد. همچنین مشخصات قیر مصرفی برای اندود سطحی باید مطابق مندرجات فصل ۱۴ مشخصات فنی عمومی راه نشریه شماره ۱۰۱ باشد.

۲-۶-۵- نحوه اجرای رویه آسفالتی بنادر

اجرای رویه آسفالتی بنادر شامل اقدامات زیر است که بایستی مطابق ضوابط نشریه ۱۰۱ اجرا شود. ضمناً ضروری است که برای کنترل و نظارت فرآیند اجرای روسازی آسفالتی، چک‌لیست‌های شماره ۱ تا ۶ پیوست شماره ۸ تکمیل شود.

---

[1] Prime Coat

[2] Tack Coat

۱- آماده‌سازی بستر

۲- اجرای زیراساس

۳- اجرای اساس

۴- آماده‌سازی سطح زیر رویه آسفالتی

۵- تولید مخلوط آسفالتی

۶- حمل مخلوط آسفالتی

۷- پخش مخلوط آسفالتی

۸- تراکم مخلوط آسفالتی

۹- اجرای اتصالات طولی و عرضی

لازم بذکر است که در شرایط خاص برای اجرای رویه آسفالتی محدودیت‌هایی بشرح زیر وجود دارد:

- پخش مخلوط آسفالتی در هوای بارانی، روی زمین یخ‌زده یا مرطوب و در هوای کمتر از ۵ درجه سانتیگراد مجاز نیست.
- حداقل دمای مجاز پخش برای رویه‌های با ضخامت کمتر از ۴ سانتیمتر و آسفالت با دانه‌بندی باز با هر ضخامتی بترتیب ۱۰ و ۱۵ درجه سانتیگراد است.
- اگر بارندگی پیش‌بینی نشده‌ای رخ بدهد، بایستی فوراً تولید و پخش مخلوط آسفالتی متوقف شود.
- پیمانکار باید اجرای عملیات آسفالتی را بنحوی برنامه‌ریزی کند که این عملیات در فصول مناسب سال و قبل از رسیدن فصل سرما انجام شود.
- بهتر است پخش آسفالت قشر نهایی یا رویه در فصول مناسب سال که درجه حرارت سطح راه از ۲۵ درجه سانتیگراد کمتر نباشد، انجام شود.
- حداقل درجه حرارت پخش مخلوط آسفالتی بر حسب نوع قیر مصرفی، دانه‌بندی مصالح سنگی، ضخامت لایه، فصل اجرای کار، حرارت محیط و سطح راه، سرعت باد، میزان رطوبت هوا، نوع و تعداد غلتک‌ها توسط مهندس مشاور تعیین می‌شود. ولی به هر حال این درجه حرارت باید به حدی باشد که تراکم لازم را تأمین نماید. حداقل دمای مخلوط‌های آسفالتی در هنگام پخش باید مطابق ضوابط نشریه ۱۰۱ کنترل شود.

۳-۶-۵- کنترل کیفیت روسازی آسفالتی بنادر

۱-۳-۶-۵- کنترل کیفیت اجرای رویه آسفالتی

کیفیت اجرای رویه آسفالتی باید شرایط زیر را برآورده کند.

- میانگین ضخامت آسفالت کوبیده‌شده نباید در کل پروژه کمتر از ضخامت طراحی (نقشه) و در هر نمونه‌برداری به تنهایی از ۱۰ میلیمتر مقدارِ نقشه کمتر باشد. در مورد قشرهای تسطیحی که برای اصلاح پروفیل اجرا می‌شود و ضخامت آن متغیر است، اگر مخلوط آسفالتی مصرف‌شده توزین نشده باشد برای هر یکصد متر طول راه و در هر خط عبور (یا برای هر ۳۵۰ مترمربع از محوطه)، یک آزمایش تعیین ضخامت انجام می‌شود.
- رقوم ارتفاعی و شیب‌های طولی و عرضی اجراشده قشر آسفالتی باید با مندرجات نقشه‌های اجرایی منطبق باشد. میزان اختلاف مجاز، باید از قبل در مشخصات خصوصی تصریح شده باشد که در هر حال، نباید از حدود زیر تجاوز کند.
- شیب طولی و عرضی سطح تمام‌شده راه باید با نقشه‌ها مطابقت داشته باشد. همچنین در محل نیمرخ‌های عرضی راه، رقوم اندازه‌گیری‌شده در محور و طرفین مسیر با رقوم مندرج در نقشه نباید برای قشر اساس آسفالتی بیشتر از ۱۰± میلیمتر و برای آستر و رویه بیشتر از ۷± میلیمتر اختلاف داشته باشد.
- در هر یک از امتدادهای طولی و عرضی نباید حداکثر فاصله بین سطح زیرین شمشه و سطح آسفالت برای اساس آسفالتی از ۱۰ میلیمتر، قشر آستر یا رویه از ۷ میلیمتر بیشتر باشد. در هر صد متر طول راه یا ۳۵۰ مترمربعِ محوطه باید ۲۵ آزمایش طولی و ۲۵ آزمایش عرضی انجام شود. همچنین کنترل یکنواختی سطح آسفالت در تمام اتصالات عرضی و طولی الزامی است.
- هر گونه ناهمواری خارج از حدود رواداری فوق و همچنین نواقصی مانند قیرزدگی، فتیله‌شدن، موج، ترک-خوردگی، شن‌زدگی و جداشدگی سنگدانه‌ها و سایر معایب موجود در سطح روسازی باید اصلاح شود. ضمناً بروز ترک در حین اجرای رویه آسفالتی، قابل پذیرش نیست.
- همچنین به منظور کنترل و نظارت بر اجرای روسازی آسفالتی بایستی چک‌لیست‌های مربوطه مطابق پیوست شماره ۸ تکمیل شود.

۲-۳-۶-۵- کنترل تردد وسایل‌نقلیه

تردد وسایل‌نقلیه بر روی روسازی گرم می‌تواند باعث قیرزدگی، شیارشدگی و ترک‌خوردگی عرضی روسازی شود و یا اثرات دائمی بر جا بگذارد. برای پیشگیری از این رخداد تا سرد و سخت‌شدن کامل روسازی بنحوی که اثر چرخ روی آن نماند، باید از تردد وسایل‌نقلیه بر روسازی جلوگیری شود. تردد وسایل‌نقلیه تا وقتی درجه حرارت مخلوط آسفالتی بیشتر از ۴۰ درجه سانتیگراد باشد یا از خاتمه پخش کمتر از سه ساعت گذشته باشد، مجاز نیست.

۳-۳-۶-۵- آزمایش‌های کنترل کیفیت آسفالت داغ

مصالح مصرفی در مخلوط آسفالتی را باید قبل از شروع کار و نیز در حین اجرای کار مورد آزمایش قرار داد تا نواقص و انحرافات آن نسبت به مشخصات سریعاً اصلاح شود. نوع آزمایش‌ها و تناوب نمونه‌گیری‌ها برای مصالح سنگی سرد و مصالح سیلوهای گرم و قیر باید مطابق با مشخصات فنی عمومی راه نشریه شماره ۱۰۱ باشد. البته در صورت حجم کم عملیات آسفالتی و عدم تطابق مقدار حجم آسفالت مورد نیاز با تناوب ذکرشده در نشریه ۱۰۱، باید به نحوی برنامه‌ریزی شود که تعداد نمونه‌های برداشته‌شده به هیچ عنوان کمتر از دو نمونه نباشد. در صورتی‌که نتایج با مشخصات منطبق نباشد، باید اقدام فوری نسبت به توقف عملیات توسط پیمانکار و رفع نقص به عمل آید.

ضمناً مهندس مشاور در صورت تشخیص، می‌تواند نسبت به انجام آزمایش‌ها و کنترل‌های اضافی اقدام کند.

۴-۳-۶-۵- آزمایش‌های کنترل کیفیت آسفالت سرد

در جریان تهیه و اجرای آسفالت سرد، انجام آزمایش‌های ارزیابی کیفیت آسفالت در مراحل تهیه، تولید، پخش و تراکم مطابق بند ۵-۶ دستورالعمل طرح، اجرا و نگهداری آسفالت سرد ضابطه ۳۶۲ ضروری است. لازم بذکر است که در هر شرایطی تعداد نمونه‌ها نباید کمتر از دو نمونه باشد.

ضمناً مهندس مشاور در صورت تشخیص، می‌تواند نسبت به انجام آزمایش‌ها و کنترل‌های اضافی اقدام کند.

۵-۳-۶-۵- آزمایش‌های کنترل کیفیت آسفالت سطحی

کنترل کیفیت و معیارهای پذیرش باید مطابق با مندرجات فصل ۱۷ مشخصات فنی عمومی راه نشریه شماره ۱۰۱ باشد. تواتر این آزمایش‌ها باید در مشخصات فنی خصوصی آورده شود. ضمناً مهندس مشاور در صورت تشخیص، می‌تواند نسبت به انجام آزمایش‌ها و کنترل‌های اضافی اقدام کند.

۶-۳-۶-۵- آزمایش‌های کنترل کیفیت آسفالت متخلخل

کنترل کیفیت و معیارهای پذیرش باید مطابق با دستورالعمل طرح، اجرا و نگهداری آسفالت متخلخل نشریه ۱-۳۸۴ باشد. تواتر این آزمایش‌ها باید مطابق با مخلوط‌های آسفالتی داغ باشد. ضمناً مهندس مشاور در صورت تشخیص، می‌تواند نسبت به انجام آزمایش‌ها و کنترل‌های اضافی اقدام کند.

۷-۵- رویه بتنی

۱-۷-۵- مشخصات مواد و مصالح مصرفی

۱-۱-۷-۵- مصالح سنگی

دانه‌بندی و مشخصات مصالح سنگی مصرفی در روسازی بتنی باید مطابق ضوابط گفته‌شده در دستورالعمل طراح، اجرا و نگهداری روسازی بتنی- نشریه ۷۳۱ باشد.

۲-۱-۷-۵- سیمان مصرفی

مشخصات انواع سیمان پرتلند، مشخصات پوزولان مورد استفاده در سیمان‌های پوزولانی، ویژگی‌های سیمان پوزولانی و مشخصات سیمان سرباره‌ای به ترتیب باید مطابق استانداردهای ملی به شماره‌های ۳۸۹، ۳۴۳۳، ۳۴۳۲ و ۳۵۱۷ باشد.

در انتخاب سیمان باید شرایط محیطی بندر و مشخصات خاک‌های مجاور روسازی به طور دقیق مشخص و با در نظر گرفتن عملکرد لایه روسازی بتنی به عنوان روسازی صلب اقدام شود. ضمناً برای بتن‌های در معرض خطر حمله سولفاتی و نمکی، ضوابط مربوط به انتخاب رده بتن، نوع مواد سیمانی، حداکثر نسبت آب به سیمان مطابق آیین‌نامه آبا- ضابطه شماره ۲-۱۲۰ باشد.

۳-۱-۷-۵- آب مصرفی

آب مصرفی برای ساخت بتن و عملیات اجرایی آن باید صاف و عاری از مقادیر زیاد از مواد روغنی، اسیدی، قلیایی، املاح و دیگر مواد مضر باشد. کیفیت این آب باید مطابق با استانداردهای ASTM C1602/C1602M و AASTHO M157 باشد.

آب مصرفی در بتن نباید شور باشد. اما آبی که قابل آشامیدن، تمیز و صاف است و مزه یا بوی مشخصی ندارد، برای استفاده در بتن منعی ندارد. البته در این مورد، اگر شواهد قبلی نشان داده باشد که این آب برای استفاده در بتن مناسب نیست، کیفیت آب باید کنترل شود.

۴-۱-۷-۵- میلگرد مصرفی

مشخصات اجرایی آرماتورها باید مطابق ضوابط آیین‌نامه بتنی (آبا) باشد. در خصوص میزان پوشش بتن، پوشش سطح آرماتور و نوع آرماتورها به ویژه آرماتورهای داول باید الزامات ذکرشده در دستورالعمل طراحی، اجرا و نگهداری روسازی بتنی- نشریه ۷۳۱، در نظر گرفته شود. با توجه به شرایط آب‌وهوایی شدید در برخی از بنادر کشور و نیز تأثیر روش نگهداری زمستانی بر بحث خوردگی و زنگ‌زدگی، مطابق ضوابط آیین‌نامه بتن ایران (آبا) و مشخصات فنی عمومی راهداری- نشریه ۲۸۰ و نشریه ۷۳۱، مشاور باید با تهیه گزارش فنی- اقتصادی به طور دقیق، تمهیدات بهینه برای مقابله با این مشکل را متناسب با شرایط پروژه تهیه و پس از تأیید کارفرما، در مشخصات فنی خصوصی ذکر کند. درصورت استفاده از آرماتورهای کامپوزیتی، باید تولیدکننده، نوع و مشخصات آن به تأیید کارفرما برسد.

ضمناً برای بتن‌های در معرض خطر حمله سولفاتی و نمکی، مشخصات اجرایی آرماتورها، بویژه در بحث خوردگی و زنگ‌زدگی، باید مطابق ضوابط آیین‌نامه آبا- ضابطه شماره ۲-۱۲۰ باشد.

۵-۱-۷-۵- الیاف

از خصوصیات مصالح بتنی، تردی و شکنندگی و عدم قدرت باربری مناسب بعد از ترک‌خوردگی است که در نتیجه آن طاقت و قدرت جذب انرژی آن کاهش می‌یابد. در این وضعیت، استفاده از الیاف کوتاه که بطور یکنواخت در بتن پخش شده باشد، می‌تواند منجر به بهبود مقاومت بتن شود. الیاف همچنین برای کنترل ترک‌های انقباضی و کنترل عرض ترک‌های سازه‌ای بکار می‌رود. تا به امروز بتن الیافی در روسازی محوطه‌های صنعتی، روسازی‌های با بارگذاری سنگین، باند فرودگاه‌ها، پارکینگ‌ها و عرشه پل‌ها بکار برده شده است. انواع الیاف مصرفی در روسازی بتنی، خصوصیات فیزیکی و مکانیکی آن در دستورالعمل طرح، اجرا و نگهداری روسازی بتنی راه‌ها- نشریه ۷۳۱ ارائه شده است. در صورت استفاده از انواع الیاف در روسازی بتنی باید موارد زیر لحاظ شود:

- مشخصات فنی و نتایج آزمایش‌های کنترل کیفیت الیاف مصنوعی باید به تأیید مهندس مشاور برسد.
- یک درصد از الیاف مصرفی در هر تراک میکسر باید نمونه‌برداری و تست کشش بر روی آن انجام شود.

- به منظور بررسی میزان الیاف استفاده‌شده در ساخت بتن الیافی باید از هر سه تراک میکسر، حداقل دو نمونه بتن تازه حاوی الیاف (حجم ۵ تا ۸ لیتر) مورد بررسی قرار گیرد. ابتدا نمونه‌ها وزن شود، سپس با قرار گرفتن روی صافی و شستشو، سیمان و مواد ریزدانه آن خارج شود و الیاف روی صافی باقی بماند. با توزین الیاف باقی‌مانده (مطابق استاندارد BS EN 1488-7 و BS EN 14721) مقدار الیاف در هر مترمکعب بتن تعیین می‌شود. مقدار متوسط الیاف که از نتایج حداقل ۶ نمونه بدست می‌آید، نباید بیش از ۱۰ درصد با مقدار مورد نظر در طرح اختلاط تفاوت داشته باشد. همچنین مقدار الیاف مربوط به هر نمونه نباید کمتر از ۸۰ درصد الیاف در نظر گرفته‌شده در مرحله طراحی باشد.
- مشخصات و ویژگی‌های بتن تقویت‌شده با الیاف باید با استاندارد ASTM C1666/C166M مطابقت داشته باشد.
- مقاومت خمشی مؤثر بتن الیافی مطابق استاندارد ASTM C1609/C1609M ، با استفاده از روش تیرچه خمشی سه‌نقطه‌ای (آزمایش طاقت بتن تحت بارگذاری خمشی) تعیین می‌شود.
- مقاومت کششی الیاف باید مطابق استاندارد BS EN 14889-2 یا BS EN 1488-7 بر روی بتن تازه انجام شود.

۶-۱-۷-۵- مواد افزودنی و مکمل سیمان

مواد افزودنی موادی هستند، غیر از اجزای اصلی بتن (سیمان، آب و سنگدانه) که در حین اختلاط به بتن اضافه می‌شوند. مقدار افزودنی استفاده‌شده در بتن کم است و در تعیین نسبت‌های اختلاط به حساب نمی‌آید. این مواد معمولاً بصورت پودر یا مایع هستند و یک یا چند ویژگی بتن تازه یا سخت‌شده را بهبود می‌دهند. در خصوص استفاده از مواد افزودنی بتن باید موارد زیر رعایت شود.

- مواد افرودنی با توجه به شرایط محیطی بنادر بسیار اهمیت دارد و باید مشخصات آن قبل از ورود به کارگاه توسط مشاور تأیید و در حین کار کنترل شود.
- مواد افزودنی را یا باید با کمی آب مخلوط و همراه سایر اجزای بتن به داخل مخلوط‌کن ریخت و یا اینکه آن را بصورت تدریجی به مخلوط‌کن و سایر اجزای بتن اضافه کرد.
- حداکثر میزان مصرف مواد افزودنی شیمیایی ۵ درصد وزنی سیمان است.

- استفاده از کلرید کلسیم به عنوان تسریع‌کننده فقط برای استفاده در بتن بدون میلگرد مجاز است. همچنین مقدار این نوع افزودنی نباید از ۲ درصد وزنی سیمان بیشتر باشد.
- مشخصات افزودنی‌های هوازا باید مطابق با استانداردهای AASHTO M154 و ASTM C260 باشد.
- مشخصات افزودنی‌های شیمیایی باید مطابق با استانداردهای AASHTO M194 و ASTM C494 باشد.
- مشخصات سایر افزودنی‌ها باید مطابق ضوابط گفته‌شده در نشریه ۷۳۱ باشد.

۷-۱-۷-۵- نحوه اجرای رویه بتنی

اجرای رویه بتنی شامل اقدامات زیر است که بایستی مطابق ضوابط نشریه ۷۳۱ اجرا شود. ضمناً ضروری است که برای کنترل و نظارت فرآیند اجرای روسازی بتنی، چک‌لیست‌های شماره ۷ و ۸ پیوست شماره ۸ تکمیل شود.

۱- اجرای قطعه آزمایشی

۲- آماده‌سازی لایه‌های زیرین

۳- ساخت بتن

۴- حمل بتن

۵- نصب میلگردها

۶- نصب قالب‌ها

۷- بتن‌ریزی

۸- تراکم بتن

۹- پرداخت سطح بتن

۱۰- ایجاد بافت سطحی[1] در بتن

۱۱- عمل‌آوری بتن

۱۲- اجرای درزها

[1] Surface texturing

۸-۱-۷-۵- بتن‌ریزی در بنادر جنوبی کشور

با توجه به اینکه شرایط محیطی خلیج فارس و دریای عمان (بنادر جنوبی کشور) از دیدگاه پایایی و دوام سازه‌های بتن مسلح دارای شرایط بسیار مهاجم و خورنده‌ای است، برای افزایش عمر مفید سازه‌های بتنی و از جمله روسازی‌های بتنی، ضمن رعایت ضوابط مربوط به بتن‌ریزی در هوای گرم، باید موارد زیر نیز لحاظ شوند:

- از مصرف سیمان ضد سولفات برای بتن مسلح در محیط‌هایی که با یون کلرید مواجه هستند، اجتناب شود. توصیه می‌شود از سیمان مناسب با گرمازایی کمتر، از جمله سیمان پرتلند نوع ۲ و یا سیمان نوع ۱ یا ۲ همراه با پوزولان و یا سیمان‌های پرتلند آمیخته پوزولانی استفاده شود.
- به علت درصد بالای املاح سولفات و کلرید در آب خلیج فارس و دریای عمان، این آب به هیچ وجه برای ساخت بتن مسلح مناسب نیست. مقدار بالای یون کلرید و سولفات در آب باعث از بین رفتن پوشش بتنی، خوردگی، زنگ‌زدگی و افزایش حجم میلگردها و در نتیجه ترک‌خوردن و ریزش پوشش می‌شود.
- استفاده از آب نمک‌دار بویژه آب دریا برای شستشوی سنگدانه‌ها، تهیه بتن و عمل‌آوری آن مجاز نیست.
- در مناطق گرم و مرطوب، تمیز بودن آرماتورها و عاری‌بودن آن‌ها از هر گونه مواد مضر و زیان‌آور ضروری است، از اینرو باید فولاد قبل از مصرف و در هنگام نگهداری در معرض عوامل مهاجم و خورنده واقع نشود.
- میلگردهای با مقاومت زیاد و بویژه سرد نوردشده از حساسیت بیشتری در برابر خوردگی و زنگ‌زدگی برخوردارند. بنابراین در صورتی‌که نیاز به بکارگیری میلگردهایی از نوع بالاتر از رده S400 است، بویژه بصورت سرد نوردشده، توصیه می‌شود که از پوشش بتنی مناسب و یا پوشش‌های اپوکسی یا اپوکسی‌های غنی‌شده با روی استفاده شود تا شروع خوردگی تسریع و آهنگ خوردگی تشدید نشود.
- اکیداً توصیه می‌شود که میلگردها روی خاک قرار نگیرند، چرا که در تماس با خاک و نیز موادی که دارای املاح خورنده هستند، آلوده شده و استفاده از میلگردهای آلوده باعث جذب رطوبت توسط املاح روی آن و خوردگی بتن می‌شود.
- نسبت آب به سیمان برای بتن‌ریزی در مناطق گرم و خورنده باید کاملاً محدود و تحت کنترل باشد. با توجه به اینکه کم‌بودن نسبت آب به سیمان و کارایی کم بتن، مشکلات اجرایی به همراه دارد، در مناطق جنوبی

باید تدابیر خاص نظیر استفاده از روان‌کننده‌ها و فوق‌روان‌کننده‌ها برای حصول کارایی و روانی بکار گرفته شود.

- شرایط محیطی خورنده در مناطق حاشیه خلیج فارس ایجاب می‌کند که علاوه بر نسبت آب به سیمان، مقدار سیمان نیز محدود شود. در بنادر جنوبی کشور، حداقل مقدار سیمان یا مواد سیمانی ۳۵۰ کیلوگرم در مترمکعب بتن و حداکثر آن ۴۲۵ کیلوگرم در مترمکعب است. در صورت لزوم استفاده از مواد سیمانی به مقدار بیش از حداکثر مذکور، باید اقدامات لازم به منظور جلوگیری از ترک‌خوردن ناشی از خشک‌شدن و جمع‌شدگی حرارتی در قطعات ضخیم، با تأیید مهندس مشاور انجام شود.
- توصیه می‌شود بتن‌ریزی در بنادر جنوبی، به هنگام نیمه‌شب یا صبح زود که دمای محیط و مصالح به حداقل می‌رسد، انجام شود.
- توصیه می‌شود از بکارگیری پمپ در هوای گرم بویژه در مسیرهای طولانی‌تر از ۱۰۰ متر، بخاطر افزایش دمای بتن در اثر اصطکاک با جداره لوله و گیرش زودهنگام لایه مرزی بتن و لوله، اجتناب شود.
- هنگام بتن‌ریزی نباید دمای بتن بیشتر از ۳۰ درجه سانتیگراد باشد. در غیر اینصورت باید با خنک‌کردن مصالح بویژه آب با استفاده از یخ به عنوان جایگزین بخشی از آب مصرفی، دمای بتن را کاهش داد.
- در محیط‌هایی که احتمال نفوذ یون کلرید و سولفات وجود دارد، عمل‌آوری باید به مدت ۱۴ روز ادامه یابد. در اینصورت اگر امکان عمل‌آوری ۱۴ روز میسر نباشد، پس از حداقل ۷ روز عمل‌آوری با آب می‌توان از مواد امولسیونی بر روی سطح بتن استفاده کرد.

۲-۷-۵- کنترل کیفیت روسازی بتنی بنادر

۱-۲-۷-۵- کنترل کیفیت حین اجرا

در خصوص کنترل کیفیت در حین اجرای روسازی بتنی، رعایت موارد زیر لازم است.

- رطوبت سنگدانه‌ها بطور پیوسته کنترل شود.
- از بتن آماده‌شده بازای هر ۳۵۰ متر مکعب یا حجم بتن اجراشده در یک روز (هرکدام که کمتر باشد) دو استوانه ۳۰×۱۵ سانتیمتری استاندارد برای بررسی مقاومت ۲۸ روزه یا سن مورد نظر طراحی تهیه و در شرایط استاندارد نگهداری می‌شود.

- محدوده زمانی مجاز مربوط به ساخت، پخش و تراکم بتن رعایت شود.
- دانسیته بتن بعد از اتمام عملیات تراکم بازای هر ۳۰ متر طول در هر باند یا در فواصل ۳۰ متر از طرفین در محوطه‌های بندری با دانسیته‌سنج هسته‌ای کنترل شود.
- اختلاف رقوم سطح تمام‌شده بتن با رقوم مندرج در نقشه‌های طولی و عرضی و همچنین ناهمواری سطح که با استفاده از شمشه ۳ متری در جهات عرضی و طولی راه اندازه‌گیری می‌شود، نباید از ۵ میلیمتر بیشتر باشد.
- کیفیت سطح از نظر پارگی سطح، ترک‌خوردگی، جداشدگی، توده‌های سنگی، بخش‌های فرورفته یا خالی سطح، کشیده‌شدگی سطح، وجود سنگدانه‌های شل و آزاد و یا سنگدانه‌های بیرون‌زده در اثر شسته‌شدن سیمان کنترل شود. ضمناً بروز ترک در حین اجرای روسازی بتنی قابل پذیرش نیست.
- نحوه عمل‌آوری و مدت زمان عمل‌آوری بتن کنترل شود.

۲-۲-۷-۵- کنترل کیفیت پس از اجرا

پس از اجرای روسازی بتنی موارد زیر باید کنترل شود.

- اجرای درزها از نظر رعایت فواصل درزها، مواد درزگیر و عمق برش کنترل شود. همچنین زمان و نحوه برش‌زنی درزها باید کنترل شود تا منجر به تخریب لبه‌های درز نشود.
- حداقل دو مغزه بازای هر ۵۰۰۰ مترمربع از سطح بتنی که حداقل ۷ روزه است، گرفته شود. مغزه‌ها باید از لبه آزاد بیش از ۳۰ سانتیمتر و از محل درزها بیشتر از ۶۰ سانتیمتر فاصله داشته باشند. همچنین جای خالی مغزه‌های گرفته‌شده، باید در مدت کمتر از ۲۴ ساعت با بتن زودگیر پر شود.
- برای پذیرش اجرای رویه بتنی از نظر مقاومتی، مغزه گرفته‌شده با روش مذکور باید شرایط زیر را داشته باشد.
  - ضخامت هر مغزه مطابق استاندارد AASHTO T148 یا ASTM C174 حداقل ۹۵ درصد ضخامت طراحی باشد.
  - ضخامت متوسط مغزه‌ها برابر یا بزرگتر از ضخامت طراحی باشد.
  - متوسط مقاومت فشاری مغزه‌ها حداقل ۰/۸۵ برابر مقاومت فشاری مشخصه باشد.
  - مقاومت فشاری هیچ کدام از مغزه‌های با عمر ۲۸ روز (مطابق استاندارد AASHTO T148، ASTM C42 و یا استاندارد ملی شماره ۱۲۳۰۶) از ۰/۷۵ برابر مقاومت فشاری مشخصه کمتر نباشد.

۳-۲-۷-۵- کنترل تردد وسایل‌نقلیه

در خصوص تردد وسایل‌نقلیه از روسازی بتنی باید موارد زیر رعایت شود.

- وقتی مقاومت فشاری اساس یا رویه بتنی به مقدار حداقل ۲۰ مگاپاسکال برسد و نیز درزگیری بطور دائمی انجام شود، تجهیزات ساخت اجازه تردد بر روی رویه را دارند، مشروط بر اینکه:
  - حداکثر بارهای محوری: ۵ تن برای محور منفرد، ۸ تن برای محور دوتایی و ۸ تن برای محور سه‌تایی
  - حداکثر فشار تماسی: ۱۵ تن بر مترمربع
- عبور وسایل‌نقلیه از روسازی بتنی پس از گذشت ۱۴ روز یا هنگامی‌که مقاومت فشاری بتن به حداقل ۷۰ درصد مقاومت فشاری مشخصه خود برسد، امکان‌پذیر است.

۸-۵-رویه بلوکی بتنی بنادر

۱-۸-۵- مشخصات مواد و مصالح مصرفی

۱-۱-۸-۵- ماسه مصرفی در رویه

ماسه مصرفی در رویه بلوکی شامل دو نوع است: ۱) ماسه درزگیر[1] که به عنوان پرکننده درزها استفاده می‌شود. ۲) ماسه بستر[2] که بصورت متراکم‌شده در زیر بلوک‌ها بکار می‌رود.

۱-۱-۱-۸-۵- ماسه درزگیر

ماسه درزگیر باید دارای مشخصات زیر باشد.

الف: ماسه درزگیر باید تمیز و بدون مواد ریزدانه باشد.

ب: ماسه درزگیر باید بطور کامل از الک شماره ۱۶ (۱/۱۸ میلیمتر) عبور کند و مقدار عبوری آن از الک شماره ۲۰۰ نیز ۱۰ تا ۵۰ درصد باشد. دانه‌بندی ماسه درزگیر برای اجرای روسازی بلوکی بتنی باید مطابق جدول ۱۷ باشد.

[1] Jointing material or Jointing sand

[2] Laying course material

جدول ۱۷ دانه‌بندی ماسه درزگیر برای اجرای روسازی بلوکی بتنی

اندازه الک (میلیمتر)	درصد عبوری	
	حداقل	حداکثر
۲	۱۰۰	۱۰۰
۱	۸۵	۱۰۰
۰/۵	۵۵	۱۰۰
۰/۰۷۵	۱۰	۵۰
۰/۰۶۳	۰	۲

۲-۱-۱-۸-۵- ماسه بستر

ماسه بستر باید دارای مشخصات زیر باشد.

الف: ماسه بستر باید دارای دانه‌های تیزگوشه، شسته‌شده و بدون مواد خارجی باشد.

ب: ماسه بستر باید فاقد مصالح سیمانی باشد تا موجب کاهش انعطاف‌پذیری روسازی نشود.

پ: نباید از ماسه سنگ‌آهک[1] یا نرمه‌سنگ[2] به عنوان ماسه بستر استفاده شود.

ت: میزان رطوبت لایه بستر باید یکنواخت باشد.

ث: نباید از ماسه اشباع یا یخزده استفاده شود. بعنوان یک روش کنترل رطوبتی در محل، اگر ماسه فشرده و سپس فشار برداشته شود، نباید آب اضافی داشته باشد و دوباره به هم بچسبد.

ج: دانه‌بندی ماسه بستر باید مطابق جدول ۱۸ و حداکثر درصد عبوری از الک ۶۳ میکرون در محدوده مجاز جدول ۱۹ باشد.

[1] Limestone screeding

[2] Stone dust

جدول ۱۸ دانه‌بندی ماسه بستر برای اجرای روسازی بلوکی بتنی

اندازه الک (میلیمتر)	درصد عبوری	
	حداقل	حداکثر
۸	۱۰۰	۱۰۰
۶/۳	۹۵	۱۰۰
۴	۸۵	۹۹
۰/۵	۳۰	۷۰
۰/۰۶۳	۰	با توجه به نوع کاربری مطابق جدول ۱۹

جدول ۱۹ حداکثر درصد عبوری از الک ۶۳ میکرون برای تکمیل دانه‌بندی ماسه بستر روسازی بلوکی بتنی

گروه کاربری	حداکثر درصد عبوری از الک ۶۳ میکرون	نوع کاربردی
۱	۰/۴	محوطه‌های کانتینری و باراندازها
۲	۱/۵	پارکینگ وسایل‌نقلیه سنگین
۳	۳	پارکینگ خودروهای سبک

۲-۱-۸-۵- بلوک‌های بتنی

بلوک‌های بتنی مورد استفاده در روسازی‌های بلوکی باید دارای مشخصات زیر باشند.

الف: در محوطه‌های بندری باید از بلوک‌های با حداقل ضخامت ۸۰ میلیمتر و حداکثر طول ۲۵۰ میلیمتر استفاده شود.

ب: سطح بلوک‌ها باید عاری از هر گونه خرابی نظیر ترک خوردگی و پولکی‌شدن باشد.

پ: سطح رویه بلوک بایستی در برابر سایش مقاوم و دارای بافتی یکنواخت و متراکم باشد. همچنین این سطح نباید اسفنجی باشد.

ت: میانگین مقاومت فشاری بلوک‌ها باید حداقل برابر با ۵۵ مگاپاسکال باشد. همچنین هیچ بلوکی نباید مقاومتی کمتر از ۵۰ مگاپاسکال داشته باشد.

ث: میانگین مقاومت کششی بلوک‌ها باید حداقل برابر با ۳/۶ مگاپاسکال باشد. همچنین هیچ بلوکی نباید مقاومتی کمتر از ۲/۹ مگاپاسکال داشته باشد.

ج: حداکثر سایش مجاز بلوک‌های بتنی در روسازی‌های بندری با بارهای سنگین مطابق با ضوابط BS EN 1338:2003 ۲۰ میلیمتر است. آزمایش‌های مربوط مطابق پیوست‌های G و H آیین‌نامه مذکور است.

چ: مقدار سیمان مصرف‌شده در بلوک بتنی نباید کمتر از ۳۸۰ کیلوگرم در مترمکعب باشد.

ح: نمونه‌گیری و انجام آزمایش‌های بلوک‌های بتنی مطابق استاندارد ASTM C140 انجام شود. طبق این استاندارد، میزان متوسط جذب آب بلوک‌ها ۵ درصد و و حداکثر مجاز جذب آب هر بلوک ۷ درصد توصیه شده است.

خ: باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۲۰۱۸۵، روش‌های آزمایش ارائه‌شده در پیوست ث برای جذب آب اندازه‌گیری (جدول ۱۹) و پیوست ت برای مقاومت در برابر چرخه‌های یخزدن و آب‌شدن (جدول ۲۱) انجام شود.

جدول ۲۰ جذب آب

رده*	نشانه*	جذب آب (درصد وزنی)
۱	A	-
۲	B	مقدار میانگین کمتر یا برابر ۶

*رده و نشانه مطابق استاندارد ملی شماره ۲۰۱۸۵ است.

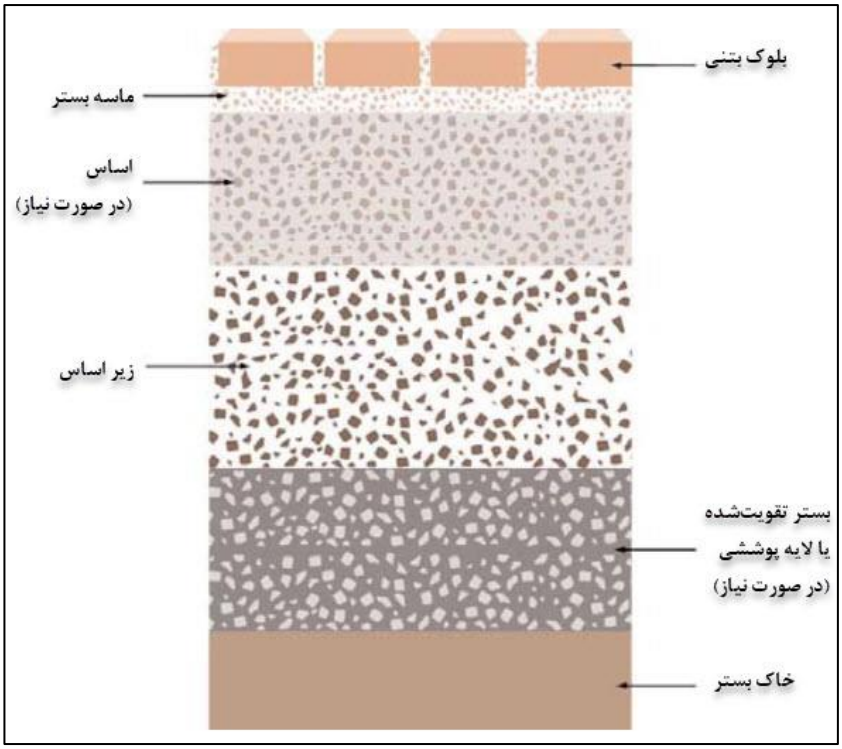
جدول ۲۱ مقاومت در برابر چرخه‌های یخزدن و آب‌شدن با وجود نمک‌های یخزدا

رده*	نشانه*	افت وزنی بعد از آزمایش چرخه‌های یخزدن و آب-شدن (kg/m2)
۳	D	-

*رده و نشانه مطابق استاندارد ملی شماره ۲۰۱۸۵ است.

۲-۸-۵- نحوه اجرای رویه بلوکی بتنی

ساختار کلی روسازی بلوکی بتنی بنادر مطابق شکل ۱۱ است. برای اجرای این روسازی، ابتدا لایه‌های زیر اساس و اساس اجرا می‌شود. سپس یک لایه از ماسه نرم غیرمتراکم (ماسه بادی) روی سطح پخش و شمشه‌کشی می‌شود. در مرحله بعد بلوک‌ها روی لایه ماسه نرم قرار می‌گیرد و متراکم می‌شود. عملیات تراکم تا استقرار کامل بلوک در ماسه و ورود ماسه به درز بلوک‌ها ادامه پیدا می‌کند.



شکل ۱۱ ساختار کلی روسازی بلوکی بتنی

۵-۸-۲-۱- آماده‌سازی بستر

آماده‌سازی بستر باید مطابق ردیف ۵-۱ این راهنما انجام شود.

۵-۸-۲-۲- اجرای لایه با مصالح منتخب (در صورت نیاز)

مشخصات فنی و اجرای لایه با مصالح منتخب باید مطابق ردیف ۵-۲ این راهنما باشد.

۵-۸-۲-۳- اجرای ژئوتکستایل (در صورت نیاز)

ممکن است در مناطقی که خاک در بخشی از سال اشباع و یا تحت چرخه ذوب و یخبندان است، برای محافظت زیر اساس از پارچه‌های ژئوتکستایل استفاده شود. مشخصات فنی و نحوه اجرای ژئوتکستایل باید مطابق با ضوابط فصل بیست‌ودوم نشریه ۱۰۱ سازمان برنامه و بودجه کشور باشد.

۵-۸-۲-۴- آماده‌سازی زیراساس

آماده‌سازی زیراساس باید مطابق ضوابط گفته‌شده در این راهنما انجام شود.

۵-۲-۸-۵- آماده‌سازی لایه اساس سیمانی CBM4

مشخصات فنی و نحوه اجرای لایه اساس سیمانی CBM4 باید مطابق ردیف ۵-۴-۲-۴ این راهنما باشد.

۵-۲-۸-۶- آماده‌سازی قیدهای کناری

سطح روسازی‌شده بلوکی باید در کناره‌ها به خوبی گیردار شود تا مانع از حرکت جانبی بلوک‌ها یا کل روسازی باشد. قیدهای کناری[1] از حرکت جانبی روسازی، چرخش بلوک‌ها تحت بارهای وسایل‌نقلیه و نیز پخش‌شدن ماسه بستر جلوگیری می‌کند. قیود جانبی باید در همه مرزهای روسازی بلوکی و از جمله در محل تلاقی این روسازی با انواع دیگر روسازی‌های انعطاف‌پذیر نظیر روسازی آسفالتی اجرا شود. ضمناً باید این نکته مهم مد نظر باشد که تراکم لایه‌های روسازی نزدیک قیود کناری تا رسیدن مقاومت بتن نشیمن‌گاه به مقاومت کافی باید به تأخیر بیفتد. جزئیات اجرایی قیدهای کناری در پیوست شماره ۹ ارائه شده است.

۵-۲-۸-۷- آماده‌سازی قیدهای موقت (در صورت نیاز)

برای سطوحی از روسازی که به دلایلی امکان تکمیل آن وجود ندارد و یا اینکه قبل از اتمام اجرای روسازی ممکن است زیر بار ترافیک قرار گیرد، در صورت نیاز برای جلوگیری از حرکت بلوک‌ها می‌توان از قیدهای موقت[2] استفاده کرد. قیود موقت باید به گونه‌ای اجرا شوند که در طول تراکم کامل روسازی و نیز ترافیک عبوری مورد انتظار، از حرکات جانبی جلوگیری کند.

۵-۲-۸-۸- پخش و تسطیح ماسه بستر

قبل از شروع عملیات پخش ماسه بستر، باید کنترل شود که لایه اساس خشک، یکنواخت و به اندازه مورد نیاز متراکم باشد. همچنین شیب‌بندی‌های طولی و عرضی مورد نظر به درستی تأمین شده باشد. پس از آماده‌سازی لایه اساس، مصالح باید در یک لایه پخش و سپس توسط یک صفحه ویبراتور متراکم شوند تا به ضخامت مورد نظر برسد و با شمشه سطح تراز شود.

[1] Edge restraints

[2] Temporary restrains

در پروژه‌های بزرگ می‌توان از ماشین‌های تسطیح که بر روی ریل حرکت می‌کنند و یا از دستگاه فینیشر آسفالت برای پخش و تسطیح ماسه بستر استفاده کرد.

۹-۲-۸-۵- اجرای بلوک‌های بتنی

الگوهای متداول چیدمان بلوک‌های در چهار گروه زیر و مطابق شکل ۱۲ تعریف می‌شود.

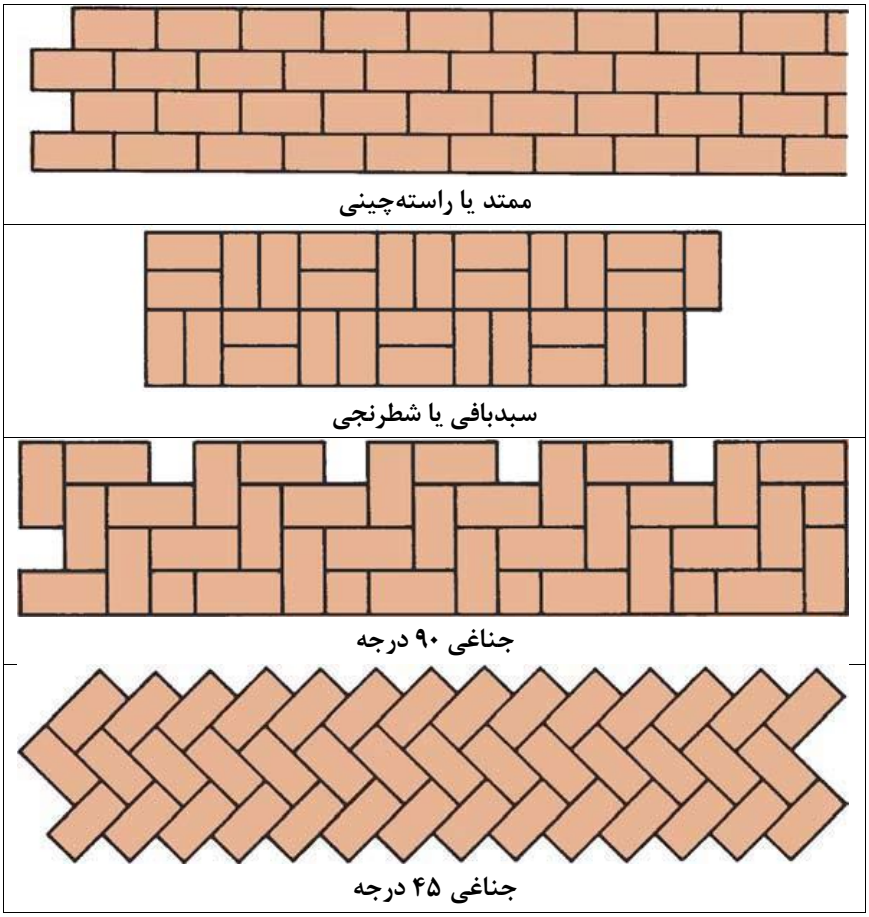
- ممتد یا راسته‌چینی[1]: این الگو برای پیاده‌روها یا سواره‌روهایی با ترافیک سبک که خیلی در معرض چرخش-های ناگهانی وسیله‌نقلیه یا ترمز و شتاب‌گرفتن آن نیست، مناسب است.
- سبدبافی، پارکتی[2] یا شطرنجی: این الگو فقط برای پیاده‌روها مناسب است و نباید برای سطوح با بار ترافیکی استفاده شود.
- جناغی ۹۰ درجه[3]: این الگو برای کاربری‌های مختلف مناسب است.
- جناغی ۴۵ درجه[4]: این الگو برای کاربری‌های مختلف مناسب است.

[1] Stretcher bond

[2] Basket weave or Parquet

[3] Herringbone at 90º

[4] Herringbone at 45º



شکل ۱۲ انواع چیدمان بلوک‌های مستطیلی

برای اجرای روسازی بلوکی بتنی در بنادر، **بلوک‌های مستطیلی** با ضخامت ۸۰ میلیمتر و ابعاد ۲۰۰ در ۱۰۰ میلیمتر و **چیدمان جناغی** بدلیل دوام و مقاومت بیشتر توصیه می‌شود. در اجرای بلوک‌های بتنی باید موارد زیر مد نظر باشد.

الف: قبل از شروع عملیات نصب باید اطمینان حاصل شود که بلوک‌های بتنی عاری از مواد خارجی هستند. سپس بلوک‌های بتنی مطابق الگوهای چیدمان ارائه‌شده نصب می‌شوند.

ب: درزهای بین بلوک‌ها باید منظم و با عرض ۲ تا ۵ میلیمتر اجرا شوند. در صورت وجود پخ، عرض اتصال نباید پخ را در بر گیرد.

پ: فضاهای خالی لبه کار باید با بلوک‌های بریده‌شده یا قیود کناری پر شود. بلوک‌های بریده‌شده مذکور نباید کوچکتر از یک چهارم یک بلوک کامل باشند.

ت: تمامی بلوک‌ها باید ابتدا در جای خود قرار داده شوند و سپس در نواحی موانع و جاهای ضروری بخش‌های اضافه آن برش بخورد.

ث: پس از نصب بلوک‌ها، با استفاده از یک دستگاه تراکم صفحه‌ای که دارای حداقل نیروی تراکم ۲۲ کیلونیوتن و صفحه با مساحت بزرگتر از ۰/۲۵ مترمربع باشد، بلوک‌ها در ماسه بستر متراکم می‌شوند. بر حسب نوع کاربری روسازی، مشخصات دستگاه تراکم صفحه‌ای مورد نیاز باید مطابق جدول ۲۲ باشد.

جدول ۲۲ مشخصات دستگاه تراکم صفحه‌ای مورد نیاز برای نصب بلوک‌های بتنی متناسب با کاربری روسازی

کاربری روسازی		مشخصات دستگاه تراکم صفحه‌ای		
گروه	نوع کاربردی	حداقل فشار سطحی مؤثر (kN/m^2)	فرکانس لرزش (هرتز)	حداقل وزن (kg)
۱	محوطه‌های کانتینری و باراندازها	۷۵	۶۵-۱۰۰	۲۰۰
۲	پارکینگ وسایل‌نقلیه سنگین	۷۵	۶۵-۱۰۰	۲۰۰
۳	پارکینگ خودروهای سبک	۶۰	۷۵-۱۰۰	۸۰

ج: پس از تراکم اولیه بلوک‌ها، ماسه درزگیر خشک به درون درزها جاروب می‌شود و تا پرشدن کامل درزها تراکم ادامه می‌یابد. این عملیات نیازمند حداقل دو تا سه بار عبور دستگاه تراکم است.

چ: باید دقت شود که در فرآیند درزگیری، هم ماسه درزگیر و هم درزهای موجود بین بلوک‌ها باید کاملاً خشک باشد. اگر ماسه مرطوب در داخل درزها ریخته شود، بدلیل کم‌بودن فاصله درزها، درزگیر مانند پلی کوچک بین درزها از تراکم جلوگیری می‌کند.

ح: تراکم در کل سطح و تا فاصله یک متری انجام و سپس ماسه اضافی جاروب می‌شود. البته در پایان هر روز کاری نیز باید تراکم سطح تا فاصله یک متری و نیز پر کردن درزها با ماسه انجام شود.

خ: پس از اتمام مراحل فوق، باید غلتک چرخ لاستیکی ده تنی از کل سطح عبور داده شود.

۳-۸-۵- کنترل کیفیت رویه بلوکی بتنی

به منظور کنترل و نظارت بر اجرای روسازی بلوکی بتنی بایستی چک‌لیست‌های ۹ و ۱۰ مطابق پیوست شماره ۸ تکمیل شود. همچنین بمنظور کنترل کیفیت اجرای روسازی بلوکی بتنی بنادر باید موارد زیر رعایت شود.

الف: رواداری مجاز تراز لایه ماسه بستر بین ۰ تا ۱۲- میلیمتر و رواداری سطح تمام‌شده روسازی بلوکی بتنی بین ۶- تا ۶+ میلیمتر است.

ب: در خصوص کنترل کیفیت بلوک‌های بتنی، نیز از هر محموله یا به ازای هر ۵۰ مترمربع باید دو نمونه بلوک به صورت تصادفی انتخاب و جهت انطباق مشخصات فنی ذکرشده در این نشریه آزمایش‌های لازم انجام شود.

پ: میزان روداری ضخامت بلوک‌ها ۲ تا ۳ میلیمتر است.

ت: درزهای بین بلوک‌ها باید منظم و با عرض ۲ تا ۵ میلیمتر اجرا شوند.

ث: اختلاف ارتفاع سطح تمام‌شده (بلوک‌چینی‌شده) در طول ده متر نباید بیشتر از ۱۰ میلیمتر باشد.

ج: تمامی آزمایش‌های کنترل کیفیت گفته‌شده در این بخش باید انجام شود. ضمناً مهندس مشاور در صورت تشخیص، می‌تواند نسبت به انجام آزمایش‌ها و کنترل‌های اضافی اقدام کند.

۹-۵- رویه بتن غلتکی در بنادر

۱-۹-۵- مشخصات مواد و مصالح مصرفی

۱-۱-۹-۵- مصالح سنگی

سنگدانه‌هایی که در بتن‌های متداول بکار می‌روند، برای استفاده در بتن غلتکی نیز مناسب‌اند. البته در هر دو مورد، منبع تأمین سنگدانه نیاز به بازرسی و انجام آزمایش‌های کنترل کیفیت در طول دوره ساخت دارد. سنگدانه‌های مصرفی در روسازی بتن غلتکی باید دارای کیفیت و دانه‌بندی مناسب باشند. سنگدانه‌ها به دو صورت طبیعی یا شکسته و یا مخلوطی از این دو می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

دانه‌بندی سنگدانه‌های بکار رفته در بتن غلتکی با دانه‌بندی سنگدانه‌هایی که در بتن‌های متداول استفاده می‌شود، متفاوت است. این اختلاف، از آنجایی ایجاد می‌شود که بتن غلتکی در فرآیند اجرا تحت تراکم ناشی از فینیشر و غلتک‌زنی قرار می‌گیرد. حدود دانه‌بندی سنگدانه‌های مصرفی در بتن غلتکی در جدول ۲۳ ارائه شده است.

الزامات عمومی سنگدانه‌ها باید مطابق استاندارد ملی شماره ۳۰۲ ایران و نیز ASTM C33 رعایت شود. در مورد ASTM C33 که حداکثر عبوری از الک شماره ۲۰۰ را به ۵ درصد وزن ماسه محدود کرده است، باید گفت که در صورتی‌که مواد عبوری از الک شماره ۲۰۰ غیر پلاستیک باشند، مقادیر بالاتر نیز مجاز است. در واقع بالاتر بودن مقدار مواد بسیار ریز غیر پلاستیک، بعنوان یک نوع پرکننده معدنی در بتن غلتکی، می‌تواند مفید باشد. از اینرو، در صورت غیر پلاستیک بودن مواد عبوری از الک شماره ۲۰۰، حداکثر مقدار این مواد به صورت درصدی از وزن کل سنگدانه‌ها می‌تواند تا ۸ درصد مجاز است.

جدول ۲۳ حدود دانه‌بندی سنگدانه‌های بتن غلتکی

اندازه الک		درصد عبوری	
اینچ	میلیمتر	حداقل	حداکثر
1"	۲۵/۴	۱۰۰	۱۰۰
3/4"	۱۹/۰	۱۰۰	۱۰۰
1/2"	۱۲/۵	۷۰	۹۰
3/8"	۹/۵	۶۰	۸۵
#4	۴/۷۵	۴۰	۶۰
#8	۲/۳۶	۳۵	۵۵
#16	۱/۱۸	۲۰	۴۰
#30	۰/۶۰	۱۵	۳۵
#50	۰/۳۰	۸	۲۰
#100	۰/۱۵	۶	۱۸
#200	۰/۰۷۵	۲	۸

۲-۱-۹-۵- آب

کیفیت آب برای ساخت روسازی بتن غلتکی، مشابه کیفیت آب برای بتن‌های معمولی است.

۳-۱-۹-۵- سیمان

سیمان مورد استفاده در ساخت بتن غلتکی مشابه سیمان مصرفی در روسازی بتنی معمولی است. در این نوع روسازی‌ها، اگرچه استفاده از سیمان پرتلند معمولی متداول است، اما تمایل عمومی به استفاده از سیمان‌های پوزولان-دار (به خصوص خاکستر بادی) وجود دارد. استفاده از این نوع پوزولان به میزان ۲۰ تا ۳۰ درصد وزنی مصالح سیمانی، کارایی مخلوط را به مقدار قابل توجهی افزایش می‌دهد. علاوه بر این نوع سیمان استفاده‌شده در بتن غلتکی، بر نرخ هیدراتاسیون و نرخ بهبود مقاومت بتن اثرگذار است، از اینرو تأثیر مهمی بر مقاومت روسازی در سنین اولیه آن دارد.

استفاده از سیمان‌های تیپ یک و دو در بتن غلتکی متداول است. سیمان تیپ سه در مواردی که نیاز به رسیدن به مقاومت زودرس است و سیمان تیپ پنج برای مناطقی که دارای خاک‌های با شرایط خاصی هستند، استفاده می‌شود. در هر حال، سیمان مصرفی از هر نوعی که باشد، باید الزامات استاندارد ایران و یا استاندارد ASTM را برآورده کند. ضمناً در صورتی‌که آب و یا خاکی که در تماس با روسازی بتن غلتکی است، حاوی املاح سولفاتی باشد، باید بسته به شرایط از سیمان نوع دو و یا سیمان نوع پنج استفاده شود.

۴-۱-۹-۵- مواد افزودنی

استفاده از مواد افزودنی در ساخت روسازی بتن غلتکی معمول است اما نه به اندازه‌ای که در بتن‌های معمول استفاده می‌شود. علت آن می‌تواند در این موضوع باشد که با توجه به مقدار کم آب در مخلوط‌های بتن غلتکی و همچنین پایین‌بودن کارایی آن‌ها، استفاده از مواد افزودنی شیمیایی در مقادیر مصرف متعارف در این مخلوط‌ها عملکرد مناسبی ندارد. البته در برخی از پروژه‌ها از مواد کندگیرکننده به منظور افزایش زمان لازم برای جابجایی و انجام عملیات تراکم بتن استفاده می‌شود. این مورد به خصوص برای ایجاد جزئیات مناسب درزهای اجرایی کاربرد دارد. در مورد مواد روان‌ساز نیز چون دستیابی به خواص مورد نظر دشوار و نیازمند استفاده از مقادیر بالاتر این افزودنی نسبت به بتن‌های متعارف است، می‌توان گفت چندان کاربردی در ساخت بتن غلتکی ندارند.

۲-۹-۵- نحوه اجرای رویه بتن غلتکی

اجرای رویه بتن غلتکی شامل اقدامات زیر است که بایستی مطابق ضوابط نشریه ۷۳۱ اجرا شود. ضمناً ضروری است که برای کنترل و نظارت فرآیند اجرای روسازی بتنی، چک‌لیست‌های شماره ۱۱ و ۱۲ پیوست شماره ۸ تکمیل شود.

۱- آماده‌سازی لایه‌های اساس و زیراساس

۲- ساخت و حمل مخلوط بتنی

۳- بتن‌ریزی

۴- تراکم بتن

۵- اجرای درزهای طولی

۶- اجرای درزهای عرضی

۷- عمل‌آوری و مراقبت از بتن

۳-۹-۵- کنترل کیفیت رویه بتن غلتکی

بمنظور کنترل کیفیت اجرای روسازی بتن غلتکی باید موارد زیر رعایت شود.

الف: نمونه‌برداری و آزمایش مصالح سنگی، سیمان، آب و مواد افزودنی احتمالی باید مطابق روال اجرای بتن معمولی، انجام شود.

ب: روش انتقال و بتن‌ریزی بررسی شود تا جداشدگی اتفاق نیفتد.

پ: سیستم تولید بتن بررسی شود تا حجم تولید و تولید مخلوط همگن باشد.

ت: تجهیزات اجرایی شامل دستگاه پخش روسازی، کامیون‌ها، غلتک‌ها و سایر تجهیزات از لحاظ فنی کنترل شود.

ث: کنترل کیفیت روسازی در حین اجرا، توسط دو ناظر، که یکی در محل پیمانه‌کردن مصالح و تولید بتن و دیگری در محل اجرا مستقر است، انجام شود.

ج: در محل تولید بتن، مواد و مصالح کنترل شود. در این مرحله، دانه‌بندی سنگدانه‌ها روزی سه بار و یا هر ۳۸۰ مترمکعب، هر کدام که تناوب بیشتری داشته باشد، کنترل می‌شود.

چ: رطوبت سنگدانه‌ها، حداقل روزی یک‌بار و هر زمان که ناظر تشخیص بدهد، تعیین شود.

ح: لایه اساس، از نظر خواص و تراز توسط ناظر کنترل شود. همچنین اجرای بتن غلتکی از نظر رعایت محدوده‌های زمانی مجاز برای تولید، حمل و تراکم بتن کنترل شود.

خ: دانسیته بتن غلتکی پس از انجام عملیات تراکم به ازای هر ۳۰ متر طول در هر باند یا در فواصل ۳۰ متر از طرفین در محوطه‌های بندری توسط چگالی‌سنج هسته‌ای کنترل شود.

د: صافی سطح با شمشه صاف به طول ۳/۶ متر کنترل شود.

ذ: کیفیت سطح بتن کنترل شود تا فاقد پارگی سطح، ترک‌خوردگی، جداشدگی، توده‌های سنگی، بخش‌های فرورفته، کشیده شدگی در سطح، سنگدانه‌های شل و آزاد یا سنگدانه‌های بیرون‌زده باشد. ضمناً بروز ترک در حین اجرای بتن غلتکی قابل پذیرش نیست.

ر: نحوه عمل‌آوری و مدت زمان آن نیز توسط ناظر کنترل شود.

ز: اجرای درزهای انقباضی، از نظر فواصل درزها و نیز عمق برش کنترل شود. همچنین زمان و نحوه بریدن درزها کنترل می‌شود.

س: حداقل پس از ۷ روز عمل‌آوری روسازی، مغزه‌گیری از آن انجام شود. محل مغزه‌ها باید بصورت مناسب پر شود.

ش: ضخامت روسازی با استفاده از مغزه‌های گرفته‌شده کنترل شود. مغزه‌های گرفته‌شده در آزمایشگاه، تحت شرایط عمل‌آوری مرطوب قرار می‌گیرد، در سن مورد نظر مقاومت آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود.

۱۰-۵- رویه شنی در بنادر

۱-۱۰-۵- مشخصات مواد و مصالح مصرفی

۱-۱-۱۰-۵- مصالح سنگی رویه شنی

مصالح مصرفی برای رویه شنی باید عاری از هرگونه مواد آلی، لجنی و یا کودی باشد. علاوه بر آن این مصالح باید دارای استقامت لازم در مقابل بارهای وارده و عمل سایش ناشی از جریان ترافیک و همچنین عوامل جوی نظیر باران، یخبندان و هوای گرم‌وخشک باشد. مشخصات فنی این مصالح به شرح زیر است:

الف: دانه‌بندی مصالح مصرفی در رویه شنی باید با یکی از دانه‌بندی‌های مندرج در جدول ۲۳ مطابقت داشته و پیوسته و یکنواخت باشد. دانه‌بندی مورد مصرف در هر پروژه باید با در نظر گرفتن شرایط محیطی و اجرایی و نیز مقدار مصالح عبوری از الک ۰/۰۷۵ میلیمتر، طراحی و در مشخصات فنی ذکر شود.

ب: در صورت استفاده از دانه‌بندی شماره یک، سنگدانه‌های با حداکثر اندازه بزرگتر از ۴۰ میلیمتر فقط وقتی مجاز به استفاده در رویه شنی هستند که یا از جنس سنگ نرم با سایش لس‌آنجلس بزرگتر از ۵۰ درصد باشند و یا مقدار ریزدانه آن بیشتر از ۳۰ درصد باشد.

پ: توصیه می‌شود برای جلوگیری از جداشدن سنگدانه‌های رویه، دانه‌بندی یکنواخت‌تری انتخاب شود تا با اینکار قفل‌وبست سنگدانه‌های رویه بهتر و رویه با نفوذپذیری کمتری ایجاد شود.

ت: درصد سایش مصالح رویه شنی به روش لوس‌آنجلس آشتو T96 نباید از ۳۰٪ کمتر باشد.

ث: شکستگی دو یا چند وجه مصالح مصرفی در رویه‌های شنی بنادر باید برابر ۱۰۰ درصد باشد.

ح: دامنه خمیری مصالح رویه شنی مطابق آزمایش آشتو T90، باید در محدود ۴ تا ۱۲ باشد.

ج: تحمل باربری مصالح (سی‌بی‌آر) که با روش ASTM D1883 و با تراکم آزمایشگاهی آشتو T180 روش D اندازه‌گیری می‌شود (نمونه‌های اشباع‌شده مطابق شرایط گفته‌شده در پیوست شماره ۵)، نباید از ۴۰٪ کمتر باشد.

جدول ۲۴ دانه‌بندی مصالح رویه شنی

نوع دانه‌بندی / شماره الک	درصد وزنی رد شده از هر الک	
	I	II
۵۰ میلیمتر (۲ اینچ)	۱۰۰	
۳۷/۵ میلیمتر ($1\frac{1}{2}$ اینچ)	۹۵ - ۱۰۰	
۲۵ میلیتر (۱ اینچ)	۹۰-۱۰۰	
۱۹ میلیمتر ($\frac{3}{4}$ اینچ)	۸۰-۱۰۰	۱۰۰
۹/۵ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ اینچ)	--	--
۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴)	--	۵۰-۷۸
۲/۳۶ میلیمتر (شماره ۸)	۳۵-۶۵	۳۷-۶۷
۰/۶ میلیمتر (شماره ۳۰)	--	--
۰/۴۲۵ میلیمتر (شماره ۴۰)	۱۵-۵۰	۱۳-۳۵
۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰)	۱۰-۴۰	۴-۱۵*

*گاهی اوقات برای حصول کارایی بهتر درصد عبوری در بازه ۸ تا ۱۵ در نظر گرفته می‌شود.

در کاربری خاص، در صورتی‌که رویه شنی در محوطه‌هایی اجرا شود که مستقیماً کالاهای بندری بر روی آن قرار می‌گیرد، برای اینکه مصالح به کف کالاها نچسبد، مهندس مشاور با درنظر گرفتن شرایط زیر می‌تواند دانه‌بندی مناسب برای رویه شنی انتخاب کند:

- برای جلوگیری از چسبیدن مصالح به کف کالاها، معمولاً باید اندازه مصالح رویه بزرگتر از ۲۰ میلیمتر داشته باشد. همچنین برای اینکه این مصالح تحت انباشت و جابجایی به سطوح کناری نلغزد، اندازه آن باید کمتر از ۵۰ میلیمتر باشد. از اینرو، برای این نوع سطوح دانه‌بندی در محدوده ۲۵ تا ۵۰ میلیمتر توصیه می‌شود.
- الزامات بندهای (پ) تا (ج) فوق رعایت شود.

ضمناً چنانچه مصالح لایه‌های روسازی شنی نیاز به تثبیت با آهک داشته باشد، باید مطابق الزامات پیوست شماره ۲ انجام شود.

۲-۱-۱۰-۵- مصالح اساس

مصالح لایه اساس در روسازی شنی باید شرایط زیر را دارا باشد:

الف: دانه‌بندی مصالح اساس در روسازی شنی باید در محدوده مجاز جدول ۲۵ انتخاب شود.

ب: دامنه خمیری مصالح اساس در روسازی شنی مطابق آزمایش آشتو T90، باید در محدود ۰ تا ۶ باشد.

پ: سایر مشخصات مصالح اساس در روسازی شنی، باید مطابق ردیف ۵-۴ این راهنما باشد.

جدول ۲۵ دانه‌بندی مصالح اساس در روسازی‌های شنی

اندازه الک		درصد عبوری	
اینچ	میلیمتر	حداقل	حداکثر
1"	۲۵/۴	۱۰۰	۱۰۰
3/4"	۱۹/۰	۸۰	۱۰۰
1/2"	۱۲/۵	۶۸	۹۱
#4	۴/۷۵	۴۶	۷۰
#8	۲/۳۶	۳۴	۵۴
#40	۰/۵۰	۱۳	۳۵
#200	۰/۰۷۵	۳	۱۲

۳-۱-۱۰-۵- مصالح زیراساس

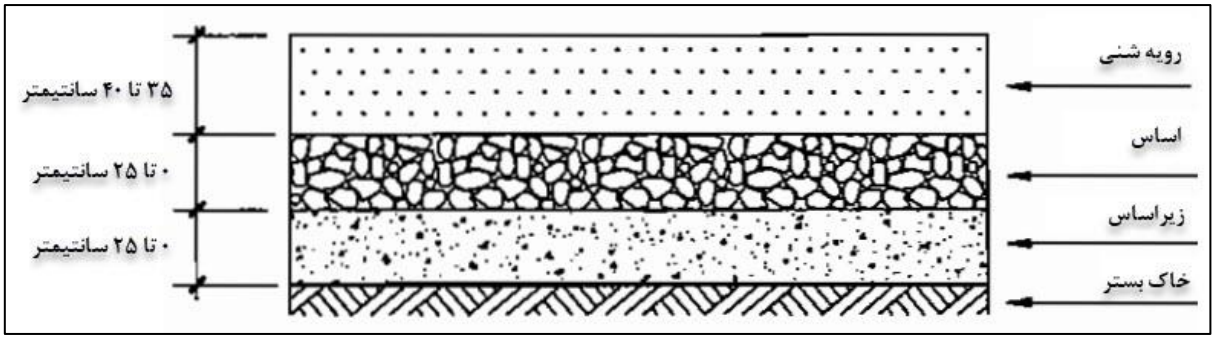
مشخصات مصالح زیراساس در روسازی شنی، باید مطابق ردیف ۵-۳ این راهنما باشد.

۴-۱-۱۰-۵- آب

باید به منبع تأمین آب مصرفی در پروژه دقت شود تا عاری از مواد مضر باشد. البته وجود املاح محلول در آب برای روسازی‌های شنی به اندازه سایر روسازی‌ها اهمیت ندارد، بلکه حتی در مواردی می‌تواند در زمان آب‌پاشی باعث جذب بیشتر گردوخاک شود.

۲-۱۰-۵- نحوه اجرای رویه شنی

بطور کلی ساختار متداول روسازی شنی برای استفاده در راه‌ها، بنادر و فرودگاه شامل رویه شنی، اساس و زیراساس است، که دو مورد اخیر بسته به شرایط جوی، بارگذاری، کاربری و ... می‌تواند استفاده نشود. در شکل ۱۳ ساختار کلی روسازی شنی بنادر ارائه شده است.



شکل ۱۳ ساختار کلی روسازی شنی بنادر

۵-۱۰-۲-۱-۱ آماده‌سازی بستر

آماده‌سازی بستر باید مطابق ردیف ۵-۱ این راهنما انجام شود.

۵-۱۰-۲-۱-۲ اجرای ژئوتکستایل یا تقویت بستر (در صورت نیاز)

ممکن است در مناطقی که خاک در بخشی از سال اشباع و یا تحت چرخه ذوب و یخبندان است، برای محافظت زیر اساس از پارچه‌های ژئوتکستایل استفاده شود. مشخصات فنی و نحوه اجرای ژئوتکستایل باید مطابق با ضوابط فصل بیست‌ودوم نشریه ۱۰۱ سازمان برنامه و بودجه کشور باشد.

۵-۱۰-۲-۱-۳ تأمین و تخلیه مصالح روسازی

مصالح مورد نیاز روسازی ممکن است خریداری و به محل منتقل شود و یا اینکه از مصالح حاصل از خاکبرداری‌ها تهیه شود. علاوه بر دارا بودن کیفیت مورد نیاز، صرفه اقتصادی در این انتخاب اهمیت دارد.

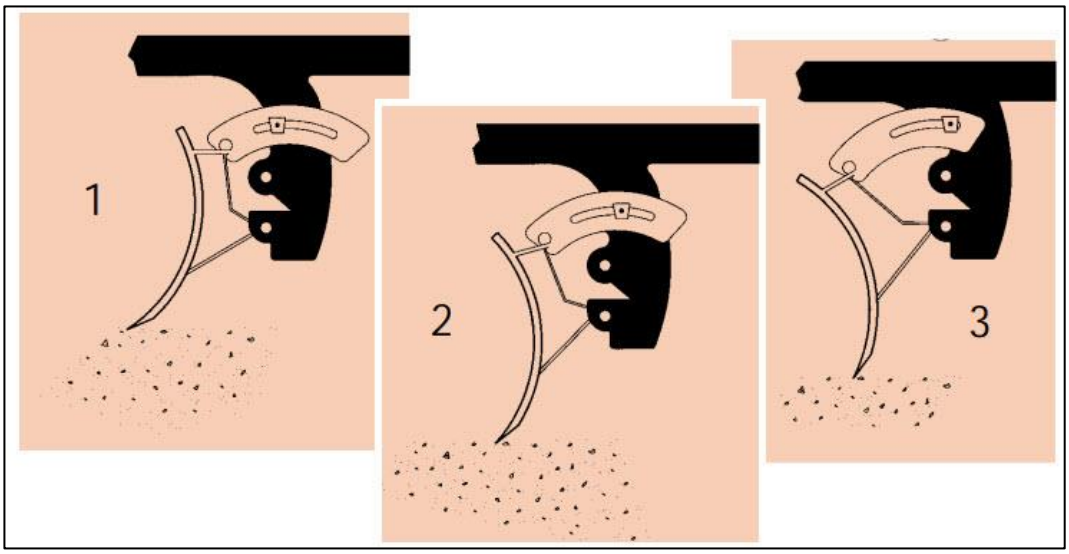
پس از آماده‌سازی بستر، مصالح روسازی به محل منتقل و پخش می‌شود. لازم است قبل از پخش مصالح، کنترل شود که بستر فاقد از هر گونه نقاط نرم، سنگ، آشغال و نظایر آن و مجدداً رقوم و شیب عرضی کنترل شود. کنترل کیفیت اجرای لایه زیرین (اعم از بستر یا لایه منتخب (در صورت استفاده)) مطابق ردیف‌های ۵-۱-۲ یا ۵-۲-۳ این راهنما الزامی است.

۵-۱۰-۲-۱-۴ پخش و تسطیح مصالح روسازی

اولین مرحله بعد از تخلیه مصالح در بستر مسیر، پخش آن در محور مسیر و بعد از آن تسطیح مصالح پخش‌شده، توسط گریدر و با تیغه بالا آمده به ارتفاع ۵۰ تا ۶۰ میلیمتر است. میزان مصالح جلوی تیغه گریدر، با تنظیم ارتفاع

گریدر، زاویه تیغه گریدر نسبت به محور راه و عرض تیغه کنترل می‌شود. در این مرحله باید دقت شود که جداشدگی سنگدانه‌ها اتفاق نیفتد.

اگر قرار است دو نوع مصالح روی سطح راه با هم ترکیب و استفاده شود، ابتدا مصالح مورد نیاز برای هر صد متر با ضخامت یکنواخت و یکی بر روی دیگری پخش می‌شود. سپس با تیغه گریدر، این مصالح با هم ترکیب و بطور یکنواخت در سطح مسیر قرار می‌گیرد. در شکل ۱۴ نحوه قرارگیری تیغه گریدر متناسب با نوع کاربرد آن نشان داده شده است.



شکل ۱۴ نحوه قرارگیری تیغه گریدر نسبت به افق برای کاربردهای مختلف، ۱) کندن و برداشت مصالح، ۲) پخش مصالح، ۳) تیغه‌زنی و تسطیح ملایم

در مرحله بعد لازم است برای عملیات تراکم آب اضافی به مصالح پاشیده شود. برای این منظور از تانکر آب دارای افشانه استفاده می‌شود. گریدر در مسیر برگشت، سطحی از مصالح پخش‌شده را برداشته، مخلوط و مجدداً تسطیح می‌کند. هدف اصلی در این مرحله این است که رطوبت مصالح قبل از تراکم، به مقدار کمی بالاتر از رطوبت بهینه تراکم[1] برسد. از اینرو لازم است که در این مرحله مصالح بخوبی با هم مخلوط شود تا آب پاشیده‌شده بطور یکنواخت رطوبت کل مصالح را افزایش دهد.

پس از آن‌که با اقدامات مذکور، مصالح به خوبی با هم ترکیب شدند، این مصالح در لایه‌هایی با ضخامت متراکم‌نشده ۱۵۰ تا ۲۵۰ میلیمتر در کل عرض روسازی پخش می‌شود. نکته مهم در انجام اینکار این است که در حین پخش،

[1] Optimum Moisture Content (OMC)

جداشدن مصالح سنگی درشت توسط تیغه گریدر و انتقال آن‌ها به کناره‌های مسیر رخ ندهد. ضمناً عملیات پخش نهایی مصالح باید در همان روزی که پخش اولیه انجام شده، خاتمه یابد.

بهتر است برش کناره‌ها و برداشت مصالح اضافی از حاشیه در این مرحله انجام شود. چرا که اولاً مصالح در این مرحله هنوز متراکم نشده و بصورت شل و مرطوب راحت‌تر بریده و برداشته می‌شود. دوماً اینکه مصالح برداشت‌شده در این مرحله می‌تواند برای پر کردن چاله و حفره‌های موجود استفاده شود.

۵-۱-۲-۱۰-۵- تراکم لایه‌ها

بعد از پخش نهایی مصالح، نوبت به تراکم[1] لایه‌ها می‌رسد. هدف اصلی این مرحله این است که مصالح روسازی و بستر در محدوده مجاز و تا حد امکان متراکم شود تا در زمان بهره‌برداری و در اثر عبور ترافیک از روسازی، تغییرشکل و یا شیارشدگی در سطح آن رخ ندهد. نکته مهم در این خصوص این است که استفاده از ترافیک عادی و روزانه برای تراکم روسازی مجاز نیست.

میزان تراکم لازم معمولاً یا به صورت کیفی و با در نظر گرفتن تعداد عبور غلتک و یا به شیوه کمی و با انجام آزمایش تراکم در محل انجام می‌شود. لازم بذکر است که در تعیین میزان تراکم مورد نیاز، رطوبت مصالح بسیار مهم است و معمولاً تراکم مناسب در درصد رطوبت تراکم بهینه انجام می‌شود.

برای انجام تراکم مناسب باید موارد زیر مد نظر باشد.

الف: ضخامت هر لایه پخش‌شده قبل از تراکم نباید بیشتر از ۲۵۰ میلیمتر باشد، مگر در موارد خاص و استفاده از غلتک‌های بسیار سنگین که قادر به تراکم لایه‌هایی با ضخامت بیشتر از مقدار مذکور باشند.

ب: حداقل ضخامت هر لایه پخش‌شده قبل از تراکم، ۲/۵ برابر حداکثر اندازه اسمی سنگدانه‌ها است. به عنوان مثال، برای مصالح با اندازه اسمی ۴۰ میلیمتر، ضخامت لایه قبل از تراکم نباید کمتر از ۱۰۰ میلیمتر باشد.

پ: عملیات غلتک‌زنی باید از کناره‌های مسیر یا نقاط با رقوم پایین‌تر شروع شود و به سمت محور مسیر یا نقاط با رقوم بالاتر پیش رود. پیشروی غلتک‌زنی، مخالف آنچه گفته‌شد، یعنی از نقاط بالاتر به پایین‌تر موجب حرکت به سمت کناره‌های مصالح و عدم تراکم صحیح آن می‌شود.

ت: بعد از هر عبور غلتک، بلافاصله برگشت آن در همان مقطع باید انجام شود و سپس مقاطع دیگر غلتک‌زنی شود.

[1] Compaction

ث: هر عبور غلتک با عبور قبلی آن باید ۵۰۰ میلیمتر یا ۳۰ درصد عرض غلتک، هر کدام که بیشتر است، هم‌پوشانی داشته باشد.

ج: چنانچه لبه‌های کناری فاقد قید یا تکیه‌گاه مناسب باشد، غلتک‌زنی باید با یک فاصله ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلیمتری از لبه آغاز و بعداً تراکم در آن فاصله انجام شود.

چ: غلتک‌های ارتعاشی در هنگام توقف باید از حالت ارتعاش خارج شوند.

ح: برگشت و یا چرخش غلتک‌ها باید به آرامی انجام شود تا فشار بیش از حدی بر لایه وارد نشود.

خ: بهترین سرعت غلتک‌زنی معمولاً در حد پیاده‌روی سریع یعنی ۴ تا ۶ کیلومتر در ساعت است.

د: برای غلتک‌زنی ارتعاشی، یک عبور بدون ارتعاش، سپس چند عبور با دامنه ارتعاش زیاد و در نهایت عبورهای با دامنه ارتعاش کم توصیه می‌شود.

ذ: برای رویه پوششی توصیه می‌شود از غلتک چرخ لاستیکی استفاده شود، تا رویه تمام‌شده محکم باشد.

۶-۱-۲-۱۰-۵- اقدامات نهایی

تمیز کردن و حذف مصالح اضافی یک اقدام پیوسته در تمام مراحل اجرای روسازی است. با این حال در اتمام کار باید تمام محل از مصالح اضافی پاک شود. همچنین باید کنترل شود که تمام جوی‌ها از شن و مصالح کار خالی شده باشند.

همچنین به منظور کنترل و نظارت بر اجرای روسازی شنی بایستی چک‌لیست شماره ۱۳ در پیوست شماره ۸ تکمیل شود.

۳-۱۰-۵- کنترل کیفیت رویه شنی

پس از اتمام کوبیدگی، رقوم سطح تمام‌شده رویه شنی نباید بیش از ±۱۰ میلیمتر با آنچه در نقشه‌ها تعیین شده است، تفاوت داشته باشد. شیب‌های طولی و عرضی رویه کوبیده‌شده باید با نقشه‌ها مطابقت کامل داشته باشد. ناهمواری سطح تمام شده باید با شمشه چهارمتری که در جهات مختلف بر روی سطح راه قرار می‌گیرد کنترل شود. میزان ناهمواری‌ها نباید از ۱۰ میلیمتر تجاوز کند.

برای کنترل کیفیت مصالح و کارهای انجام‌شده باید از مصالح تهیه شده قبل و بعد از مصرف و نیز حین اجرای کار و متناسب با پیشرفت آن‌ها آزمایش‌های زیر به عمل آید:

الف: از مصالح تهیه شده در پای کار نمونه‌برداری شده و آزمایش‌های ردیف ۵-۱۰-۱ این فصل انجام شود تا در صورتی‌که مصالح طبق مشخصات نباشد، اصلاح شود.

ب: از مصالح آماده برای پخش از هر ۵۰۰ متر مکعب یک بار آزمایش‌های دانه‌بندی، درصد شکستگی، حد روانی و دامنه خمیری، به عمل آید.

پ: آزمایش تعیین وزن مخصوص محلی در هر ۵۰ متر طول راه به ترتیب در وسط، چپ و راست انجام شود در محوطه‌های بندری آزمایش به ازای هر ۷۵ متر مکعب مصالح به عمل می‌آید. ضخامت رویه در هر مورد که آزمایش وزن مخصوص انجام می‌شود اندازه‌گیری شده و در برگ آزمایش ارائه شود.

ت: آزمایش تراکم آزمایشگاهی باید در هر ۵۰۰ متر طول راه یک بار انجام شود در محوطه‌های بندری آزمایش به ازای هر ۷۵۰ متر مکعب مصالح به عمل می‌آید. در صورت لزوم، آزمایش در فواصل کوتاه‌تر می‌تواند انجام شود.

ث: بتشخیص مهندس مشاور، باید نسبت به آزمایش سی‌بی‌آر آزمایشگاهی مصالح در فواصل ۳۰۰ تا ۵۰۰ متر (یا ۵۰۰ تا ۷۵۰ مترمکعب مصالح) و سایر آزمایش‌های مورد نیاز، اقدام شود.

۱۱-۵-نحوه اجرای اتصالات در روسازی‌ها

درزها و اتصالات در انواع روسازی‌ها، هم به لحاظ عملکردی و هم از جنبه اهمیتِ نحوه اجرا باید بسیار مورد توجه باشد. علاوه بر این، از آنجا که در محوطه‌های بندری ممکن است انواع روسازی‌های مختلف در مجاورت هم اجرا شوند و یا اینکه روسازی محل تقاطع با راه‌آهن و یا سازه‌هایی نظیر دال پل باشد، لازم است که نحوه اتصالات این عوارض بدقت طرح و اجرا شود.

۱-۱۱-۵- اجرای اتصالات در روسازی آسفالتی

۱-۱-۱۱-۵- اجرای اتصالات عرضی

اتصالات عرضی بدلیل توقف‌های روزانه یا اضطراری در اجرا ایجاد می‌شود. در اجرای اتصالات عرضی باید موارد زیر رعایت شود:

الف: قبل از شروع مجدد کار، جداشدگی سنگدانه‌ها[1] و ضخامت روسازی در محل درز عرضی کنترل و سپس مقطع درز کاملاً عمودی برش داده و اتصال اجرا شود. بعد از اجرای اتصال، هموار بودن آن با شمشه[2] کنترل شود.

ب: روش دیگر اجرا این است که در زمان پخش مخلوط آسفالتی، جلوی فینیشر در محل قطع پخش تخته چوبی با ضخامت برابر با ضخامت آسفالت کوبیده‌شده قرار داده و برای سهولت در کندن آسفالت اضافی مجاور در زیر سطح آسفالت این قسمت کاغذ پهن شود.

پ: غلتک‌زنی در محل اتصال عرضی باید با غلتک‌های فولادی (استاتیکی یا لرزشی در حالت لرزش خاموش، در امتداد عرضی و عمود بر محور راه، از پایین‌ترین نقطه مقطع شروع و به طرف محور راه ادامه یابد به نحوی‌که تمام عرض غلتک ردیف به استثنای ۱۵ سانتیمتر آن و یا تمام عرض یک چرخ عقب غلتک سه‌چرخ، روی آسفالت کوبیده‌شده قبلی باشد. این روش به طریقی‌که هر گذر غلتک حدود ۱۵ تا ۲۰ سانتیمتر به طرف آسفالت جدید پیشروی نماید، ادامه خواهد یافت تا اینکه تمام عرض غلتک ردیف و یا تمام عرض یک چرخ عقب غلتک سه‌چرخ روی سطح آسفالت جدید منتقل شود.

۲-۱-۱۱-۵- اجرای اتصالات طولی

چنانچه عرض آسفالت زیاد باشد و پخش و تراکم آن در یک خط ممکن نباشد، باید آن‌را در چند خط اجرا کرد. در اجرای اتصال طولی، دو رویکرد اصلی وجود دارد. رویکرد اول این است که خط عبور دوم قبل از سردشدن خط اول اجرا شود. در این حالت اتصال طولی گرم و اجرای آن راحت‌تر است. در رویکرد دوم، خط عبور اول کاملاً سرد می‌شود، سپس مشابه اجرای اتصالات عرضی، محل اتصال طولی با دستگاه بصورت عمودی برش داده می‌شود و سپس مخلوط آسفالتی خط عبور دوم پخش می‌شود.

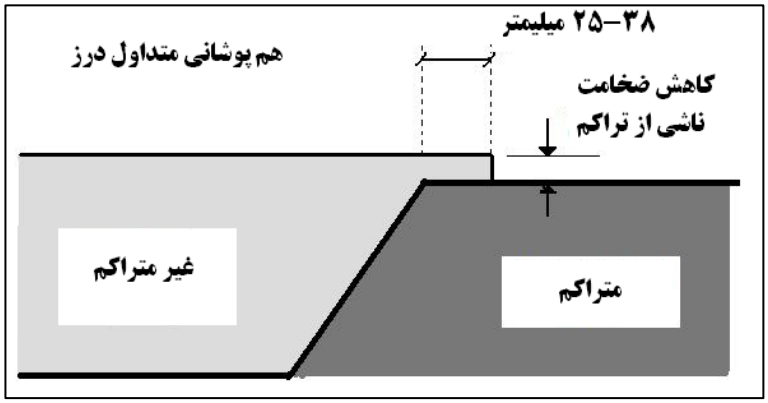
در اجرا سعی بر استفاده از رویکرد اول است، یعنی عملیات پخش خطوط مجاور یا همزمان یا در فاصله زمانی کوتاه، بنحوی انجام شود که در پایان روز اتصال‌های طولی اجرا شده باشد. لذا از پخش آسفالت در یک خط عبور و در طول زیاد، بطوری‌که ادامه عملیات به روز یا روزهای بعد موکول شود، باید خودداری شود.

---

[1] Segregation

[2] Straightedge smoothness

هنگام پخش آسفالت در خط دوم باید مقداری از این آسفالت جدید روی آسفالت قدیمی را هم پوشش دهد. این مسئله باعث اجرای بهتر عملیات تراکم و در نتیجه افزایش کیفیت و عمر درز اجراشده می‌شود. میزان هم‌پوشانی آسفالت جدید و قدیم باید بین ۲۵ تا ۳۸ میلیمتر باشد. نمونه‌ای از هم‌پوشانی مناسب آسفالت جدید و قدیم در محل اتصال طولی در شکل ۱۵ نشان داده شده است.



شکل ۱۵ هم‌پوشانی مناسب آسفالت جدید و قدیم در محل اتصال طولی (درز گرم)

بلافاصله بعد از پخش خط عبور بعدی و قبل از کوبیدن آن باید غلتک‌زنی طولی مطابق یکی از روش‌های زیر انجام شود.

الف: غلتک لرزشی روی آسفالت قبلی و ۱۵ سانتیمتر آن روی آسفالت جدید (اجرا در حالت بدون لرزش) باشد.

ب: غلتک لرزشی روی آسفالت جدید و ۱۵ سانتیمتر آن روی آسفالت قبلی (اجرا در حالت لرزشی) باشد.

پ: غلتک لرزشی روی آسفالت جدید بگونه‌ای که ۱۵ سانتیمتر دورتر از درز باشد (اجرا در حالت لرزشی) و سپس غلتک‌زدن این ۱۵ سانتیمتر در گذر بعدی انجام شود.

۲-۱۱-۵- اجرای اتصالات در روسازی بتنی

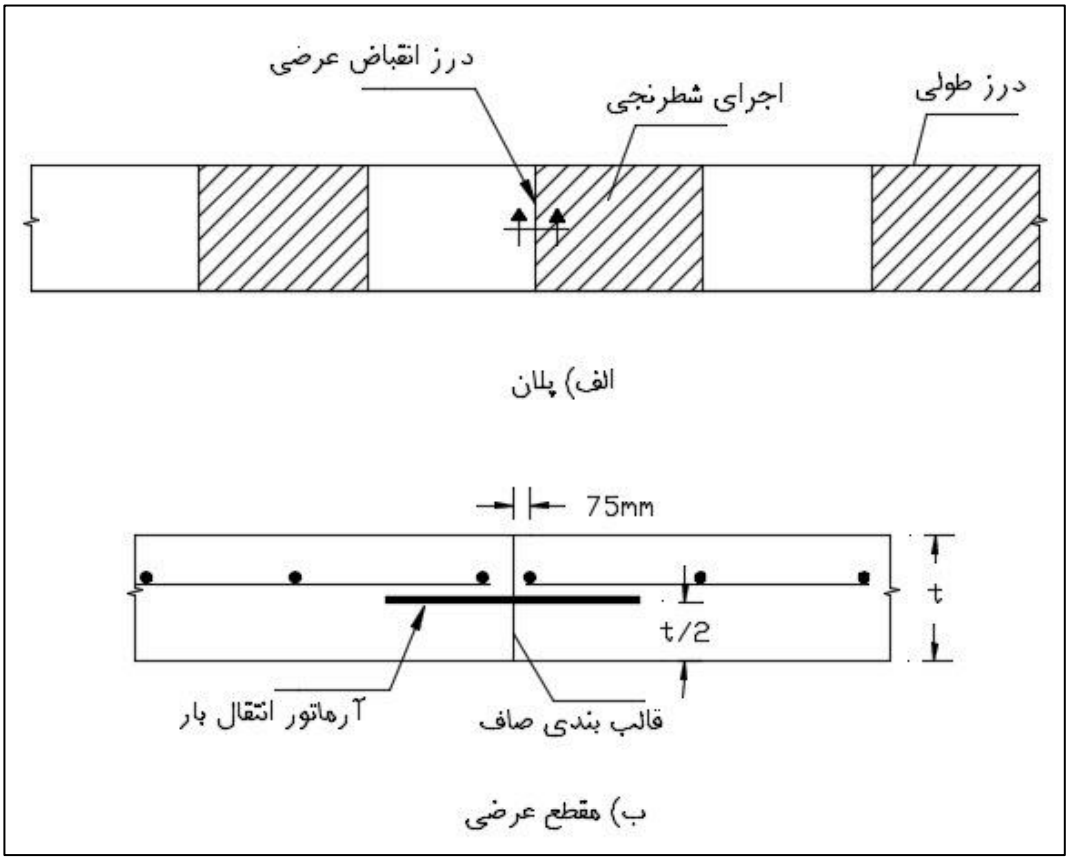
درزها[1] در روسازی‌های بتنی، روش اصلی برای مدیریت انقباض و انبساط‌های روسازی هستند که در معرض چرخه‌های تغییرات روزانه دما، جمع‌شدگی و خشک‌شدن بتن قرار دارد. بطور کلی درزهای روسازی‌های بتنی به سه گروه درزهای انقباضی، درزهای اجرایی و درزهای انبساطی تقسیم می‌شود.

[1] Joints

۱-۲-۱۱-۵- اجرای درزهای انقباضی

وظیفه درزهای انقباضی[1] کنترل تنش‌های کششی و ترک‌های ناشی از انقباض روسازی بتنی است. فاصله متعارف درزهای انقباضی از هم بین ۴ تا ۸ متر است که هر چقدر این فاصله بیشتر انتخاب شود، آرماتور حرارتی بیشتری لازم خواهد داشت. درزهای انقباضی به دو صورت اجرا می‌شود:

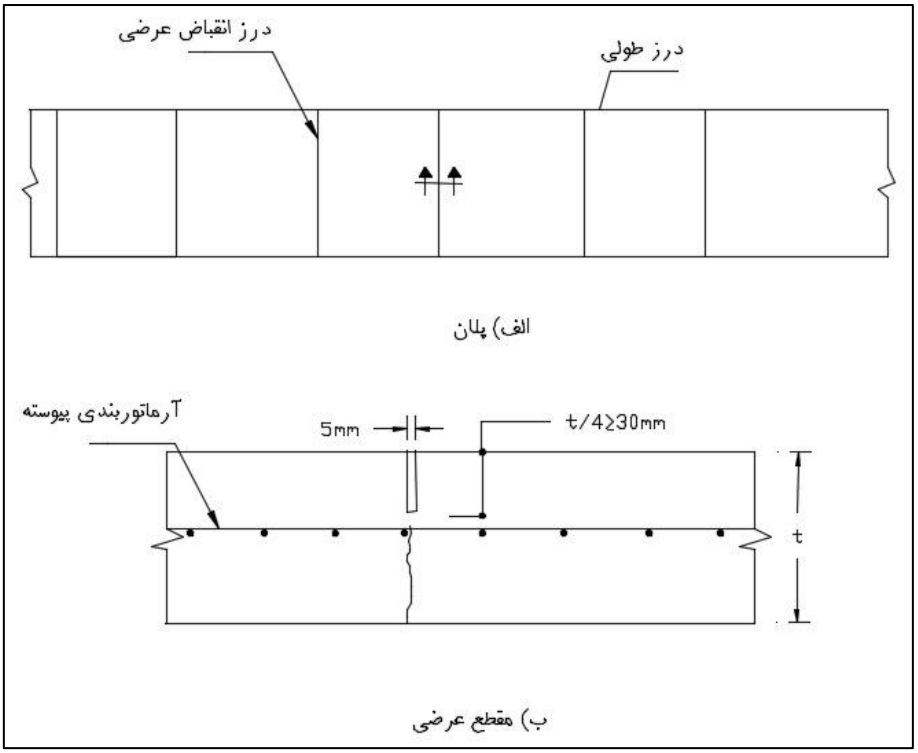
۱- بتن‌ریزی ناپیوسته: در این حالت بتن‌ریزی بصورت شطرنجی (یک در میان) مطابق شکل ۱۶ انجام می‌شود. بعبارت دیگر در این حالت در محل درز بتن‌ریزی قطع و بتن مرحله بعد، پس از سخت‌شدن آن اجرا می‌شود.



شکل ۱۶ جزئیات اجرایی درز انقباضی در بتن‌ریزی ناپیوسته، الف) پلان، ب) مقطع عرضی

۲- بتن‌ریزی پیوسته: در این حالت مطابق شکل ۱۷، بتن‌ریزی نوار روسازی بین دو درز طولی به صورت یکپارچه اجرا و درز انقباضی بعد از سخت‌شدن بتن با اره (برش) انجام می‌شود.

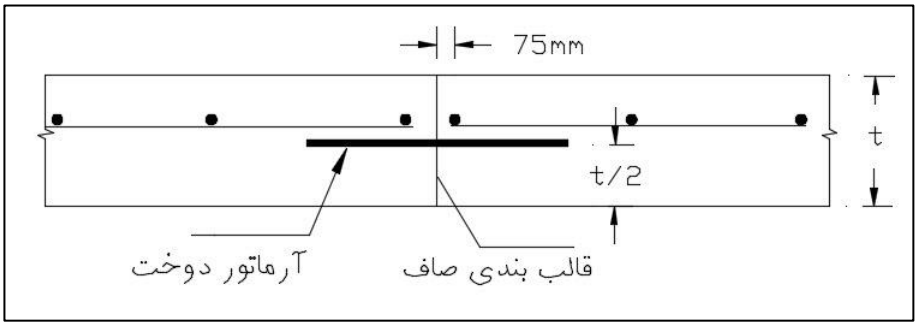
[1] Contraction joints



شکل ۱۷ جزئیات اجرایی درز انقباضی در بتن‌ریزی پیوسته، الف) پلان، ب) مقطع عرضی

۲-۲-۱۱-۵- اجرای درزهای اجرایی

درزهای اجرایی[1] یا درزهای ساخت، بدلیل ملاحظات اجرایی نظیر پایان پخش بتن یا وقفه زمانی بیشتر از ۳۰ دقیقه در عملیات پخش بتن اجرا می‌شوند. در شکل ۱۸ جزئیات یک درز اجرایی طولی نشان داده شده است.

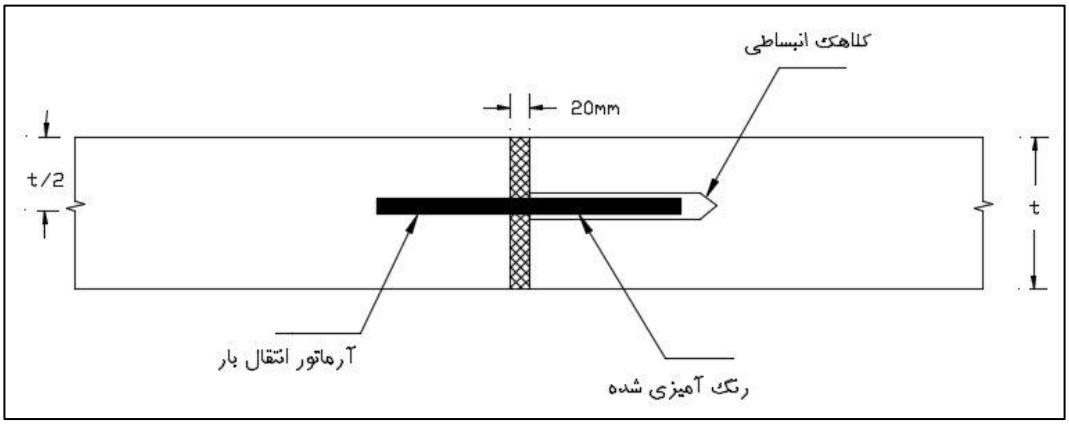


شکل ۱۸ درز اجرایی طولی

[1] Construction joints

۳-۲-۱۱-۵- اجرای درزهای انبساطی

درزهای انبساطی[1] برای کنترل حرکات انبساطی و انقباضی روسازی بتنی و جلوگیری از ایجاد و توسعه تنش‌های فشاری استفاده می‌شود. از لحاظ عملکردی این درزها، برای جداکردن ساختارهای با فونداسیون‌های مختلف و روسازی-های با الگوهای درز مختلف به کار می‌رود. حداقل فاصله درزهای انبساطی ۳۰ متر است و این درزها حتماً باید دارای آرماتور انتقال بار با قطر حداقل ۲۵ میلیمتر، طول ۵۰۰ میلیمتر و در فواصل ۳۰۰ میلیمتر باشند. همچنین حداقل عرض دهانه درز انبساطی ۲۰ میلیمتر است. در اجرای درزهای انبساطی، مطابق شکل ۱۹، آرماتورها در یک طرف درز باید رنگ‌آمیزی و روغن‌کاری شوند و انتهای آن‌ها باید دارای کلاهک انبساطی باشد.



شکل ۱۹ جزئیات درز عرضی انبساطی

۴-۲-۱۱-۵- اجرای درز با برش

ایجاد درز به روش برش‌زنی[2] معمولاً در دو مرحله انجام می‌شود:

۱- برش اولیه: این برش محل ضعیف‌شده‌ای برای ایجاد ترک در روسازی فراهم می‌کند تا از این طریق، ترک‌های ناشی از عواملی مانند افت حجمی بتن کنترل شود.

۲- برش ثانویه (پهن): این برش به منظور فراهم‌کردن فضایی برای قرارگیری ماده درزگیر[3] ایجاد می‌شود.

عملیات برش اولیه درز بین ۴ تا ۲۴ ساعت پس از پخش بتن و قبل از بروز ترک‌های انقباضی غیرقابل کنترل انجام می‌شود. این مدت زمان تابعی از دمای دال، شرایط آب‌وهوایی، وضعیت گیرش بتن و تغییر خصوصیات مخلوط بتن

[1] Expansion joints

[2] Sawing

[3] Sealant

است. برش زودهنگام دال باعث جداشدن سنگدانه‌ها از دال و برش دیرهنگام آن نیز موجب بروز ترک در سایر نقاط دال می‌شود. عملیات برش ثانویه برای ایجاد فضای لازم برای ماده درزگیر، نیز باید حداقل ۷۲ ساعت بعد از عملیات پخش بتن انجام شود.

۵-۲-۱۱-۵- حداکثر فواصل مجاز درزها

اجرای درزها در فواصل مناسب از هم در روسازی‌های بتنی اهمیت زیادی دارد. تعبیه درزهای با فاصله کم اثرات ناشی از جمع‌شدگی بتن و بروز ترک و نیز مصرف آرماتور حرارتی را کاهش می‌دهد. اما تعداد زیاد درز می‌تواند باعث ضعف روسازی شود، چرا که معمولاً در روسازی‌های بتنی، درزها نقطه شروع خرابی‌های سطحی محسوب می‌شوند.

عوامل مؤثر در تعیین فواصل درزها شامل پتانسیل ذاتی بتن برای جمع‌شدگی، اصطکاک بین دال و اساس زیر آن، عمل‌آوری بتن، شرایط آب‌وهوایی و میزان فولاد پیش‌بینی‌شده در روسازی است. با این حال برای حداکثر فواصل مجاز درزهای اجرایی و انقباضی مقادیری مطابق جدول ۲۶ پیشنهاد شده است. لازم بذکر است که فواصل درزهای انبساطی مستثنی از مقادیر این جدول است. فاصله درزهای انبساطی در روسازی بتنی برابر ۳۰ متر در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۲۶ حداکثر فواصل مجاز درزهای اجرایی و انقباضی در روسازی بتنی

ضخامت دال روسازی (سانتیمتر)	حداکثر فواصل درزها بر حسب سانتیمتر		
	اسلامپ بتن ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر		اسلامپ بتن کوچکتر از ۱۰ سانتیمتر
	حداکثر قطر سنگدانه کوچکتر از ۱۹ میلیمتر باشد	حداکثر قطر سنگدانه بزرگتر از ۱۹ میلیمتر باشد	
۱۲/۵	۳۰۰	۳۷۵	۴۵۰
۱۵	۳۶۰	۴۵۰	۵۴۰
۱۷/۵	۴۲۰	۵۲۵	۶۳۰
۲۰	۴۸۰	۶۰۰	۷۲۰
۲۲/۵	۵۴۰	۶۷۵	۸۱۰
۲۵	۶۰۰	۷۵۰	۹۰۰
۳۰	۷۲۰	۹۰۰	۱۰۸۰
۳۷/۵	۹۰۰	۱۱۲۵	۱۳۵۰

۳-۱۱-۵- اجرای اتصالات در روسازی بتن غلتکی

۱-۳-۱۱-۵- درزهای طولی

درزهای طولی بین خطوط بتن‌ریزی در مسیر طولی آن تشکیل می‌شوند. این درزها، مناطق بحرانی و قابل توجه در سازه روسازی بتن غلتکی هستند. مشکل اصلی اجرای این درزها این است که امکان تراکم کامل در مجاورت لبه‌های بیرونی درز وجود ندارد. البته این عدم تراکم کامل با زود ریختن بتن خط عبور مجاور، ایجاد همپوشانی و عبور غلتک از روی آن تا حدودی جبران می‌شود.

اجرای درزهای طولی می‌تواند با یکی از دو شیوه اجرای تازه و سرد بشرح زیر انجام شود.

۱-۱-۳-۱۱-۵- اجرای تازه درز طولی

یک درز اجرایی تازه[1] طولی بین خطوط در حال اجرای پی‌درپی ایجاد می‌شود که زمان کافی برای سخت‌شدن سپری نشده است. در شرایط آب‌وهوایی معتدل این زمان حدود ۶۰ دقیقه و در آب‌وهوای گرم به ۳۰ دقیقه محدود است. ابتدا یک فاصله غیر متراکم (غلتک نخورده) به مقدار ۳۰ تا ۴۵ سانتیمتری از کناره خط، رها و پخش و تراکم جزئی با فینیشر انجام می‌شود. این عرض غیر متراکم برای تنظیم ارتفاع اسکرید فینیشر است که بعد از پخش خط جدید غلتک‌زنی آن انجام می‌شود. ممکن است برای رسیدن به تراکم مورد نظر، در محل درزهای طولی تعداد عبور غلتک‌های مورد نیاز بیشتر باشد.

در پروژه‌های بزرگ با بکارگیری دو یا چند فینیشر، بموازات و با فاصله مشخص از هم، نیز می‌توان درزهای طولی را همزمان و بصورت تازه اجرا کرد.

۲-۱-۳-۱۱-۵- اجرای سرد درز طولی

درزهای اجرایی طولی سرد[2] معمولاً وقتی ایجاد می‌شود که بیشتر از یک ساعت از پخش بتن قبلی گذشته باشد و خط جدیدی از بتن غلتکی پخش شود. قسمت‌های اضافی بتن غلتکی قبل از پخش خط جدید باید با استفاده از دستگاه برش، بصورت قائم برش داده و سپس برداشته شود. پس از رسیدن به یک لبه عمودی و مرطوب‌کردن آن، بتن‌ریزی لایه مجاور انجام شود. دستگاه فینیشر در اجرای باند دوم باید ارتفاع اضافی لایه برای جبران افت ارتفاع

[1] A fresh construction joint

[2] Longitudinal construction cold joint

ناشی از تراکم را در نظر بگیرد. همچنین باید ۲۵ تا ۷۵ میلیمتر بتن روی باند اول هم ریخته شود. بتن اضافی ریخته‌شده روی باند اول به روی باند دوم هل داده می‌شود، بنحوی‌که هیچ بتن اضافی روی بتن سخت‌شده باند اول باقی نماند. سپس غلتک باید بتن قدیم و حدود ۳۰ سانتیمتر از بتن جدید را در حالت استاتیک و با دو یا چند عبور متراکم کند.

۲-۳-۱۱-۵- اجرای درزهای عرضی

نحوه اجرای درزهای عرضی در بتن غلتکی بدین شرح است:

الف: درزهای عرضی اغلب بصورت سرد و با استفاده از دستگاه برش اجرا می‌شود.

ب: بریدن بتن باید توسط اره بتن با تیغه حدود ۳ میلیمتری، انجام شود.

پ: عمق برش باید حداقل یک‌چهارم ضخامت روسازی بتنی باشد.

ت: بریدن درزها باید زمانی انجام شود که بتن به مقاومت کافی رسیده باشد تا از لب‌پریدگی یا بیرون‌پریدگی سنگدانه‌ها در حین برش جلوگیری شود. بسته به نوع سیمان و بتن مربوطه این زمان می‌تواند از چند ساعت تا دو روز متغیر باشد.

ث: درزهای بریده‌شده باید با مواد پرکننده پر شوند تا از ورود مواد جامد که می‌توانند جلوی حرکت و عملکرد درز را بگیرند، جلوگیری شود. همچنین مواد پرکننده درز از ورود رطوبت به لایه‌های زیرین جلوگیری می‌کند تا رطوبت باعث آب‌شستگی لایه اساس و کاهش باربری زیر لبه‌های روسازی نشود.

ج: فاصله درزهای عرضی، برای روسازی‌های با ضخامت کمتر از ۲۰ سانتیمتر نباید بیشتر از ۱۲ متر و برای روسازی‌های با ضخامت ۲۰ سانتیمتر بیشتر از ۱۸ متر باشد.

۴-۱۱-۵- اجرای اتصالات روسازی‌های متفاوت و مجاور

۱-۴-۱۱-۵- ناحیه انتقال

ناحیه انتقال[1] دال بتنی است که بین دو نوع روسازی مختلف اجرا می‌شود. هدف از اجرای ناحیه انتقال، اطمینان از حرکت هموار بین دو نوع روسازی و کاهش مشکلات مربوط به عملکرد روسازی در سال‌های پس از ساخت است.

[1] Transition zone/ Transition slab

عدم اجرا یا اجرای نامناسب ناحیه انتقال، منجر به عملکرد ضعیف روسازی و نیاز فراوان به عملیات نگهداری و ترمیم روسازی می‌شود.

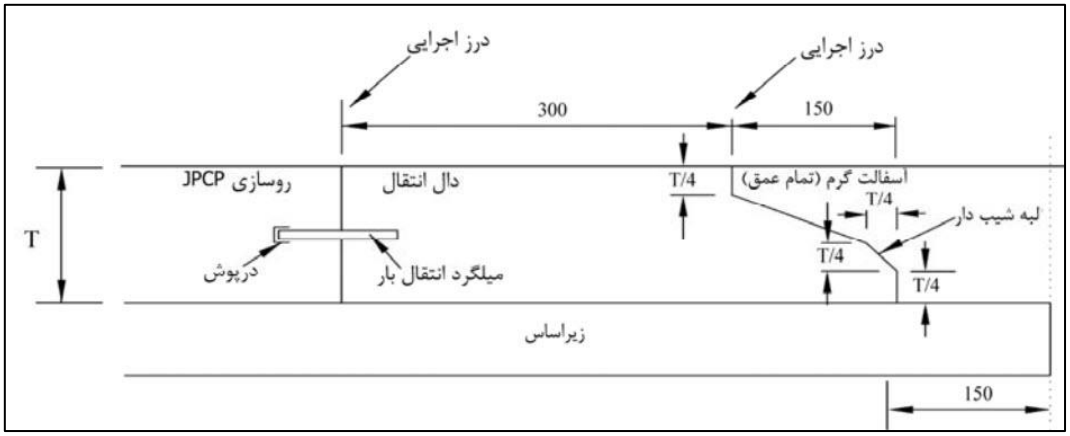
۵-۱۱-۴-۲- دال انتقال با ضخامت متغیر

در اتصال روسازی‌های بتنی و آسفالتی با استفاده از دال با ضخامت متغیر (مصطلح به کلید برشی)، زیراساس تا فاصله ۱/۵ متری از مقطع روسازی آسفالتی ادامه می‌یابد. در اجرای ناحیه انتقال با ضخامت متغیر (مطابق شکل ۲۰) باید توصیه‌های زیر لحاظ شود:

الف: تراکم آسفالت گرم و مصالح زیراساس بترتیب برابر ۱۰۰ و ۹۵ درصد وزن مخصوص آزمایشگاهی باشد.

ب: بستر را می‌توان با استفاده از سیمان و یا آهک تثبیت کرد.

پ: دال با ضخامت متغیر باید دارای لبه شیب‌دار باشد و پرداخت آن بنحوی باشد که دارای بافت زبر شود.

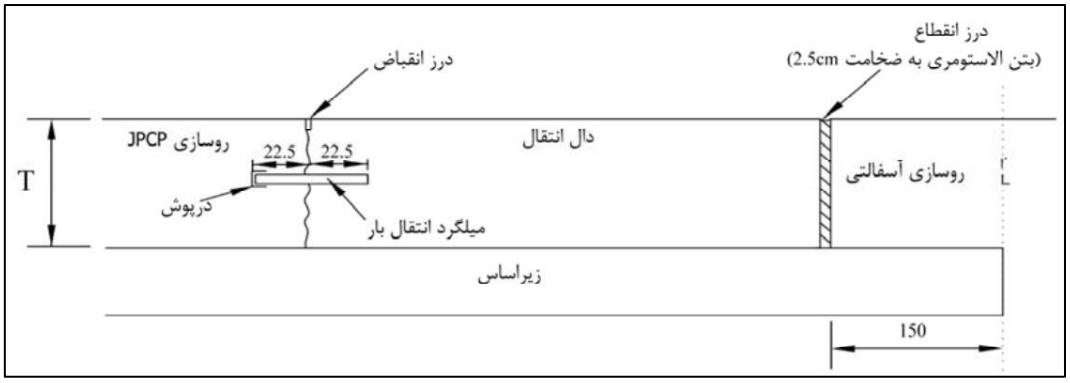


شکل ۲۰ جزئیات اجرایی ناحیه انتقال روسازی‌های بتنی و آسفالتی با استفاده از دال با ضخامت متغیر

۵-۱۱-۴-۳- دال انتقال با ضخامت ثابت

۵-۱۱-۴-۳-۱- درز انقطاع با پرکننده بتن الاستومری

در اتصال روسازی‌های بتنی و آسفالتی با استفاده از پرکننده بتن الاستومری، مطابق شکل ۲۱ زیراساس تا فاصله ۱/۵ متری از مقطع روسازی آسفالتی ادامه می‌یابد. در محل اتصال دال انتقال و روسازی آسفالتی از بتن الاستومری با مشخصات مطابق جدول ۲۷ استفاده می‌شود. مراحل اجرا در این نوع ناحیه انتقال بدین ترتیب است که ابتدا دال بتنی، سپس مخلوط آسفالت گرم و در پایان با برش و ایجاد شیار بتن الاستومری اجرا می‌شود.



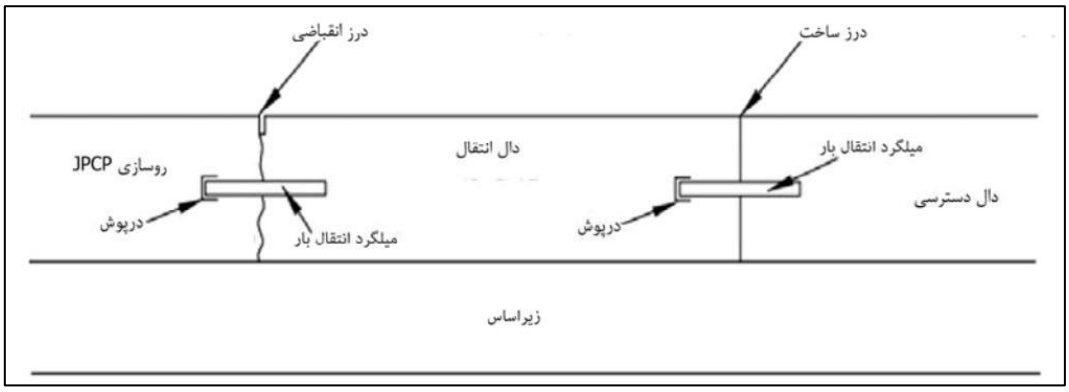
شکل ۲۱ جزئیات اجرایی ناحیه انتقال روسازی‌های بتنی و آسفالتی با استفاده از درز انقطاع با پرکننده بتن الاستومری

جدول ۲۷ خصوصیات بتن الاستومری

نوع	مقاومت فشاری (MPa)	مقاومت کششی (MPa)	ضریب الاستیسیته (MPa)
۱	۲۰	۶	$۲/۱۱\times۱۰^{۴}$
۲	۶	۴	$۱/۱۳\times۱۰^{۴}$
۳	۳۰	۱۶	$۲/۵۸\times۱۰^{۴}$

۲-۳-۴-۱۱-۵- درز ساخت و میلگرد انتقال بار

اتصال روسازی‌های بتنی به دال دسترسی پل با استفاده از درز ساخت و میلگرد انتقال بار مطابق شکل ۲۲ انجام می‌شود.

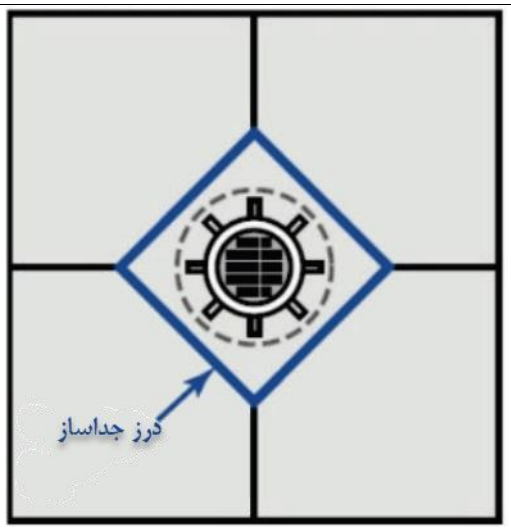


شکل ۲۲ جزئیات اجرای ناحیه انتقال روسازی‌های بتنی و دال دسترسی پل با استفاده از دال با ضخامت ثابت

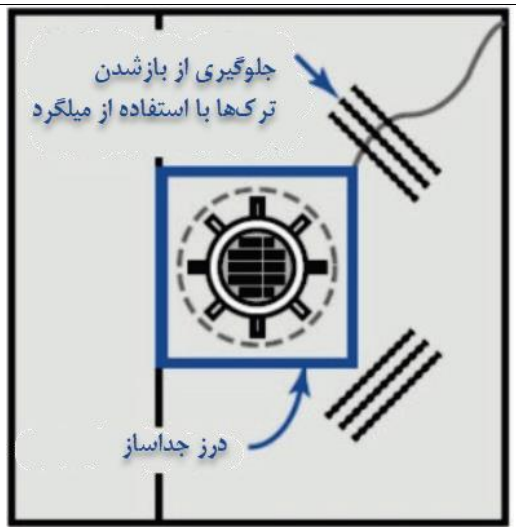
۵-۱۱-۵- اجرای اتصالات در محل کانال‌های تأسیسات، تقاطع روسازی با راه‌آهن و سایر ابنیه در بنادر

در خصوص محل تقاطع روسازی با کانال‌های تأسیسات، راه‌آهن و نظایر آن، در محل اتصال باید از درزهای جداساز[1] استفاده شود. درزهای جداساز به روسازی و ابنیه مجاور (اعم از کانال تأسیسات، دریچه آدم‌رو، ریل‌های راه‌آهن و ...) اجازه می‌دهد که بطور مستقل و در جهت‌های مختلف حرکت داشته باشد. درزهای جداساز بدون هیچ قیدی برای انتقال بار با مواد درزگیرِ قابلِ تراکم پر می‌شوند. تفاوت این درزها با درزهای انبساطی (انقطاع) در این است که درزهای انبساطی فقط در جهت انبساط اجازه حرکت آزادانه را به روسازی می‌دهد و در سایر جهات، میلگردهای انتقال بار مانع از حرکت می‌شود. الگوی اجرای درزهای جداساز می‌تواند مطابق موارد نشان‌داده‌شده در شکل ۲۳ باشد.

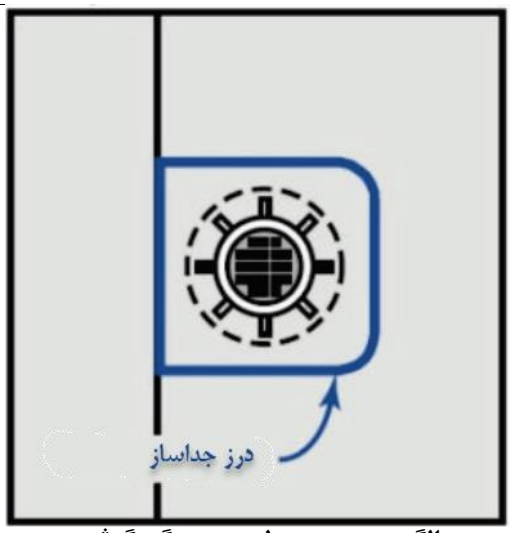
[1] Isolation joints



الگوی جعبه محیطی لوزی
(Diagonal Manhole Boxout)

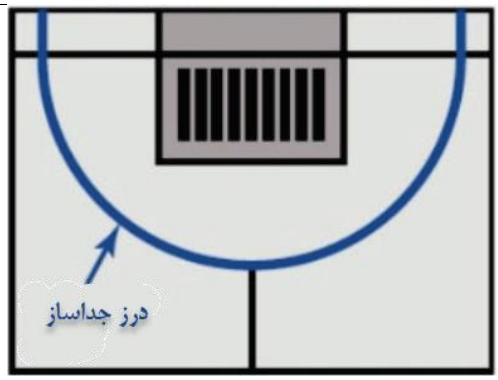


الگوی جعبه محیطی مربعی
(Square Manhole Boxout)

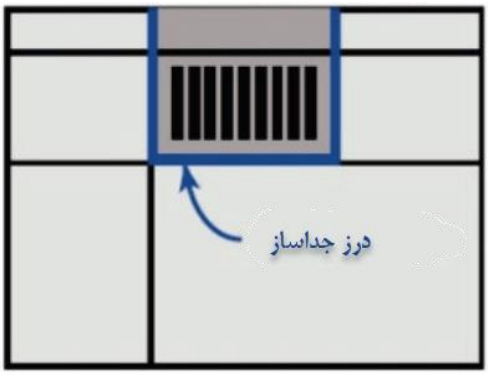


الگوی جعبه محیطی مربعی گردگوشه
(Square Manhole with Fillets)

الگوی جعبه محیطی دایره
(Circular Manhole Boxout)



الگوی جعبه محیطی نیم‌دایره
(Round Inlet Boxout)



الگوی دریچه مربعی بدون جعبه محیطی
(Square Inlet- no Boxout)

– حداقل عرض درز جداساز برابر ۱۲ میلیمتر است و باید با مواد درزگیر فشاری پر شود.

– جعبه‌های محیطی باید به اندازه‌ای بزرگ باشند که حداقل فاصله ۳۰ سانتیمتر بین اجزای ثابت و درز ایجاد شود.

شکل ۲۳ الگوهای اجرای درز جداساز در اطراف آدم‌رو

در خصوص اجرای درز جداساز در محل تقاطع روسازی با راه‌آهن، ابتدا لایه‌های زیرین ازجمله لایه اساس و دال بتن مسلح بین ریل‌ها (یا لایه‌های مشابه دیگر) اجرا می‌شود، سپس ریل‌گذاری انجام می‌شود و پس از آن پوشش فوقانی که ممکن است از جنس بلوکی‌بتنی، بتنی یا آسفالتی باشد بنحوی اجرا می‌شود که درز جداساز بین ریل و پوشش فوقانی ایجاد شود. در نهایت درز ایجادشده با درزگیر مناسب پر می‌شود.

درزگیرها[1] یا پرکننده‌های درز در دو گروه عمده مایع و فشاری (از پیش قالب‌گیری‌شده) تقسیم می‌شود. درزگیرهای مایع شامل مواد گرم یا سرد پایه قیری، سیلیکونی یا نظایر آن هستند که قابلیت ریخته‌شدن در درز، گیرش و پرکردن درز را داشته باشد. درزگیرهای فشاری که معمولاً از نوع نئوپرن[2] هستند، از قبل متناسب با اندازه درز طراحی می‌شوند. مشخصات مواد درزگیر متداول در ارائه شده است.

جدول ۲۸ مشخصات مواد درزگیر متداول

گروه اصلی	نوع مواد	استاندارد مورد نیاز
مایع	پایه قیری	AASHTO M324
مایع	سیلیکونی	ASTM 0 5893
فشاری	نئوپرن	ASTM 0 2628
فشاری	خمیری	ASTM 0 2835
فشاری	پایه قیری	AASHTO M213, M33
فشاری	لاستیکی و PVC	AASHTO M153

[1] Sealants

[2] Neoprene

۶

ترمیم، نگهداری و بهره‌برداری روسازی بنادر

۶- ترمیم، نگهداری و بهره‌برداری روسازی بنادر

۶-۱- ارزیابی وضعیت روسازی بنادر

برای ارزیابی وضعیت روسازی محوطه‌های بندری، با توجه به محدود بودن ابعاد این محوطه‌ها، در این راهنما استفاده از شاخص PCI پیشنهاد می‌شود.

PCI[1] یک نشانگر عددی است که وضعیت سطح روسازی را ارزیابی می‌کند و همچنین معیاری از وضعیت فعلی روسازی بر اساس خرابی‌های مشاهده‌شده بر روی سطح روسازی است. در این راهنما تعریف خرابی، وسعت و شدت آن و نحوه محاسبه شاخص PCI برای رویه‌های آسفالتی و شنی مطابق با استاندارد ASTM D6433 و یا نشریه شماره ۲۹۶ (راهنمای بهسازی رویه‌های آسفالتی و شنی)، برای روسازی بتنی مطابق با استاندارد ASTM D6433 و برای روسازی بلوکی بتنی مطابق با استاندارد ASTM E2840 ارائه شده است.

ارزیابی وضعیت انواع روسازی‌ها و تعیین شدت خرابی‌ها به شیوه ارائه‌شده در پیوست شماره ۱۰ انجام می‌شود. در این زمینه باید نکات زیر مد نظر قرار گیرد:

الف: در محوطه‌های بندری، نشست ناشی از بار متمرکز، جز خرابی نشست با شدت زیاد در نظر گرفته شود.

ب: نوارهای بتنی باید بر مبنای خرابی‌های سازه بتنی مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرد.

پ: تعیین سطوح مداخله و اقدامات نگهداری بر اساس شاخص PCI، بستگی به سیاست‌های مدیریتی در هر بندر یا بنادر دارد.

۶-۲- طراحی روکش برای روسازی محوطه‌های بندری

۶-۲-۱- محدوده کاربرد

طرح روکش ممکن است بدلایلی غیر از بهبود مقاومت ساختار روسازی، نظیر ارتقاء مقاومت سایشی روسازی (از بین‌بردن پتانسیل سُرخوردن) یا ترمیم چاله‌های سطح روسازی انجام شود. شیوه ارائه‌شده در این بخش به بهسازی مقاومتی روسازی محدود می‌شود.

[1] Pavement Condition Index

۲-۲-۶- انواع روکش

چهار نوع بهسازی بشرح زیر، ممکن است برای روسازی محوطه‌های بندری بکار رود. سه مورد اخیر (غیر از لایه بتنی نازک)، با اهداف افزایش مقاومت روسازی انجام می‌شود.

۱- لایه بتنی نازک (بدون افزایش مقاومت روسازی)

۲- روکش بتنی

۳- روکش آسفالتی

۴- روکش بلوکی بتنی

لازم بذکر است که طراحی بازیافت سرد باید مطابق ضوابط نشریه ۳۳۹ برنامه و بودجه کشور- «مشخصات فنی اجرایی بازیافت سرد آسفالت» و طراحی بازیافت گرم مطابق ضوابط نشریه ۳۴۱ برنامه و بودجه کشور- «مشخصات فنی اجرایی بازیافت گرم آسفالت» و یا مطابق نشریات معتبر بین‌المللی انجام شود.

۱-۲-۲-۶- اجرای لایه بتنی نازک

لایه بتنی نازک در مواقعی استفاده می‌شود که روسازی بطور عمده بدون ترک است و صرفاً برای رفع نواقص عملکردی روسازی و بسته به سیاست‌های مدیریتی در هر بندر یا بنادر می‌تواند انجام شود.

آماده‌سازی سطح روسازی موجود، پیش از اجرای لایه بتنی نازک باید مورد توجه قرار گیرد. توصیه می‌شود پیش از اجرای لایه بتنی نازک، سطح موجود تراش شود. حداکثر ضخامت لایه نازک به ۴۰ میلیمتر محدود است.

۲-۲-۲-۶- اجرای روکش بتنی

روکش بتنی می‌تواند در انواع روسازی بتنی متداول نظیر بتنی ساده درزدار، مسلح درزدار، مسلح پیوسته و الیافی اجرا شود. اجرای روکش بتنی و بویژه نحوه آماده‌سازی سطح روسازی موجود، باید مطابق ضوابط فصل چهارم نشریه ۷۳۱ دستورالعمل طراحی، اجرا و نگهداری روسازی بتنی راه‌ها انجام شود.

۳-۲-۶-۲- اجرای روکش آسفالتی

اجرای روکش آسفالتی باید مطابق مندرجات فصل ۱۲ آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران نشریه ۲۳۴ انجام شود.

۳-۲-۶-۴- اجرای روکش بلوکی بتنی

اجرای روکش بلوکی بتنی باید مطابق ضوابط فصل اجرای این راهنما انجام شود. باید دقت شود که در آماده‌سازی سطح روسازی موجود پیش از اجرای روکش بلوکی بتنی، چاله‌ها و سایر خرابی‌ها با ماسه بستر پر نشود بلکه به شیوه مناسب مطابق ضوابط گفته‌شده، ترمیم و سپس روکش اجرا شود.

۳-۲-۶- روش طراحی روکش روسازی محوطه‌ها

طراحی روکش برای روسازی محوطه‌های بندری علاوه بر بهسازی و مقاوم‌سازی روسازی موجود، با هدف ایجاد ارتقاء روسازی موجود برای بارهای سنگین‌تر در طول عمر بهره‌برداری انجام می‌شود. بعبارت دیگر، در این روش طراحی، امکان طرح روکش با فرضیات جدید (از نظر بزرگی و تکرار بارگذاری) وجود دارد. طراحی روکش محوطه‌های بندری شامل دو مرحله زیر است:

۱- تعیین مقاومت باقیمانده روسازی (وضعیت موجود)

۲- طرح ضخامت و ویژگی‌های لایه یا لایه‌های روکش

۳-۲-۶-۱-۳- تعیین مقاومت باقیمانده روسازی موجود

در روش طراحی روسازی محوطه‌های بندری، ابتدا باید مقاومت باقیمانده روسازی موجود تعیین شود. برای اینکار بر اساس وضعیت روسازی و ضخامت لایه‌های آن، ضخامت مؤثر معادل اساس بتنی C8 تعیین می‌شود. این ضخامت معرف مقاومت باقیمانده روسازی موجود است. ضخامت لایه‌های مختلف روسازی (بدست آمده از ردیف ۶-۲-۳-۱-۱) با استفاده از ضرایب هم‌ارز (جدول ۹) و تعدیل با ضرایب شرایط (ردیف ۶-۲-۳-۱-۲) به ضخامت مؤثر معادل اساس C8 تبدیل می‌شود. به عنوان راهنمایی به مثال‌های ۱ تا ۳ پیوست شماره ۱۱ مراجعه شود.

۱-۱-۳-۲-۶- تعیین ضخامت لایه‌های روسازی

در این مرحله، چنانچه تاریخچه ساختار روسازی در دسترس باشد، برای کنترل داده‌ها و چنانچه تاریخچه آن در دسترس نباشد، برای تعیین ضخامت لایه‌های روسازی باید کُرگیری انجام شود. اینکار باید بنحوی انجام شود که بازای هر ۵۰۰ مترمربع از روسازی یک کُر زده شود. همچنین می‌توان از تجهیزات غیر مخرب مانند GPR استفاده کرد. در صورتی‌که ساختار و وضعیت روسازی یکنواخت باشد، حداقل سه و حداکثر هفت کُر لازم است. اگر ترافیک عبوری از روسازی محوطه‌های بندری، یکسان نباشد، محوطه‌های مذکور بصورت جداگانه بررسی شود.

۲-۱-۳-۲-۶- تعیین مقاومت باقیمانده روسازی با استفاده از ضرایب شرایط

ضریب شرایط ۱، نشان‌دهنده وضعیت لایه‌های روسازی بر اساس ترک‌خوردگی سطح روسازی است و مطابق جدول ۲۹ تعیین می‌شود. ضریب شرایط ۲، معرف کاهش مقاومت لایه‌های روسازی در اثر شیارشدگی و نشست سطح روسازی است. این ضریب مطابق جدول ۳۰ و بر اساس حداکثر عمق چاله یا شیار در زیر شمشه سه متری تعیین می‌شود. در صورتی‌که سطح روسازی بدون ترک و تغییرشکل باشد، ضرایب شرایط، یک در نظر گرفته می‌شود که معادل این است که روسازی تازه ساخته شده باشد.

ممکن است تعیین ضریب شرایط روسازی، صرفاً با استفاده از ترک‌های سطحی روسازی دشوار باشد و بررسی نمونه‌های حاصل از کُرگیری در این خصوص مؤثر باشد.

جدول ۲۹ ضریب شرایط ترک‌خوردگی سطح روسازی

وضعیت روسازی	ضریب شرایط ۱ (CF1)
روسازی جدید	۱/۰
ترک‌خوردگی جزئی	۰/۸
ترک‌خوردگی اساسی	۰/۵
ترک‌خوردگی کامل سطح و پوسته‌شدن	۰/۲

جدول ۳۰ ضریب شرایط شیارشدگی و نشست بیشینه

حداکثر عمق چاله یا شیار (میلیمتر)	ضریب شرایط ۲ (CF2)
۰ تا ۱۰	۱/۰
۱۱ تا ۲۰	۰/۹
۲۱ تا ۴۰	۰/۶
بیشتر از ۴۰	۰/۳

وضعیت هر کدام از لایه‌های ساختار روسازی باید با استفاده از ضریب شرایط ۱ و ۲ تعدیل شود. برای تشریح بیشتر موضوع، مثال‌هایی از ارزیابی وضعیت روسازی بنادر در پیوست شماره ۱۱ ارائه شده است.

۲-۳-۲-۶- طرح ضخامت روکش

بعد از اینکه مطابق ردیف قبل، مقاومت باقیمانده روسازی موجود بصورت ضخامت مؤثر معادل با بتن C8 تعیین شد، در این مرحله طرح ضخامت روکش انجام می‌شود. به منظور محاسبه ضخامت روکش، لازم است با معیارهای طراحی مورد نیاز و با استفاده از روش طراحی روسازی محوطه‌ها، طرح ضخامت روسازی جدید انجام شود. معیارهای طراحی عبارتند از :

- دوره طرح
- مشخصات خاک بستر (CBR)
- بار چرخ منفرد هم‌ارز
- نوع روکش مورد نظر

جزئیات کامل روند طراحی و محاسبه مقادیر بار هم ارز معادل در بخش طراحی روسازی محوطه‌های بنادر (ردیف ۴-۱) این راهنما ارائه شده است. اختلاف ضخامت روسازی جدید و ضخامت باقیمانده روسازی موجود، برابر ضخامت روکش مورد نیاز بر حسب اساس بتنی C8 است که با استفاده از ضرایب هم‌ارز، قابلیت تبدیل به انواع روکش مورد نظر را دارد.

۴-۲-۶- دوره بهره‌برداری گزینه‌های نگهداری

برای طراحی گزینه‌های نگهداری اساسی و نیز تحلیل مالی در مرحله طراحی روسازی نیاز به در نظر گرفتن دوره عمر بهره‌برداری برای گزینه‌های نگهداری به عنوان اقدامات نگهداری دوره‌ای در دوره تحلیل است. این دوره بهره‌برداری بر اساس روش طرح گزینه نگهداری و مدل‌های پیش‌بینی عملکرد روسازی طرح‌شده یا موجود تعیین می‌شود. در صورت عدم امکان پیش‌بینی عملکرد گزینه‌های نگهداری، می‌توان از اطلاعات جدول ۳۱ به عنوان یک پیشنهاد استفاده کرد. البته دوره عمر پیشنهادی باید با توجه به مشخصات فنی خصوصی پروژه توسط مهندس مشاور تدقیق شود.

جدول ۳۱ دوره بهره‌برداری گزینه‌های نگهداری برای تحلیل مالی

نوع روسازی	راهکار بهسازی اساسی	دوره عمر پیشنهادی* (سال)
روسازی آسفالتی	روکش آسفالت	۵-۷
	تراش و روکش آسفالت	۷-۱۰
	بازیافت و لایه رویه آسفالتی	۷-۱۰
	بازسازی	۱۲-۱۵
روسازی بتنی	خردکردن رویه و روکش دو لایه آسفالت	۷-۱۰
	لایه بتنی نازک	۷-۱۰
	بازسازی	۲۰-۲۵
روسازی بلوکی	روکش آسفالتی	۵-۷
	بازسازی	۱۵-۲۰
روسازی شنی	شخم‌زدن و تسطیح دوباره	۳-۵
	برداشتن و اجرای مجدد	۵-۷

*دوره عمر پیشنهادی باید با توجه به مشخصات فنی خصوصی پروژه توسط مهندس مشاور تدقیق و در تحلیل مالی در نظر گرفته شود.

۶-۳- اقدامات ترمیم و نگهداری روسازی

۶-۳-۱- ترمیم و نگهداری روسازی آسفالتی

۶-۳-۱-۱ آسفالت داغ

اقدامات ترمیم و نگهداری آسفالت داغ اجراشده باید مطابق با مشخصات مندرج در نشریه فنی عمومی راهداری نشریه ۲۸۰ باشد. در صورت نیاز به اجرای روکش آسفالتی به عنوان اقدام بهسازی، لازم است مندرجات فصل ۱۲ آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران نشریه ۲۳۴ رعایت شود.

۶-۳-۱-۲ آسفالت سرد

اقدامات ترمیم و نگهداری آسفالت سرد اجرا شده باید مطابق با مندرجات بند ۵-۹ فصل ۵ دستورالعمل طرح، اجرا و نگهداری آسفالت سرد ضابطه ۳۶۲ باشد.

۶-۳-۱-۳ آسفالت متخلخل

اقدامات ترمیم و نگهداری آسفالت متخلخل اجراشده باید مطابق با مندرجات فصل ۵ دستورالعمل طرح، اجرا و نگهداری آسفالت متخلخل نشریه ۱-۳۸۴ باشد.

۶-۳-۱-۴ آسفالت حفاظتی

اقدامات ترمیم و نگهداری آسفالت حفاظتی بر اساس مشخصات لایه باید در مشخصات فنی خصوصی آورده شود.

۶-۳-۲- ترمیم و نگهداری روسازی بتنی

اقدامات نگهداری روسازی بتنی باید مطابق با نشریه ۷۳۱ دستورالعمل طراحی، اجرا و نگهداری روسازی بتنی راه‌ها باشد. نگهداری زمستانی رویه بتنی بسیار مهم است و باید متناسب با مشخصات لایه رویه اقدام شود. تمهیدات بکاررفته برای یخزدایی و یا جلوگیری از یخزدگی نگهداری زمستانی نباید هیچ‌گونه خرابی در رویه ایجاد کند.

در صورت نیاز به اجرای لایه آسفالتی بر روی رویه بتنی به عنوان اقدام بهسازی، لازم است موارد مربوط به آسفالت رعایت شود.

۳-۳-۶- ترمیم و نگهداری روسازی بلوکی بتنی

۱-۳-۳-۶- برداشتن بلوک‌ها

در خصوص برداشتن بلوک‌های بتنی، نکات زیر باید مدنظر قرار گیرد:

۱. محدوده خراب به شکل هندسی مشخص و بلوک‌ها به ترتیب و بدون تخریب بلوک‌های مجاور برداشته شوند. به علت چفت‌وبست بلوک‌ها، معمولاً لازم است چند بلوک اول برای برداشتن راحت‌ترِ بقیه بلوک‌ها شکسته شوند.
۲. ماسه درزها و مواد زائد، قبل از دپو کردن یا مصرف مجدد از روی بلوک‌ها تمیز شوند.
۳. بلوک‌های سالم و آسیب‌دیده به صورت مجزا، در منطقه‌ای مناسب با حداقل فاصله ۰/۵ متری از لبه محل حفاری دپو شوند (بلوک‌های آسیب‌دیده می‌توانند به عنوان بلوک‌های بریده‌شده مجدداً استفاده شوند).

۲-۳-۳-۶- برداشتن لایه اتصال

مصالح لایه اتصال باید به وسیله بیل و بیلچه دستی کنده و دور ریخته شود. این مصالح نباید مجدداً مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۳-۳-۶- ترمیم لایه‌های زیرسازی

پس از اصلاح لایه‌های زیرسازی، زیرسازی مجدداً در تراز مناسب تحکیم شود تا لایه اتصال با ضخامت مناسب بر روی آن قرار گیرد. توصیه می‌شود که سطح قسمت ترمیم‌شده محدب باشد تا بلوک‌ها قدری بالاتر از بلوک‌های مجاور قرار گیرند و بدین ترتیب اثر نشست‌های آتی خنثی شود.

۴-۳-۳-۶- اجرای لایه اتصال جدید

در خصوص اجرای لایه اتصال جدید، نکات زیر باید مدنظر قرار گیرد:

۱. مواد زائد، لایه اتصال قدیمی و ماسه درزها از سطوح بلوک‌های اطراف و دیواره‌های جانبی مجاور محل ترمیم با دقت برداشته شود.

۲. اطمینان حاصل شود که بلوک‌های باقیمانده کاملاً بر روی لایه اتصال نشسته و مقداری از لایه اتصال (ماسه بستر) موجود جلوی بلوک‌ها باقی بماند (شکل ۲۴).

۳. دانه‌بندی مصالح و ضخامت لایه اتصال بر اساس مشخصات ذکرشده برای لایه اتصال (ماسه بستر) انتخاب شود.

۴. مصالح لایه اتصال بر روی لایه زیرسازی ریخته و پخش شود.

۵. مصالح جدید بوسیله کوبه دستی متراکم شود تا در محل تقاطع آن‌ها بای لایه اتصال وجود هیچ حفره‌ای باقی نماند.

۶. شمشه‌کشی لایه اتصال بوسیله تخته شمشه تا ۵ میلیمتر بالاتر از سطح زیرین بلوک‌های مجاور انجام شود. در مناطقی که امکان شمشه‌کشی با تخته وجود ندارد، از ماله فلزی مستطیلی استفاده شود.

شکل ۲۴ ضرورت باقی‌ماندن بخشی از لایه اتصال وجود جلوی بلوک‌ها

۵-۳-۳-۶- انتخاب بلوک‌های جایگزین

ابعاد بلوک‌های جایگزین با بلوک‌های موجود باید مطابقت داده شوند. در صورت بروز مشکل و عدم انطباق ابعاد، باید بخش باریکی از بلوک به ضخامت ۲ تا ۳ میلیمتر بریده و در محل جا داده شود.

۶-۳-۳-۶- نصب بلوک‌ها

در خصوص نصب بلوک‌های بتنی، نکات زیر باید مدنظر قرار گیرد:

۱. عدم جابجایی بلوک‌های موجود در پیرامون ناحیه در حال ترمیم کنترل شود تا در صورت لزوم، نسبت به تنظیم یا برداشتن این بلوک‌ها اقدام شود.

۲. بلوک‌ها با فاصله بین ۲ تا ۵ میلیمتر نسبت به همدیگر (فاصله درزها) در محل خود قرار داده شوند. از بلوک‌های سالمی که قبلاً از محل برداشته شده‌اند، استفاده شود.

۳. راستای الگوی قرارگیری بلوک‌ها به صورت پیوسته کنترل شود. در مناطق وسیع، توصیه می‌شود از خطوط ریسمان برای این کار استفاده شود.

۴. راستای بلوک‌هایی که مجدد استفاده می‌شوند باید کنترل شوند تا از قرارگیری مناسب آن‌ها کنار یکدیگر اطمینان حاصل شود.

۷-۳-۳-۶- برش بلوک‌ها

در صورت لزوم، بلوک‌ها باید بلوک‌ها به گونه‌ای برش داده شوند که پس از نصب ، برش‌ها تراز و عرض درزها در محدوده ۲ تا ۵ میلیمتر باشد. بلوک‌های بریده‌شده، کوچکتر از یک‌چهارم طول اصلی بلوک نباید مورد استفاده قرار گیرند. به منظور به حداقل رساندن نیاز به برش‌های کوچکتر، باید از بلوک‌های مخصوص لبه‌ها یا بلوک‌های نصفه استفاده و جهت قرارگیری بلوک‌ها در الگوی مورد نظر تغییر داده شود. استفاده از سیمان یا ملات برای پرکردن فضاها مجاز نیست.

۸-۳-۳-۶- کنترل عرض درزها و ارتفاع بلوک‌ها

برای کنترل عرض درزها و ارتفاع بلوک‌ها، نکات زیر باید مدنظر قرار گیرد: باید مدنظر قرار گیرد:

۱. راستای بلوک و عرض درزها باید کنترل شود، به نحوی که عرض درزها باید ۲ تا ۵ میلیمتر باشد.

۲. بلوک‌ها از نظر وجود بلوک‌های شکسته و آسیب‌دیده کنترل و در صورت لزوم، این بلوک‌ها تعویض شوند.

۳. بلوک‌ها از نظر وجود برآمدگی کنترل و در صورت لزوم، ارتفاع بلوک‌ها با کاهش تراز لایه اتصال تنظیم شود. چنانچه لایه اتصال به هم خورده باشد، بعد از جایگزینی بلوک‌ها مجدداً متراکم شود.

۹-۳-۳-۶- پر کردن درز بلوک‌ها

۱. پر کردن درز بلوک‌ها تنها در صورتی انجام شود که بلوک‌ها، راستا، عرض درزها و ارتفاع بلوک‌ها کنترل شود و قابل قبول باشد.

۲. دانه‌بندی مناسب مطابق با مشخصات ماسه درزگیر (جدول ۱۷) باشد.

۳. ماسه درزگیر روی سطح ریخته و به درون درزها جارو شود.

۴. سطح با حرکت دستگاه متراکم‌کننده صفحه‌ای به تعداد حداقل دو بار متراکم شود.

۵. دستگاه متراکم‌کننده صفحه‌ای در پیرامون ناحیه در حال ترمیم به گونه‌ای حرکت داده شود که نصف صفحه آن بر روی بلوک‌های موجود و نصف دیگر بر روی بلوک‌های جدید قرار گیرد.

۶. به عنوان کنترل نهایی، راستا، عرض درزها و ارتفاع بلوک‌ها بازبینی و در صورت لزوم اصلاح شود. مواد زائد باقی‌مانده برداشته و سطح جارو شود. در پایان روز کاری، درزهای تمام بلوک‌های نصب‌شده باید پر و متراکم شود.

۴-۳-۶- ترمیم و نگهداری روسازی شنی

در خصوص ترمیم رویه‌های شنی باید مطابق راهنمای ارائه‌شده در جدول ۳۳ و با در نظر گرفتن موارد زیر اقدام شود.

- چنانچه رویه شنی به عنوان لایه زهکش هم استفاده می‌شود، باید دقت شود که در صورت بهم‌خوردگی دانه‌بندی، باید نسب به اصلاح دانه‌بندی و تسطیح آن اقدام شود. این موضوع به‌ویژه بعد از بارندگی‌های شدید باید کنترل شود. آب‌جمع‌شدگی در سطح رویه شنی در هنگام بارندگی یا بعد از آن یا بلندشدن گرد و غبار از سطح در حالت خشک در رویه‌های شنی از نشانه‌های وجود مشکل در زهکشی این نوع رویه‌ها است.
- در صورت تغییر شیب سطح رویه یا ایجاد چاله و ناهمواری در آن باید با گریدر نسبت به تنظیم شیب اقدام شود. این اقدام باید به نحوی انجام شود که تأثیری بر عملکرد مطلوب رویه شنی نداشته باشد.
- در صورت تردد از رویه شنی، تراکم رویه شنی در عملکرد مطلوب آن تأثیرگذار است. در صورت نیاز به بهبود، باید رویه شنی در زمان تراکم و تسطیح دارای رطوبت بهینه باشد.
- در صورت نیاز به اضافه‌کردن مصالح به رویه شنی، باید دقت شود که مصالح جدید باعث اصلاح و بهبود دانه‌بندی رویه موجود با توجه به عملکرد رویه شنی شود. شخم‌زدن لایه رویه موجود، پخش مصالح جدید روی لایه موجود و اختلال آن باید به نحوی انجام شود که هیچ گونه آسیبی به لایه زیرین وارد نشود.
- در صورت زیادشدن سهم ریزدانه در رویه شنی با گذشت زمان، باید با اضافه‌کردن مصالح درشت‌دانه نسبت به اصلاح دانه‌بندی اقدام شود.

- برای بهبود رویه‌های شنی در نواحی کم‌باران یا در معابر با ترافیک قابل ملاحظه که تردد وسایل‌نقلیه یا وزش باد منجر به ایجاد گردوغبار می‌شود، با حفظ عملکرد مطلوب رویه شنی، می‌توان از محلول‌های مناسب مانند امولسیون قیر مطابق با راهنمای بهسازی رویه‌های آسفالتی و شنی- نشریه شماره ۲۹۶ استفاده کرد.

جدول ۳۲ راهنمای ترمیم و نگهداری خرابی‌های رویه شنی در بنادر

دسته خرابی	عنوان خرابی‌ها	علل بروز خرابی	اقدامات ترمیم و نگهداری	مشکلات و پیامدها
بهم‌خوردگی دانه‌بندی	از بین رفتن مصالح رویه (Loss of surface material -Gravel loss)	• تردد وسایل‌نقلیه • بارندگی • فقدان مقاومت و چسبندگی مصالح رویه	• اضافه‌کردن مصالح جدید به رویه شنی یا اصلاح دانه‌بندی (سرندکردن) و پخش مجدد رویه • تنظیم مجدد شیب راه یا محوطه • تراکم رویه شنی • استفاده از تثبیت‌کننده‌ها (در خصوص سطوح نرم) • استفاده از ژئوتکستایل‌ها (در خصوص جلوگیری از نفوذ بستر به رویه)	• کاهش کیفیت رانندگی • افزایش هزینه‌های تحمیلی متولیان یا استفاده کنندگان • بروز مشکلات زیست‌محیطی نظیر ایجاد گردوغبار • افزایش ریسک ایمنی
	مصالح سست و نرم (Loose material)	• فقدان ریزدانه چسبنده کافی در مصالح رویه • انتقال مصالح از/به سطح رویه توسط جریانات آبی و بادی • ترافیک بالا و سنگین • عدم کفایت مشخصات مصالح رویه شنی		
	بافت درشت رویه (Coarse texture)	• فرسایش و جداشدگی مصالح ریزدانه از درشت‌دانه • مواجهه با بستر سنگی • استفاده از اساس بیش‌ازحد درشت‌دانه		
	سطوح نرم (Soft surfaces)	• تراکم ناکافی • ورود آب به روسازی • مصالح رویه با درصد بالای ریزدانه و رس		
	نفوذ بستر به رویه (Subgrade intrusion)	• بارگذاری بیش‌ازحد روی بستر باعث اختلاط مصالح بستر و لایه-های روسازی می‌شود.		
ناهمواری سطح	موجزدگی (Corrugations)	• کیفیت نامناسب مصالح نسبت به شرایط آب‌وهوایی منطقه • فقدان سطح محکمِ همراه با نسبت بالای مصالح درشت‌دانه • تسطیح نامناسب (سرعت نامناسب گریدر یا تیغه‌های معیوب آن)	• برش به عمق موج‌ها و پخش مصالح جدید • تراکم مناسب در رطوبت بهینه • تنظیم شیب با گریدر	• کاهش کیفیت تردد در نتیجه افزایش سختی رویه • افزایش ریسک ایمنی

	چاله‌ها (Potholes)	• ایجاد چاله در اثر جمع‌شدگی آب بدلیل شیب عرضی نامناسب • ضعیف‌شدن بیش از حد روسازی در اثر رطوبت • تراکم ناکافی • کیفیت ناهمگن مصالح روسازی	• افزایش شیب عرضی محوطه برای زهکشی بهتر • تراکم کافی مصالح روسازی • ایجاد وصله	• افزایش هزینه‌های متولیان و استفاده کنندگان • تشدید آسیب به روسازی در اثر تجمع آب در چاله‌ها و شیارها
	شیارشدگی (Rutting)	• در فصول خشک سال، در اثر جابجایی مصالح غیرچسبنده و در فصول مرطوب در اثر مقاومت ناکافی مصالح • عمق ناکافی روسازی • زهکشی سطحی ضعیف • تسطیح نامناسب رویه • مسیر چرخ در ترافیک‌های بالا یا عبور تجهیزات خاص	• تنظیم مجدد شیب با گریدر • تراکم کافی • تثبیت لایه اساس	
	تورم ناشی از یخبندان (Frost heave)	• تورم ناشی از یخبندان	• استفاده از مصالح با نفوذپذیری کم • استفاده از ژئوگریدها • استفاده از تثبیت‌کننده‌ها • کاهش مقدار لای موجود در مصالح روسازی	
	تورم (Heaving)	• تغییرشکل پلاستیک لایه‌های روسازی و بستر • استفاده از مصالح بی‌کیفیت • رطوبت ناشی از ذوب برف در بهار	• جایگزینی مصالح با مصالح جدید • استفاده از زهکشی سطحی یا زیرسطحی مناسب • استفاده از ضخامت روسازی متناسب با میزان بارگذاری	

	نشست (Settlement)	• تحکیم‌زهکشی‌شده لایه‌های زیر رویه • احداث غیراصولی خاکریز	• پرکردن موقت سطح برای رسیدن به پروفیل طولی مناسب	
لغزندگی سطح	سطح لغزنده (Slippery surface)	• شیب عرضی ناکافی برای تخلیه رواناب • مقادیر بیش از حد ریزدانه و مصالح چسبنده • وجود سنگ‌های نرم در معرض ترافیک بالای عبوری	• تنظیم مجدد شیب با گریدر • جایگزینی مصالح جدید	• کاهش کیفیت رانندگی در نتیجه افزایش سختی رویه • افزایش ریسک ایمنی • افزایش هزینه‌های تحمیلی به کاربران راه • آسیب احتمالی به لایه‌های زیرین روسازی و بستر (در خصوص آب‌شستگی سطح)
	آب‌شستگی سطح (Surface scour)	• زهکشی سطحی ضعیف • استفاده از مصالح فرسایش‌پذیر در رویه • فقدان تراکم کافی • شیب‌های طولی یا عرضی بیش‌ازحد	• تأمین شیب‌های طولی و عرضی مناسب برای زهکشی سطحی • جلوگیری از ورود رواناب‌های بالاسری به محوطه • جایگزین مصالح با مصالح مقاوم در برابر آب‌شستگی • اصلاح مصالح رویه با مواد افزودنی یا تثبیت‌کننده	
	یخزدگی سطح (Ice formation on surfce)	• دماهای پایین	• شن‌پاشی • حذف عوامل ایجاد سایه مانند درختان برای تابش نور خورشید به روسازی • نمک‌پاشی • نصب تابلوهای هشدار	

۴-۶- ضوابط مربوط به بهره‌برداری اصولی از روسازی بنادر

خرابی‌های روسازی معمولاً به تدریج و با گذشت زمان رخ می‌دهد و از خرابی‌های کوچک شروع و در صورت عدم پیشگیری منجر به خرابی‌های بزرگ و سازه‌ای می‌شود. از آنجا که طرح روسازی بر مبنای تکرار بارگذاری و خستگی در طول عمر بهره‌برداری انجام می‌شود، معمولاً ایجاد خرابی در سنین اولیه مطرح نیست. اما در محوطه‌های بندری، وجود بارهای سنگین امکان ایجاد خرابی زودرس روسازی را تشدید می‌کند. برای جلوگیری از بروز آسیب‌های جدی به روسازی‌ها در محوطه‌های بندری نیاز است که بهره‌برداری اصولی انجام شود. منظور از بهره‌برداری اصولی از روسازی بنادر این است که در هنگام بهره‌برداری از محوطه‌های بنادر، آسیب‌های ناشی از بارگذاری‌های غیراصولی اعم از بارهای استاتیکی و دینامیکی به حداقل برسد. در این راستا رعایت ضوابط زیر لازم است.

- نگلات ویژه نباید در اراضی بندر تخلیه شوند و بایستی مستقیماً از شناور به بوژی منتقل شوند.
- برای جلوگیری از آسیب ناشی از نشت روغن و مواد نفتی، کلیه تعمیرات ماشین‌آلات و یا انجام تعویض روغن باید در محوطه‌های تعمیر و نگهداری (که فاقد روسازی آسفالتی هستند)، انجام شود.
- در مورد هر محوطه بندری، طراح ملزم به ارائه دستورالعمل بهره‌برداری شامل ملاحظات در خصوص نوع بار مجاز و غیرمجاز، میزان بار مجاز، نحوه چیدمان و سایر ملاحظات مربوط به بهره‌برداری با لحاظ‌کردن ضوابط این راهنما است.
- چنانچه بدلایلی نوع بارها و کالاهایی که در محوطه‌های بندری باراندازی یا انباشت می‌شود، تغییر کند، ضرورت دارد که به ضوابط انتخاب نوع روسازی بنادر (ردیف ۳-۳-۶) توجه شود.
- محوطه‌های با روسازی بلوکی بتنی، به هیچ‌وجه برای انباشت مواد فله یا غلات استفاده نشوند.
- محوطه‌های با روسازی بتنی درزدار، برای انباشت مواد فله یا غلات استفاده نشوند.
- در صورتی‌که سطوح روسازی‌ها و نیز درزهای آن (در روسازی بتنی یا بلوکی بتنی) در اثر ریزش مواد فله حین حمل‌ونقل پر شده‌اند، بسرعت نسبت به پاکسازی سطوح و درزها اقدام شود.
- دپوی کالا باید به گونه‌ای باشد که بار وارده به سطح روسازی یا کف انبارها در حد مجاز تعیین‌شده باشد.
- در صورت نیاز برای انباشت کالاها در محوطه‌ها از نشیمن‌گاه‌های با ابعاد مناسب استفاده شود، به‌گونه‌ای که باربری سطح به حد مجاز تعریف‌شده سطح کاهش یابد.

- از دپوی کالاهایی مثل شمش آهن، لوله و سایر مواردی که به آسفالت محوطه‌ها آسیب می‌رساند، در محوطه-های با روسازی آسفالتی خودداری شود. در صورت نیاز از تکیه‌گاه‌های مناسب، بنحوی استفاده شود که وزن بار بصورت یکنواخت و در محدوده مجاز باربری روسازی آن محوطه توزیع شود.
- در صورت انباشت بشکه‌های حاوی مواد شیمیایی، نفتی و روغنی دقت لازم بعمل آید تا از نشت و تخلیه مواد مذکور بر روی زمین و واردشدن آسیب به روسازی آسفالتی جلوگیری شود.
- در هنگام نشت و انتشار مشتقات نفتی و مواد شیمیایی بر روی روسازی آسفالتی باید بلافاصله نسبت به تمیزکردن آن اقدام شود.
- ضمناً کلیه بهره‌برداران از محوطه‌های بندری مکلف به رعایت ضوابط آیین‌نامه ایمنی بنادر مصوب ۸۹/۱۱/۱۷ وزارت کار و امور اجتماعی هستند.

۷

پیوست‌ها

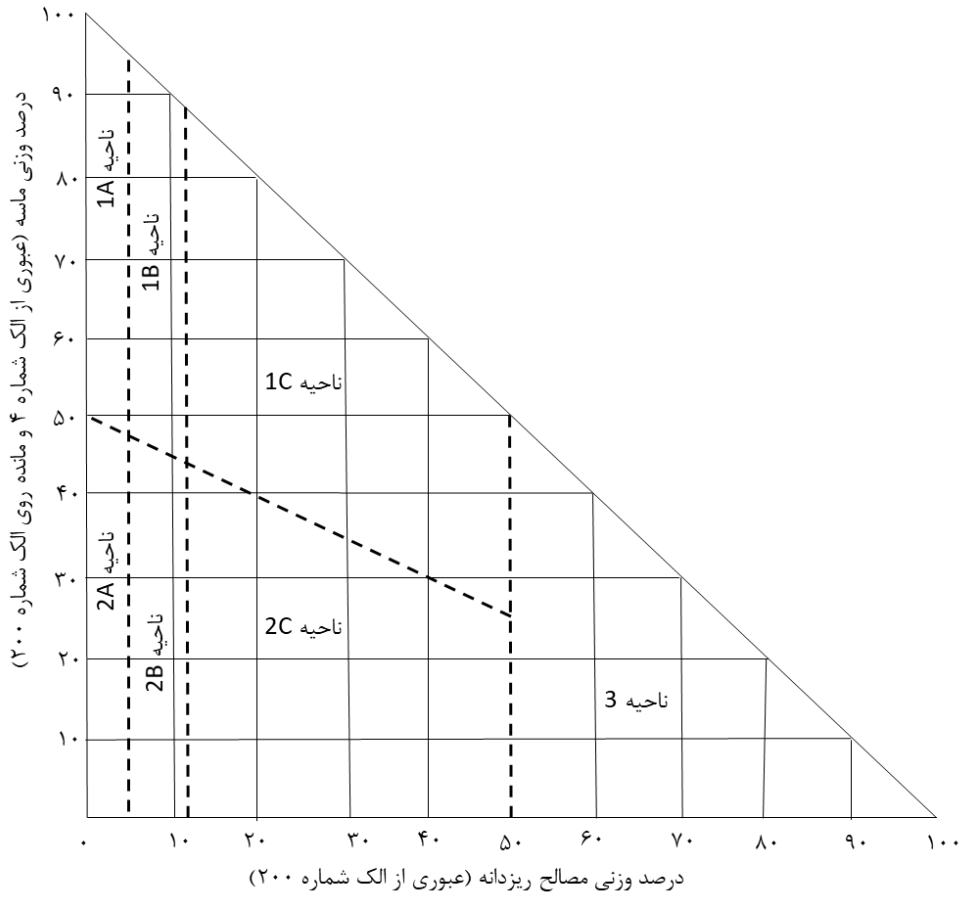
۷- پیوست‌ها

۷-۱- پیوست شماره ۱: انتخاب نوع ماده تثبیت‌کننده

برای انتخاب نوع ماده تثبیت‌کننده دو روش زیر پیشنهاد می‌شود.

۷-۱-۱- روش مثلث درجه‌بندی‌شده

ابتدا بر اساس نتایج دانه‌بندی، یکی از نواحی نشان داده‌شده در شکل ۲۵، تعیین و سپس بر اساس جدول ۳۳ نوع ماده ثبیت‌کننده انتخاب می‌شود.



شکل ۲۵ مثلث درجه‌بندی شده برای کمک به انتخاب ماده تثبیت‌کننده

جدول ۳۳ انتخاب نوع افزودنی تثبیت‌کننده بر اساس مثلث درجه‌بندی‌شده

نواحی	کلاس خاک	نوع تثبیت افزودنی پیشنهادشده	محدودیت LL و PI خاک	محدودیت درصد عبوری از الک شماره ۲۰۰	ملاحظات
1A	SW یا SP	۱-قیر	*		
		۲- سیمان پرتلند			
		۳- آهک-سیمان-خاکستر بادی	میزان PI از ۲۵ تجاوز نکند.		
1B	SW-SM یا SP-SM یا SW-SC یا SP-SC	۱-قیر	میزان PI از ۱۰ تجاوز نکند.		
		۲- سیمان پرتلند	میزان PI از ۳۰ تجاوز نکند.		
		۳- آهک	میزان PI از ۱۲ تجاوز نکند.		
		۴- آهک-سیمان-خاکستر بادی	میزان PI از ۲۵ تجاوز نکند.		
1C	SM یا SC یا SM-SC	۱-قیر	میزان PI از ۱۰ تجاوز نکند.	از ۳۰ درصد وزنی تجاوز نکند.	
		۲- سیمان پرتلند	*		
		۳- آهک	میزان PI از ۱۲ تجاوز نکند.		
		۴- آهک-سیمان-خاکستر بادی	میزان PI از ۲۵ تجاوز نکند.		
2A	GW یا GP	۱-قیر	*		فقط مصالح خوب‌دانه‌بندی شده مصالح باید شامل حداقل ۴۵ درصد وزنی مصالح رد شده از الک شماره ۴ باشد.
		۲- سیمان پرتلند			
		۳- آهک-سیمان-خاکستر بادی	میزان PI از ۲۵ تجاوز نکند.		
2B	GW-GM یا GP-GM یا GW-GC یا GP-GC	۱-قیر	میزان PI از ۱۰ تجاوز نکند.		فقط مصالح خوب‌دانه‌بندی شده مصالح باید شامل حداقل ۴۵ درصد وزنی مصالح رد شده از الک شماره ۴ باشد.
		۲- سیمان پرتلند	میزان PI از ۳۰ تجاوز نکند.		
		۳- آهک	میزان PI از ۱۲ تجاوز نکند.		

		۴- آهک-سیمان-خاکستر بادی	میزان PI از ۲۵ تجاوز نکند.		
2C	GM یا GC یا GM-GC	۱-قیر	میزان PI از ۱۰ تجاوز نکند.	از ۳۰ درصد وزنی تجاوز نکند.	فقط مصالح خوب‌دانه‌بندی شده مصالح باید شامل حداقل ۴۵ درصد وزنی مصالح رد شده از الک شماره ۴ باشد.
		۲- سیمان پرتلند	*		
		۳- آهک	میزان PI از ۱۲ تجاوز نکند.		
		۴- آهک-سیمان-خاکستر بادی	میزان PI از ۲۵ تجاوز نکند.		
3	CH یا CL یا MH یا ML یا OH یا OL یا ML-CL	۱-قیر	میزان LL کمتر از ۴۰ و میزان PI کمتر از ۲۰ باشد.		خاک‌های آلی و به شدت اسیدی که در این منطقه نمودار قرار دارند نباید با روش‌های معمولی تثبیت شوند.
		۲- سیمان پرتلند	میزان PI کمتر از ۱۲ نباشد.		

* $PI \leq 20 + \frac{\text{درصد رد شده از الک شماره } 200 - 50}{4}$

۲-۱-۷- روش دانه‌بندی- حدود اتربرگ

در این روش نوع ماده ثبیت‌کننده بر اساس نتایج دانه‌بندی و حدود اتربرگ مطابق جدول ۳۴ تعیین می‌شود. انتخاب ماده تثبیت‌کننده در مواردی که بین مشخصات خاک موجود و نوع ماده ثبیت‌کننده همپوشانی وجود دارد بر اساس میزان مطلوبیت و انتظارات از خاک ثبیت‌شده و مسایل اجرایی و اقتصادی، ماده ثبیت‌کننده انجام می‌شود.

جدول ۳۴ انتخاب ماده تثبیت‌کننده بر اساس دانه‌بندی و حدود اتربرگ

شاخص/ نوع تثبیت‌کننده	درصد عبوری از الک ۷۵ میکرون بیشتر از ۲۵			درصد عبوری از الک ۷۵ میکرون کمتر از ۶۰	درصد عبوری از الک ۷۵ میکرون کمتر از ۲۵	
	PI≤10	10<PI<20	PI≥20	PI≤6	PI≤10	PI>10
سیمان و ترکیبات سیمانی	✓	–	×	✓	✓	✓
آهک	–	✓	✓	×	–	✓
قیر	–	–	×	✓	✓	–
ترکیبات سیمانی/ قیری	✓	–	×	✓	✓	–
مصالح دانه‌ای	✓	×	×	✓	✓	–
مواد شیمیایی متفرقه	×	✓	✓	×	–	✓

راهنمای جدول: معمولاً مناسب ✓ مشکوک – معمولاً نامناسب ×

نکته: ساختار تثبیت نشان داده‌شده ممکن است به صورت ترکیبی استفاده شود؛ به طور مثال تثبیت با آهک مصالح را خشک کرده و حالت خمیری آن‌ها را کاهش می‌دهد و زمینه را برای سایر روش‌های تثبیت مناسب می‌سازد.

۲-۷- پیوست شماره ۲: تثبیت لایه‌های روسازی شنی با آهک

مراحل و عملیات اجرایی تثبیت مصالح لایه‌های روسازی شنی راه‌ها مشابه مراحل و عملیات اجرایی تثبیت خاک بستر راه است با این تفاوت که مصالح این لایه‌ها از منابع قرضه تهیه و برای مصرف به محل اجرای پروژه حمل می‌شود. به همین دلیل معمولاً این مصالح نیازی به خرد و نرم‌شدن ندارند. لیکن درصورت مشاهده کلوخه و مواد زاید در این مصالح، لازم است که این مصالح نیز خرد و نرم و از حالت کلوخه خارج و عاری از مواد زاید خارجی شوند. برای تثبیت لایه‌های روسازی شنی با آهک باید موارد زیر رعایت شود.

- ضخامت لایه‌های زیراساس، اساس و رویه شنی پس از اختلاط با آهک و پخش بر روی سطح راه و قبل از آب‌پاشی و تراکم معمولاً در حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد بیشتر از ضخامت‌های مندرج در نقشه‌های اجرایی انتخاب می‌شوند تا پس از آب پاشی و تراکم، ضخامتی برابر با ضخامت مندرج در نقشه‌های اجرایی به دست آید. به منظور تعیین اندازه دقیق ضخامت پخش مخلوط خاک و آهک و برای آن که ضخامت نهایی پس از تکمیل عملیات تراکم با ضخامت‌های اجرایی منطبق باشد، ممکن است لازم شود که در حاشیه راه قطعات کوچکی به صورت آزمایشی اجراء و بررسی شوند.
- برای تثبیت هر یک از لایه‌های روسازی شنی (زیراساس، اساس یا رویه شنی) لایه زیر آن باید به نحو مقتضی متراکم و کوبیده شده باشد. در غیر اینصورت امکان تأمین تراکم و به دست‌آوردن وزن مخصوص لازم برای مصالح لایه‌ای که تثبیت آن مورد نظر است، مقدور نخواهد بود. بنابراین لازم است که قبل از اجرای عملیات تثبیت نقاط سست و ضعیف لایه زیر آن شناسایی و اصلاح شوند، به طوری که یک سکوی عملیاتی و اجرایی مستحکم برای شیب‌بندی و پروفیله‌کردن هر یک از لایه‌های زیراساس، اساس و یا رویه شنی آماده و فراهم شده باشد.
- برای اختلاط آهک با مصالح لایه‌های زیراساس، اساس و رویه شنی می‌توان از مخلوط‌کن‌های دوار، تیغه گریدر و یا ترکیبی از آن‌ها استفاده کرد، لیکن کیفیت اختلاط این مصالح با آهک با استفاده از مخلوط‌کن‌های دوار یکنواخت‌تر و بهتر است.
- پس از آن‌که مصالح و آهک با یکدیگر به خوبی مخلوط شدند، باید آب لازم به مخلوط اضافه شود و عمل اختلاط مصالح ادامه یابد تا مخلوط همگن و یکنواختی به دست آید. سپس مخلوط خاک و آهک مرطوب در

عرض راه پخش و به خوبی متراکم شود. برای حصول تراکم مناسب، حداکثر ضخامت متراکم‌شده برای تثبیت لایه‌های زیراساس برابر با ۲۰ سانتیمتر و اساس برابر با ۱۵ سانتیمتر است.

- در صورتی‌که ضخامت لایه‌هایی که تثبیت آن‌ها مورد نظر است، بیشتر از مقادیر فوق باشد باید عملیات اجرایی تثبیت مصالح در دو یا چند مرحله انجام شود. در مرحله اول بخشی از ضخامت کل لایه به طور کامل و با استفاده از روش‌های معمول تثبیت می‌شود. مرحله دومِ عملیات اجرایی تثبیت برای تکمیل ضخامت کل لایه باید بلافاصله پس از اتمام عملیات اجراییِ مرحله اول و همچنین قبل از گیرش کامل مصالح تثبیت‌شده شروع و مشابه مرحله اولِ عملیات تثبیت به طور کامل انجام شود. شرط لازم برای شروع عملیات تثبیت مصالح در مرحله دوم و تکمیل ضخامت کل لایه آن است که سطح آن بخش از ضخامت که در مرحله اول تثبیت شده است کاملاً سفت و سخت نشده و هنوز تازه و مرطوب و فاقد نقاط سست و ضعیف و یا دانه‌های شل باشد.
- در صورتی‌که شرایط مذکور برای لایه تثبیت‌شده در مرحله اول فراهم نباشد، قبل از شروع عملیات تثبیت و اجرای ضخامت باقیمانده، باید تدابیر لازم برای بوجود آوردن چسبندگی و پیوستگی کامل بین ضخامت‌هایی که در مرحله اول و دوم اجرا می‌شوند، اتخاذ شود. این تدابیر شامل شخم‌زدن سطحی، خراش‌دادن و یا اندود سطحی لایه‌ای است که در مرحله اول عملیات تثبیت اجراء شده است. اندود سطحی برای به وجود آوردن چسبندگی و پیوستگی بین لایه‌ها باید با استفاده از قیر امولسیون و یا قیرهای محلول انجام شود. در صورت تأخیر زیاد در اجرای ضخامت باقیمانده لازم است حدود ۰/۵ تا ۱ سانتیمتر از سطح ضخامت اجرا شده در مرحله اول تراشیده و برداشت و سپس باقیمانده ضخامت لایه اجرا شود.

۳-۷- پیوست شماره ۳: راهنمای بارگذاری روسازی بنادر

۱-۳-۷- معرفی بارهای انباشته‌شده

بارهای انباشته‌شده شامل بارهای کانتینری، بارهای محموله‌ای فله، بارهای محموله‌ای عمومی و بارهای فله مایع است.

۱-۱-۳-۷- بارهای کانتینری (Container Loads)

بسته‌بندی و جابجایی بار با استفاده از کانتینرها بسیار معمول است. این کانتینرها در انواع مختلفی به شرح زیر وجود دارند:

- کانتینرهای محموله‌های خشک (جعبه‌های کاملاً بسته)
- جعبه‌های سردخانه‌ای (یخچالی)
- جعبه‌های باز یا پوشیده‌شده با الیاف کنفی که برای جابجایی محموله‌های فله و یا اشیا بزرگ استفاده می‌شوند.
- کانتینرهای عایق‌بندی‌شده و کانتینرهای حرارتی
- کانتینرهای تهویه‌دار
- کانتینرهای تانکری برای جابجایی مایعات و کانتینرهای مخزن‌دار
- تیلت‌ها[1] (عرشه با کف مسطح و کج و با داشتن فقط دیواره‌ای در قسمت جلو) و کانتینرهای مسطح

- **اندازه و وزن کانتینرها**

ابعاد کانتینرها از سال ۱۹۶۱ بوسیله سازمان استاندارد جهانی (ISO[2]) استاندارد شده‌اند. کانتینرهای ISO دارای ۸ فوت پهنا و با طول‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ فوت هستند. همچنین ارتفاع استاندارد کانتینر ۸ فوت است که البته برای کانتینرهای ۲۰، ۳۰ و ۴۰ فوتی ارتفاع کانتینر می‌توان ۸/۵ فوت هم باشد. کانتینرهای غیر ISO معمولاً در اندازه‌های بزرگتری هستند، با این وجود در عمل از هر دو نوع کانتینرهای ISO و غیر ISO استفاده می‌شود. جزئیات نمونه‌هایی از کانتینرهای ISO و غیرِ ISO در جدول ۳۵ و جدول ۳۶ ارائه شده است.

---

[1] Tilts

[2] International Organization for Standardization

در انتقال کانتینری معمولاً از واحد معادل استاندارد یا TEU[1] که معادل یک کانتینر ۲۰ فوتی است، بعنوان واحد اندازه‌گیری استاندارد انتقال کانتینر استفاده می‌شود. ابعاد کانتینرها بر حسب واحد معادل استاندارد در جدول ۳۷ ارائه شده است. کانتینرهای امروزی اغلب ۲۰ فوت (1 TEU) یا ۴۰ فوت (2 TEU) طول دارند. همچنین از کانتینرهای ۱۰ فوتی (0.5 TEU) و ۳۰ فوتی (1.5 TEU) و ۵۰ فوتی (2.5 TEU) استفاده می‌شود.

جدول ۳۵ جزئیات کانتینرهای ISO

نوع کانتینر ISO	ابعاد کلی			وزن‌ها و بارها (تن)			
	طول (فوت)	عرض (فوت)	ارتفاع (فوت)	وزن کانتینر (تن)	وزن ناخالص در حال عملیات (تن	حداکثر تقریبی بار (تن)	متوسط بار (تن)
1D	۱۰	۸	۸ یا ۸/۵	-	۱۰	–	–
1C	۲۰	۸	۸ یا ۸/۵	۲	۲۴	۲۲	۱۴
1B	۳۰	۸	۸ یا ۸/۵	۳	۲۵	–	۱۷
1A	۴۰	۸	۸ یا ۸/۵	۳/۴	۳۰	۲۷	۱۷

جدول ۳۶ ابعاد کانتینرهای غیر ISO

نوع کانتینر	ابعاد کلی (فوت)		
	طول	عرض	ارتفاع
USTAG*	۴۰	۸/۵	۹/۵
	۴۵	۸/۵	۹/۵
	۴۸	۸/۵	۹/۵
	۵۳	۸/۵	۹/۵
BELL	۲۰	۸/۲	۸/۵
	۴۰	۸/۲	۸/۵
HIGH CUBE	۳۰	۸	۹/۵
	۴۰	۷	۹/۵
سری دوم	۲۴/۵	۸/۵	۸/۹-۵/۵
	۴۹	۸/۵	۸/۹-۵/۵

*گروه مشاور فنی آمریکا (US TECH ADVISORY GROUP)

[1] Twenty-foot Equivalent Unit

جدول ۳۷ ابعاد کانتینرهای متداول بر حسب واحد معادل استاندارد (TEU)

نوع کانتینر	طول (متر)	ارتفاع (متر)	حجم (مترمکعب)	فاکتور TEU
۲۰ فوتی	۶/۱	۲/۶	۳۳/۲	۱
۴۰ فوتی	۱۲/۲	۲/۶	۶۷	۲
۴۵ فوتی	۱۳/۷	۲/۶	۸۶/۶	۲ یا ۲/۲۵
۴۸ فوتی	۱۴/۶	۲/۶	۹۲/۴	۲/۴
۵۳ فوتی	۱۶/۲	۲/۶	۱۰۲/۱	۲/۶۵
۲۰ فوت (high cube)	۶/۱	۲/۹	۴۳	۱
۲۰ فوت (half-height)	۶/۱	۱/۳	۱۹/۳	۱

کانتینرها ممکن است آلومینیومی یا فولادی باشد. وزن خالی کانتینرهای ۶ متری (۲۰ فوتی) بین ۲ تا ۳ تن (۴۲۰۰ تا ۶۸۰۰ پوند) و وزن خالی کانتینرهای ۱۲/۲ متری (۴۰ فوتی) بین ۲/۸ تا ۳/۶ تن (۶۲۰۰ تا ۷۹۰۰ پوند) است. کانتینرهای متداول ۲۰ فوتی معمولاً وزن ناخالص ۲۴ تن دارند که حدود ۲/۵ تن آن وزن خالی کانتینرها است. بطور کلی حدود ۷۵ درصد از محموله‌ها در کانتینر ۲۰ فوتی، ۲۰ درصد در کانتینرهای ۴۰ فوتی و ۵ درصد باقیمانده در جعبه‌های غیراستاندارد حمل می‌شوند. **برای طراحی می‌توان بار خالص واقعی یک کانتینر را در حدود ۸۵ درصد حداکثر ظرفیت کانتینرهای ۴۰ فوتی در نظر گرفت**.

- **چیدمان کانتینرها**

کانتینرها می‌تواند با آرایش‌های مختلفی کنار هم قرار گیرند، اما معمولاً بصورت ردیفی (خط ممتد) یا بلوک تجمع‌شده و تا حداکثر ارتفاع ۳ تا ۵ کانتینر انباشت می‌شود. البته در سال‌های اخیر، در برخی از مناطق ارتفاع انباشت‌ها به ۸ کانتینر هم رسیده است که احتمال دارد این موضوع متداول شود؛ از اینرو در هنگام طراحی لازم است به نیازها و محدودیت‌های بهره‌برداری نظیر نوع تجهیزات جابجایی کانتینرها، نحوه چیدمان و حداکثر ارتفاع انباشت کانتینرها توجه شود.

- **بارهای گوشه کانتینری**

در هنگام انباشت کانتینرها، فشار قابل توجهی از طرف پایه‌های کوچک مستقر در گوشه‌های کانتینر به روسازی وارد می‌شود. بار گوشه کانتینر[1] می‌تواند توسط روسازی تحمل شود، اما احتمالاً روسازی را دچار آسیب سطحی می‌کند.

[1] Container corner casting loads

پایه‌های کوچک نامبرده‌شده، معمولاً در ابعاد ۱۷۸ میلیمتر طول، ۱۶۲ میلیمتر عرض است که در زیر کانتینرها فاصله ۱۲/۵ میلیمتری با سطح روسازی ایجاد می‌کند.

در محوطه‌های انباشت کانتینری با در نظرگرفتن نوع و چیدمان کانتینرها، نیروی وارد بر روسازی مطابق جدول ۳۸ قابل محاسبه است. از آنجا که این احتمال وجود دارد که بار کانتینرها کمتر از حداکثر ظرفیت آن‌ها باشد، درصد کاهش وزن ناخالص در محاسبه بار وارد بر روسازی لحاظ می‌شود. این مقادیر می‌تواند مستقیماً در چارت‌های طراحی استفاده شود. **اگر داده یا معیار خاصی در خصوص اندازه، وزن و نوع چیدمان کانتینرها برای طراحی در دسترس نباشد؛ بار وارد بر روسازی، بر مبنای ۵ انباشت روی هم از نوع کانتینر ۴۰ فوتی در نظر گرفته می‌شود.**

جدول ۳۸ بار وارد بر روسازی ناشی از انباشت کانتینر

ارتفاع انباشتگی	درصد کاهش وزن ناخالص*	تنش فشاری (MPa)	نیروی وارد بر روسازی بر حسب چیدمان کانتینرها** (تن)		
			کانتینر تکی	خط ممتد	بلوک تجمع‌شده
۱	۰	۲/۵۹	۷/۷۷	۱۵/۵۴	۳۱/۰۸
۲	۱۰	۴/۶۷	۱۴/۰۰	۲۷/۹۷	۵۵/۹۴
۳	۲۰	۶/۲۳	۱۸/۶۵	۳۷/۳۰	۷۴/۶۰
۴	۳۰	۷/۲۷	۲۱/۷۶	۴۳/۵۱	۸۷/۰۲
۵	۴۰	۷/۷۸	۲۳/۳۱	۴۶/۶۲	۹۳/۲۴
۶	۴۰	۹/۳۳	۲۷/۹۷	۵۵/۹۴	۱۱۱/۸۶
۷	۴۰	۱۰/۹	۳۲/۶۳	۶۵/۲۶	۱۳۰/۵۲
۸	۴۰	۱۲/۵	۳۷/۳۰	۷۴/۶۰	۱۴۹/۱۸

* برای در نظرگرفتن این احتمال که بار کانتینرها کمتر از حداکثر ظرفیت آن‌ها باشد.

**با فرض ۳۱ تن بازای هر کانتینر و توزیع یکنواخت نیروها. در ضمن مقادیر جدول به عنوان راهنما است، از اینرو در صورتی‌که فرضیات فوق صادق نباشد و داده‌های دیگری در دست باشد، آن مقادیر استفاده خواهد شد. در صورتی هم که هیچ داده‌ای در دست نباشد، مطابق توصیه گفته‌شده در متن عمل خواهد شد.

۲-۱-۳-۷- بارهای محموله‌ای فله (Bulk Cargo Loads)

بارهای محموله‌ای فله هم شامل مواد جامد فله‌ای معمول (وزن مخصوص کم و متوسط، اغلب تولیدات غذایی) و هم مواد فله‌ای سنگین (از قبیل سنگ آهن، آهن قراضه) می‌شود. کالاهای فله خشک غذایی (غلات) طبق استانداردهای بنادر جهان پس از تخلیه از کشتی‌ها در روی اسکله بر روی نوار نقاله‌ها قرار گرفته و توسط آن‌ها به سیلوهای غلات منتقل می‌شوند. در بنادر ایران به علت عدم وجود سیلو در بنادری که غلات تخلیه می‌شود، یا کافی‌نبودن یک واحد

سیلو در سطح بنادر از سیستم یکسره غلات استفاده می‌شود. بدین ترتیب که وسایل حمل غلات نظیر کامیون‌های اتاقدار و یا واگن‌های مسقف راه‌آهن به روی اسکله پای کشتی آورده و غلات تخلیه و مستقیم به داخل آن‌ها بارگیری و از بندر خارج می‌شود.

کالاهای فله خشک معدنی نظیر سنگ آهن، پودر آلومینیوم، زغال‌سنگ و نظایر آن در صورتی‌که وارداتی باشند، توسط سیستم نقاله، به عنوان تجهیزات و ماشین‌آلات حمل‌ونقل استاندارد، از اسکله‌ها به محل دپو و نگه‌داری منتقل می‌شوند. چنانچه کالاهای مذکور صادراتی باشند، از محل‌های دپو و نگه‌داری با تجهیزاتی نظیر کامیون‌های کمپرسی، لودر و تسمه نقاله به اسکله منتقل می‌شوند. برای مواد فله خشک معدنی بارهای وارد به روسازی با داشتن اطلاعاتی نظیر نوع بار و ارتفاع انباشت قابل محاسبه است. در جدول ۳۹ وزن مخصوص مصالح مختلف برای محاسبه بارهای فله‌ای ارائه شده است. **در صورتی‌که اطلاعات دقیق از بارهای فله در دست نباشد، معمولاً طراحی روسازی بر اساس حداقل بار گسترده یکنواخت سه تن بر مترمربع انجام می‌شود.**

جدول ۳۹ وزن مخصوص مصالح مختلف برای محاسبه بارهای فله‌ای

مصالح	کیلوگرم بر مترمکعب
بازالت	۱۹۶۰
بوکسیت	۱۹۰۰-۱۴۲۵
کلشی	۱۴۸۵-۱۲۴۵
رس- طبیعی	۱۶۰۰-۱۳۰۰
رس- خشک	۱۴۸۵-۱۱۰۰
رس- مرطوب	۱۷۲۰-۱۴۸۵
مخلوط رس و شن- خشک	۱۴۸۵
مخلوط رس و شن- مرطوب	۱۶۶۰-۱۴۸۵
انتراسیت- زغال	۹۵۰-۷۱۰
انتراسیت- قیری	۸۹۰-۶۵۰
انتراسیت- لیگنیت	۷۲۵
سنگ مس	۱۷۸۰-۱۴۲۵
خاک- خشک	۱۴۲۵-۱۰۷۰
خاک- مرطوب	۱۵۴۵-۱۲۳۵
خاک- اشباع	۱۷۰۰-۱۶۰۰
مخلوط خاک و سنگ (۲۵/۷۵)	۱۹۶۰
مخلوط خاک و سنگ (۵۰/۵۰)	۱۷۲۰
مخلوط خاک و سنگ (۷۵/۲۵)	۱۵۷۰
شن- خشک	۱۴۸۵
شن- مرطوب	۲۰۲۰
گرانیت	۱۵۴۵-۱۴۲۵
گچ	۱۴۲۵
سنگ آهن	۳۲۶۰-۲۴۶۰
سنگ آهکی	۱۵۴۵-۱۴۲۵
ماسه- خشک	۱۷۵۰-۱۴۲۵
ماسه- مرطوب	۱۸۴۰-۱۶۶۰
ماسه- اشباع	۱۹۳۰-۱۸۴۰

۳-۱-۳-۷- بارهای محموله‌ای عمومی (General Cargo Loads)

از نظر بارگذاری بین محموله‌های عمومی مرسوم و سنگین تمایزی گذاشته شده است. در مورد محموله‌های عمومی مرسوم ارتفاع انباشت‌ها (کیسه‌ها، بشکه‌ها، جعبه‌ها و ...) کم است که با در نظر گرفتن خطوط ارتباطی بین انباشت‌ها، بارگذاری آن متوسط است. اما محموله‌های عمومی سنگین شامل بلوک‌های سنگی، پروفیل‌های فلزی، سیم پیچ‌های

فلزی و نظایر آن است که اگر این محموله‌ها از طریق تکیه‌گاه[1] روی روسازی گذاشته شده باشد، بار وارده به روسازی بیشتر هم خواهد بود.

محموله‌های عمومی می‌تواند در جعبه‌ها، بشکه‌ها و مشابه آن و یا بدون هیچ بسته‌بندی حمل شوند. در جدول ۴۰ میزان بارهای عمومی متداول نسبت به ارتفاع انباشت آن‌ها ارائه شده است. یکی از روش‌های متداول بسته‌بندی محموله‌های عمومی استفاده از پالت[2] است. پالت پایه‌ای فلزی یا چوبی است که محموله روی آن قرار می‌گیرد و با نوارهای فلزی بسته‌بندی می‌شود. محدودیتی برای ابعاد پالت‌ها وجود ندارد، با این حال ابعاد استاندارد طول و عرض آن در

جدول ۴۱ ارائه شده است.

جدول ۴۰ میزان بارهای عمومی متداول نسبت به ارتفاع انباشت آن

نوع محموله/بسته‌بندی	وزن مخصوص بار (کیلوگرم بر مترمکعب)	ارتفاع انباشت (متر)	میزان بار (کیلوگرم بر مترمربع)
بارهای عمومی متوسط/ پالت‌ها	۵۱۲	۲/۵ تا ۵	۱۲۵۰ تا ۲۵۰۰
چوب/ بسته‌شده: از نوع چوب نرم از نوع چوب سفت	 تا ۶۴۰ تا ۱۱۵۰	 ۳ تا ۶ ۳ تا ۶	 ۱۹۵۰ تا ۳۹۰۰ ۳۵۰۰ تا ۷۰۰۰
کاغذ/ بسته‌شده	۸۰۰	تا ۳	۲۴۴۰
پارچه یا پنبه/ بسته‌شده	۳۲۰ تا ۸۰۰	تا ۳	۹۸۰ تا ۲۴۴۰
محصولات کشاورزی نظیر میوه و سبزی/ کارتون، جعبه یا کیسه	۵۰۰ تا ۹۳۰	تا ۳	۱۵۰۰ تا ۲۸۰۰
کود/ کیسه	۸۳۰ تا ۹۵۰	تا ۱/۸	۱۵۲۰ تا ۱۷۳۰
سیمان یا آهک/کیسه یا بشکه	۸۰۰ تا ۱۱۷۰	تا ۱/۸	۱۴۶۰ تا ۲۱۴۰
مواد روغنی یا رنگ/ بشکه یا جعبه	۵۶۰ تا ۱۱۲۰	تا ۱/۸	۱۰۲۵ تا ۲۰۵۰
طناب/ پیچیده‌شده	۶۷۰	تا ۱/۸	۱۲۳۰
محصولات فلزی نرم/ میله یا سیم‌پیچ	۱۲۰۰ تا ۳۶۰۰	تا ۳	۳۶۶۰ تا ۱۱۰۰۰
خودروها	۱۲۰ تا ۲۴۰	-	۷۳

* مقادیر فوق مربوط به بارهای عمومی متداول است و در مواردی‌که وزن بارها مشخص و یا بیشتر از مقادیر فوق باشد، آن مقادیر باید توسط طراح لحاظ شود.

[1] Support sleeper

[2] Pallet

جدول ۴۱ ابعاد استاندارد پالت‌های متداول در بنادر

شکل پالت	ابعاد (اینچ)
مستطیلی	۲۴*۳۲
	۳۲*۴۰
	۳۶*۴۰
	۳۲*۴۸
	۳۶*۴۸
	۴۰*۴۸
	۴۸*۶۰
	۴۸*۷۲
	۸۸*۱۰۸
دایره‌ای	۳۶*۳۶
	۴۲*۴۲
	۴۸*۴۸

در خصوص دپوی آهن‌آلات باید موارد زیر مد نظر باشد:

- شمش‌های فولادی معمولاً در ابعاد ۱۵×۱۵ سانتیمتر و ۱۲ متر طول هستند که عمدتاً بصورت جفتی جابجا و دپو می‌شوند. با محاسبه وزن هر قطعه، تعداد انباشت و در صورت وجود تکیه‌گاه (ابعاد تکیه‌گاه) تنش وارد بر روسازی قابل محاسبه است.

وزن هر قطعه = حجم شمش × وزن مخصوص شمش

وزن هر قطعه $= 0.15 * 0.15 * 12 * 7.85 = 2.12\ ton$

- اسلب‌های فولادی معمولاً دارای ابعاد ۸×۱/۲۵ متر و ضخامت ۲۰سانتیمتر هستند که با محاسبه وزن هر قطعه، تعداد انباشت و در صورت وجود تکیه‌گاه (ابعاد تکیه‌گاه) تنش وارد بر روسازی قابل محاسبه است.

وزن هر قطعه = حجم اسلب × وزن مخصوص اسلب

وزن هر قطعه $= 8.0 * 1.25 * 0.2 * 7.85 = 15.7\ ton$

- رول‌های فولادی جزو سنگین‌ترین اقلام فلزی محسوب می‌شوند که وزن هر کدام از آن‌ها بین ۱۵ تا ۲۰ تن و بطور متوسط ۱۸ تن است. در وضعیت معمول سطح اتکای رول‌های کوچک در حد ۰/۵ مترمربع (۰/۳×۱/۴۰) است.

۴-۱-۳-۷- بارهای فله مایع (Liquid Bulk Cargoes)

بارهای فله مایع به طور پیوسته به وسیله تسهیلات خاصی منتقل و در مخزن‌های مختلف ذخیره می‌شوند. بنابراین اولاً باید در محل انباشت فنداسیون مناسب طرح شود. ثانیاً نیروهای ناشی از تانکرهای انتقال مایعات و نیز محل پارکینگ آن‌ها در طرح روسازی لحاظ شود. علاوه بر این، بارگیری مایعات معمولاً توسط شیلنگ‌ها و خطوط لوله انجام می‌شود که بارهای ناشی از آن بصورت متمرکز و در تکیه‌گاه‌ها، نگه‌دارنده‌های شیلنگ و اتصالات وارد می‌شود که نباید از چشم طراح دور بماند.

در محاسبات بار مایعات باید به این نکته توجه داشت که وزن مخصوص مایعات با دما تغییر می‌کند. وزن مخصوص نفت خام[1] در دمای ۱۵ درجه سانتیگراد و فشار استاندارد اتمسفردر محدوده ۷۸۰ تا ۹۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب است. وزن مخصوص نفت سیاه[2] و روغن‌های موتور[3] در حدود ۹۰۰ تا ۹۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب، وزن مخصوص بنزین[4] در محدوده ۷۰۰ تا ۷۴۰ کیلوگرم بر مترمکعب و وزن مخصوص روغن سویا[5] و روغن پنبه‌دانه[6] در حدود ۹۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب در نظر گرفته می‌شود. ضمناً در مورد انتخاب روسازی مناسب برای محل انباشت یا انتقال مایعات باید به احتمال سرریز و نشت نفت و یا سایر مایعات که می‌تواند برای برخی از روسازی‌ها مضر باشد، توجه کرد.

۲-۳-۷- معرفی بارهای ماشین‌آلات (تجهیزات بارگیری و جابجایی کالا)

در بنادر بسته به نوع، کاربری، ظرفیت بندر و ... تجهیزات بارگیری و جابجایی کالای مختلفی بکار گرفته می‌شود. متداولترین این تجهیزات عبارتنداز:

---

[1] Crude oil

[2] Fuel oil

[3] Lube and heating oil

[4] gasoline

[5] Soybean oil

[6] Cottonseed oil

- وسایل‌نقلیه جاده‌ای (Heavy Conventional Traffic)
- تراکتور/تریلرها (Tractor/Trailer units)
- استرادل کاریرها (Straddle Carriers)
- لیفتراک‌های جلوبر (Front Lift Trucks)
- سایدلودرها (Side Loaders or Side Loader Lift Trucks)
- ترانس‌تینرها یا گانتری‌کرین‌ها (Transtainers or Yard Gantry Cranes)
- جرثقیل‌های متحرک (Mobile Cranes)

علاوه بر تجهیزات مذکور، برای محموله‌های فله ممکن است از بولدوزرها یا لودرها نیز استفاده شود.

تجهیزات بارگیری و جابجایی کالا ممکن است در جابجایی‌های مختلف نظیر انتقال از اسکله به ساحل، حمل از اسکله به انبار، مرتب‌کردن کالاها در انبارها، بارگیری از انبار به کامیون بکار گرفته شود. از اینرو در طرح روسازی بنادر باید این نکته مد نظر باشد که محوطه‌های مختلف بندری ممکن است تحت اثر بارهای متنوعی قرار گیرد. در ادامه بارهای اعمالی تجهیزات بارگیری و جابجایی کالا و نیز اصول بارگذاری و محاسبه بارها چرخ آن‌ها تشریح شده است.

۱-۲-۳-۷- وسایل‌نقلیه جاده‌ای (Heavy Conventional Traffic)

وسایل‌نقلیه جاده‌ای یا وسایل حمل‌ونقل بار مرسوم[1]، تجهیزات حمل باری است که می‌تواند آزادانه در شبکه راه‌ها حرکت کند. بر اساس آیین‌نامه‌های ایران توزیع بار تجهیزات باری متداول مطابق جدول ۴۲ است. بر این اساس، حداکثر بار برای محور ساده با چرخ منفرد ۱۰ تن، محور ساده با چرخ دوبل ۱۳ تن، محور مرکب تاندوم با چرخ دوبل ۱۸ تن و برای محور مرکب تریدوم با چرخ دوبل ۲۴ تن است.

[1] Heavy Conventional Traffic

جدول ۴۲ توزیع بار تجهیزات باری متداول در ایران

نوع وسیله	تعداد محور	محور جلو		محور وسط		محور عقب		وزن کل (تن)
		نوع (محور/چرخ)	وزن (تن)	نوع (محور/چرخ)	وزن (تن)	نوع (محور/چرخ)	وزن (تن)	
کامیون دو محور سبک	۲	ساده/منفرد	۶			ساده/منفرد	۹	۱۵
کامیون دو محور سنگین	۲	ساده/منفرد	۶			ساده/دوبل	۱۳	۱۹
کامیون سه محور	۳	ساده/منفرد	۶			تاندوم/دوبل	۲۰	۲۶
تریلی چهار محور	۴	ساده/منفرد	۶	ساده/منفرد	۱۰	ساده/دوبل	۱۰+۱۰	۳۶
				ساده/منفرد	۱۰	تاندوم/دوبل *	۱۶	۳۲
تریلی پنج محور	۵	ساده/منفرد	۶	تاندوم /دوبل	۱۶	تاندوم/دوبل	۱۸	۴۰
تریلی پنج محور	۵	ساده/منفرد	۶	ساده/دوبل	۱۰	تریدوم/دوبل	۲۴	۴۰

*اگر فاصله محورهای وسط یا عقب کمتر از ۲ متر باشد، محور مرکب در نظر گرفته می‌شوند.

۲-۲-۳-۷- تراکتور/تریلرها (Tractor/Trailer units)

ساده‌ترین روش برای جابجا کردن کانتینرها استفاده از سیستم کفی تریلر (شاسی) و کشنده است. حرکت کانتینرها روی شاسی در مناطق ترمینال با استفاده از تجهیزات شناخته شده بعنوان اسب‌های یدک‌کش(Yard Horses)، داک مسترها (Duck Masters)، یا تراکتورهای ترمینال انجام می‌شود. ممکن است متناسب با سرعت عملیات تخلیه یا بارگیری تریلرها هر چند دستگاه کفی (شاسی) توسط یک کشنده کشیده شود. انواع متداول تراکتور/ تریلر عبارتنداز:

۱. *تریلرهای معمولی کششی روی جاده:* در اینجا بارهای محوری باید با محدودیت‌های بار جاده‌ای عمومی مطابقت کند. بنابراین طراحی روسازی برای حرکت چنین وسایل‌نقلیه‌ای به تنهایی می‌تواند شامل فرآیند طراحی روسازی جاده معمولی باشد.

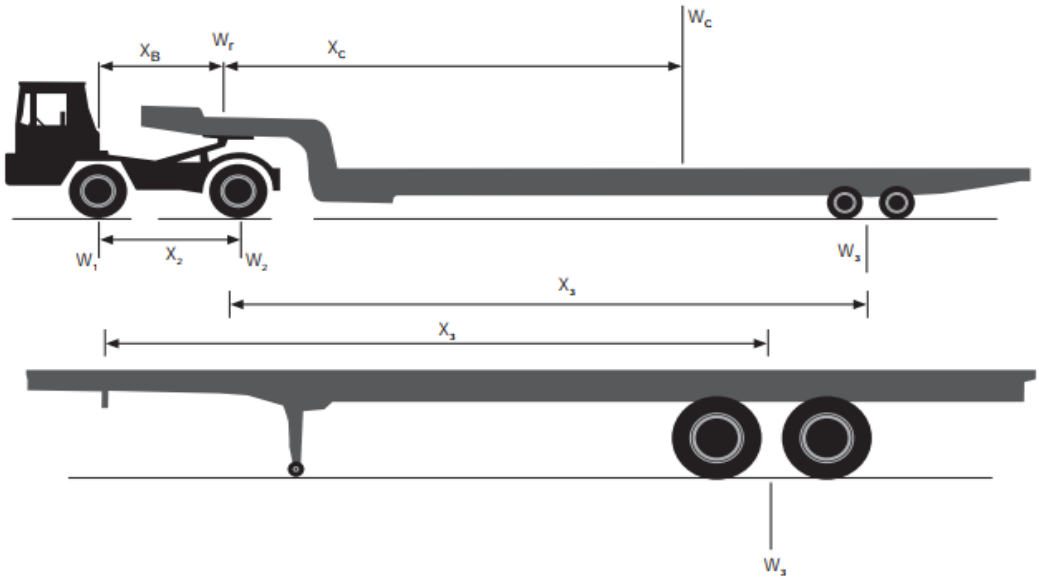
۲. *تریلرهای ۵ چرخه:* این تریلرها فقط برای بارگیری محموله در محل بکار گرفته می‌شوند و به طریقی طراحی شده‌اند که این امکان را به تراکتورهای ۵ چرخه می‌دهند که به سرعت به تریلر وصل و بُکسل شده و جدا

نشوند، بدون اینکه نیازی به چرخ‌های فلزی (Dolleywheels) باشد. چنین تریلرهایی معمولاً مجهز به تایرهای لاستیکی توپر و با ظرفیت بین ۴۰ تا بیش از ۱۰۰ تن هستند.

۳. *تریلرهای کششی (Draw Bar)*: در این تریلرها هر دو محور جلو و عقب قابل کنترل هستند. بنابراین تریلرها می‌توانند در پشت یک تراکتور به شکل یک قطار سرهم‌بندی شوند. چنین وسایل نقلیه‌ای مجهز به تایرهای توپر لاستیکی با و ظرفیت بار تا حدود ۱۲۰ تن هستند.

۴. *سیستم‌های رو رو (Ro/Ro Systems)*: برای جابجاکردن محموله‌ها، اغلب از تریلرهای مخصوص یدک‌کش با محورهای غیرقابل کنترل و با تایرهای توپر استفاده می‌شود. این تریلرها می‌توانند بین ۲۰ تا ۴۰ فوت (۶ تا ۱۲ متر) طول داشته باشند.

بارهای محوری تریلرها و تراکتورهای مربوط به آنها در کل شبیه بارهای وسایل‌نقلیه روی جاده است. با این حال، در شکل ۲۶ نحوه محاسبه بار چرخ تراکتور/تریلر نشان داده شده است.



$$W_1 = f_D \times \left[\frac{W_c \times (1-A) \times (1-B)}{M_1} + U_1\right]$$

$$W_2 = f_D \times \left[\frac{W_c \times (1-A) \times B}{M_2} + U_2\right]$$

$$W_3 = f_D \times [\frac{W_c \times A}{M_3} + U3]$$

جایی که:

A و B ضرائب بدون واحد هستند که از روابط زیر بدست می‌آیند.

$$A = \frac{x_C}{x_3}$$

$$B = \frac{x_B}{x_2}$$

و :

W_1 = بار بر روی چرخهای جلوی تراکتور

W_2 = بار بر روی چرخهای عقب تراکتور

W_3 = بار بر روی چرخهای تریلر

W_C = وزن کانتینر (یا بار)

M_1 = تعداد چرخهای جلویی تراکتور

M_2 = تعداد چرخهای عقب تراکتور

M_3 = تعداد چرخهای تریلر

U_1 = بار بر روی چرخهای جلوی تریلر در حالت غیر بارگذاری شده

U_2 = بار بر روی چرخهای عقب تریلر در حالت غیر بارگذاری شده

U_3 = بار بر روی چرخهای تریلر غیر بارگذاری شده

f_D = ضریب دینامیکی

تذکر:

در مواردی که دستگاه دارای آرایش چرخ‌های متفاوتی باشد، بر پایه اصول فوق روابط قابل تعمیم است.

در مواردی که بار چرخ‌ها توسط کارخانه سازنده اعلام شود، باید از مقادیر کارخانه استفاده کرد.

در مورد وسایل با آرایش‌های چرخ‌های نامتقارن باید طرف سنگین‌تر ملاک عمل قرار گیرد.

شکل ۲۶ نحوه محاسبه بار چرخ تراکتور و تریلر

۳-۲-۳-۷- استرادل کاریرها (Straddle Carriers)

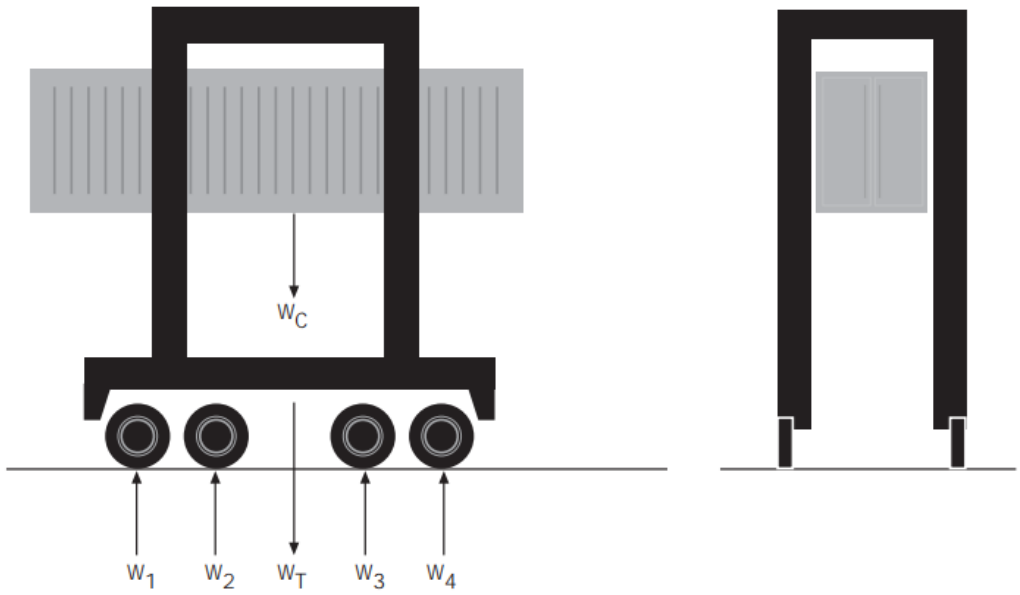
استرادل کاریرها[1] تجهیزات جابجایی کانتینر هستند با ۴، ۶ یا ۸ چرخ لاستیکی که می‌توانند کانتینرها را به ارتفاع ۲ تا ۵ انباشت، روی هم قرار دهند. عمده‌ترین مورد استفاده استرادل‌کاریرها، جابجاکردن کانتینرها با فواصل نسبتاً کوتاه به قسمت انبار یا مناطق بارگیری کامیون است. سرعت این وسایل‌نقلیه معمولاً محدود به کمتر از ۳۰ کیلومتر در ساعت می‌شود. چرخ‌های این وسیله‌نقلیه قابلیت چرخش در همه جهت‌ها را دارد، از اینرو در چرخش‌های ۹۰ درجه یا چرخش‌های درجا می‌تواند به روسازی آسیب وارد کند. مشخصات چند نمونه از استرادل کاریرها در جدول ۴۳ ارائه شده است.

جدول ۴۳ مشخصات چند نمونه از استرادل کاریرها

سازنده و مدل	تعداد چرخها	پهنای مسیر (متر)	وزن بدون بار(تن)	تایرها اندازه	خسارت نسبی در هر عبور (PAWL)			
					فشار (N/mm^2)	بارگذاری	بارگذاری نشده	جمع
VALMET ۳۰۹۷	۸	۴/۴۳۰	۵۰	۲۴× ۱۴	۰/۷۰	۰/۸۳	۰/۲۹	۱/۱
۳۵۹۷	۸	۴/۴۳۰	۵۴	۲۴× ۱۴	۰/۷۰	۱/۰۲	۰/۴۰	۱/۴
۴۰۹۷	۸	۴/۳۷۰	۵۸	۲۴× ۱۴	۰/۷۰	۱/۲۷	۰/۳	۱/۸
NELLEN ۹۰۲ و ۹۰۳	۸	۳/۹۶۰	۵۲	۲۵× ۱۶	۰/۹۸	۱/۴۰	۰/۵۴	۱/۹
KARRICON ۳۰۴۳	۴	۳/۹۱۰	۳۵/۶	۲۷× ۱۶/۵	۰/۸۷	۲/۹۱	۰/۷۵	۳/۷
۳۰۴۳	۴	۳/۹۱۰	۳۲/۷	۲۷× ۱۶/۵	۰/۸۷	۲/۳۴	۰/۵۲	۲/۹
CLARKS ۷C۸۳۰	۸	۴/۰۶۴	۵۰	۲۴× ۱۴	۰/۷۰	۰/۸۲	۰/۳۰	۱/۱
HAACON ۱۰۳-۳۰S	۴	۳/۵۰۰	۲۱/۴	۲۵× ۱۶	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۱۲	۰/۹

در محاسبه بار چرخ‌ها، معمولاً چنین فرض می‌شود که بار کانتینر بطور مساوی بین چرخ‌ها توزیع می‌شود، بطوری‌که هیچگونه بار خارج از مرکزیت برای کانتینرها مجاز نیست. نحوه محاسبه بار چرخ استرادل کاریرها در شکل ۲۷ نشان داده شده است. ضمناً حداکثر بار چرخ‌های استرادل کاریر در حین جابجایی کالا محدود به ۱۷ تن است.

[1] Straddle Carriers



$$W_i = f_D \times \left(U_i + \frac{W_c}{M} \right)$$

W_i = بار چرخ دستگاه بارگذاری شده (kg)

U_i = بار چرخ دستگاه بارگذاری نشده (kg)

W_c = وزن کانتینر (kg)

M = تعداد کل چرخ‌های دستگاه

f_D = ضریب دینامیکی

تذکر:

در مواردی که دستگاه دارای آرایش چرخ‌های متفاوتی باشد، بر پایه اصول فوق روابط قابل تعمیم است.

در مواردی که بار چرخ‌ها توسط کارخانه سازنده اعلام شود، باید از مقادیر کارخانه استفاده کرد.

در مورد وسایل با آرایش‌های چرخ‌های نامتقارن باید طرف سنگین‌تر ملاک عمل قرار گیرد.

شکل ۲۷ نحوه محاسبه بار چرخ استرادل کاریر

۴-۲-۳-۷- لیفتراک‌های جلوبر (Front Lift Trucks)

معمولاً در بسیاری از کشورها از لیفتراک‌های جلوبر (FLT)[1] بدلیل سهولت بارگیری و در دسترس‌بودن برای جابجایی کانتینرهای حاوی محموله‌های شکستنی فله استفاده می‌شود. این تجهیزات می‌توانند کانتینرها را تا ارتفاع ۴ انباشت روی هم قرار دهند. اما از آنجایی که بارهای محورهای جلویی لیفتراک‌ها آسیب زیادی به روسازی می‌زند، در پاره‌ای از مواقع فقط برای جابجایی کانتینرهای خالی از آن استفاده می‌شود.

[1] Front Lift Trucks

محور جلوی لیفتراک‌های جلوبر اغلب دارای ۲ یا ۴ تایر است، اگرچه در مواردی هم تا ۶ تایر بکار گرفته شده است. محورهای عقبی (قابل کنترل) معمولاً فقط ۲ تایر دارند. در جدول ۴۴ نمونه‌ای از دسته‌بندی لیفتراک‌های جلوبر بر اساس ظرفیت حمل و فاصله محورها که توسط انجمن مهندسی عمران امریکا انجام شده و در جدول ۴۵ مشخصات چند نمونه از لیفتراک‌های جلوبر ارائه شده است.

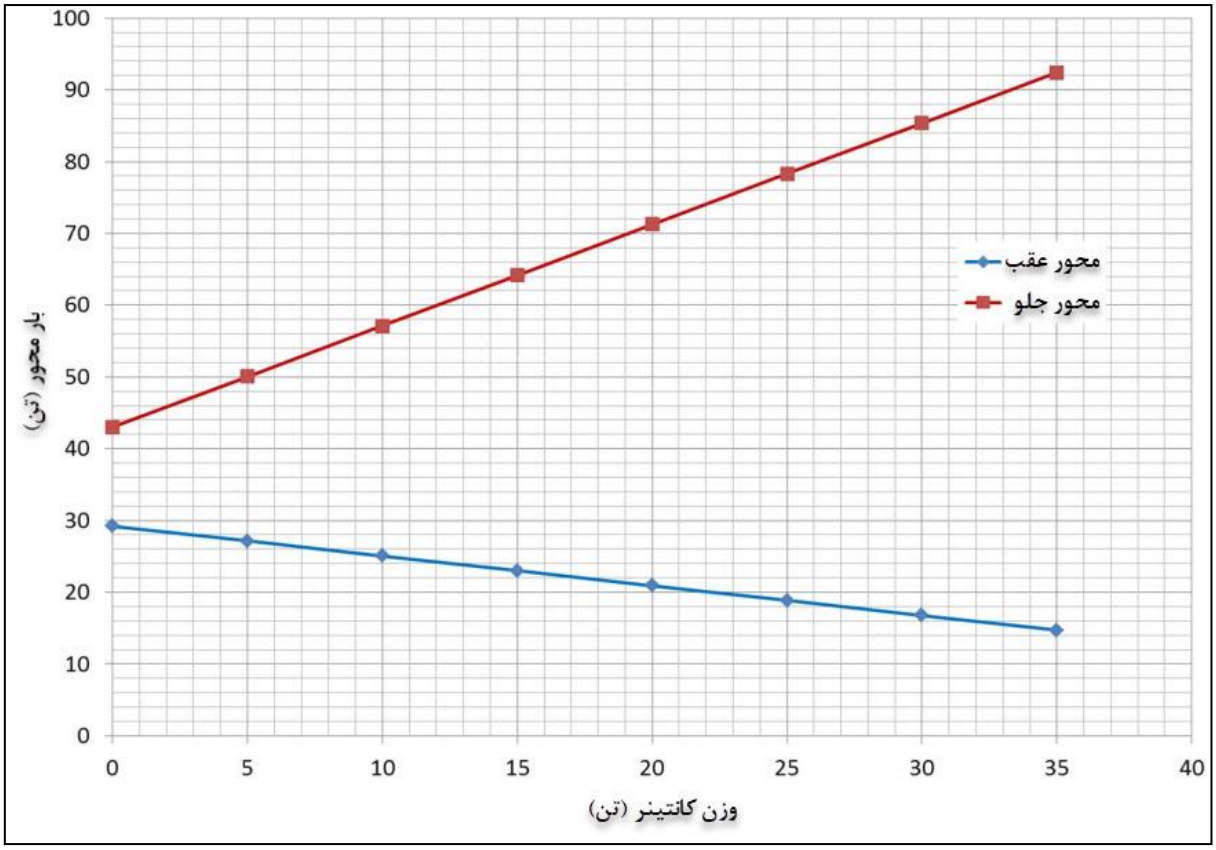
جدول ۴۴ دسته‌بندی لیفتراک‌های جلوبر

دسته لیفتراک	ظرفیت (تن)	بار محور جلو (تن)	تعداد چرخ محور جلو	بار هر چرخ (تن)
A	۳۶	۸۳/۹۱	۴	۲۰/۹۸
B	۴۸	۸۱/۶۴	۴	۲۰/۴۱
C	۳۶	۷۲/۱۲	۴	۱۸/۰۳
A	۲۴	۶۸/۹۴	۴	۱۷/۲۴
C	۲۴	۵۷/۶۰	۴	۱۴/۴
D	۲۰	۳۸/۱۰	۴	۹/۵۳
E	۱۵	۳۷/۵۱	۴	۹/۳۸
F	۱۵	۳۶/۱۰	۴	۹/۰۲
G	۱۵	۳۵/۶۰	۴	۸/۹۰
H	۷/۵	۲۲/۰۸	۴	۵/۵۲
J	۷/۵	۱۹/۵۹	۴	۴/۸۹

جدول ۴۵ مشخصات لیفتراک‌های جلوبر

سازنده و مدل	عرض مسیر (متر)	وزن بدون بار (تن)	اندازه تایرها	بارهای محور بارگذاری نشده (تن)		خسارت نسبی در هر عبور(PAWLs)		
				فشار N/mm^2 عقبی/ جلویی	عقبی جلویی	بارگذاری متوسط	بارگذاری نشده	مجموع
HYSTER (CHALLENGER)								
H۵۲۰B(۲۰ فوت)	۲/۴۰۵	۳۴/۴۵	۲۵× ۱۶	۰/۶۸/۰/۵۵	۱۹/۷ ۱۶/۷	۷/۷۲	۰/۶	۸/۳
H۶۲۰B(۲۰ فوت)	۲/۴۰۵	۳۵/۷۰	۲۵× ۱۶	۰/۶۸/۰/۵۵	۲۶/۴ ۱۵/۳	۷/۷۲	۰/۶	۸/۳
LANSERBOSS (DD)								
۵۲/۴۸ CH(۲۰ فوت)	۲/۱۸۵	۲۶/۷۷	۲۴× ۱۴	۰/۷۶/۰/۶۷	۱۴/۳ ۱۴/۵	۵/۵۱	۰/۴	۵/۹
۶۲/۴۸ CH(۲۰ فوت)	۲/۵۹۰	۳۹/۹۳	۲۴× ۱۶	۰/۷۶/۰/۴۳	۲۳/۸ ۱۸/۱	۱۲/۲۲	۱/۱	۱۳/۳
۳۲/۴۸ CH(۲۰ فوت)	۲/۶۴۰	۴۹/۹۱	۲۵× ۱۸	۰/۷۶/۰/۴۸	۳۱/۵ ۲۴/۴	۲۱/۹۸	۳/۳	۲۵/۳
LANSING HENLEY (HERMES)								
۵۶/۲۰CH(۲۰ فوت)	۲/۴۴۰	۴۰/۲۸	۲۵× ۱۸	۰/۷۸/۰/۳۸	۲۵/۴ ۱۶/۹	۱۳/۷	۱/۵	۱۵/۲
۶۸/۲۵ CH(۲۰ فوت)	۲/۴۴۰	۴۰/۴۶	۲۵× ۱۸	۰/۷۸/۰/۳۸	۳۰/۲ ۱۲/۲	۱۷/۵	۲/۶	۲۰/۱
۹۰/۳۵CH(۲۰ فوت)	۲/۴۴۰	۶۱/۲۳	۲۵× ۱۸	۰/۷۸/۰/۳۸	۴۳/۵ ۲۳/۷	۴۲/۷	۹/۵	۵۲/۷

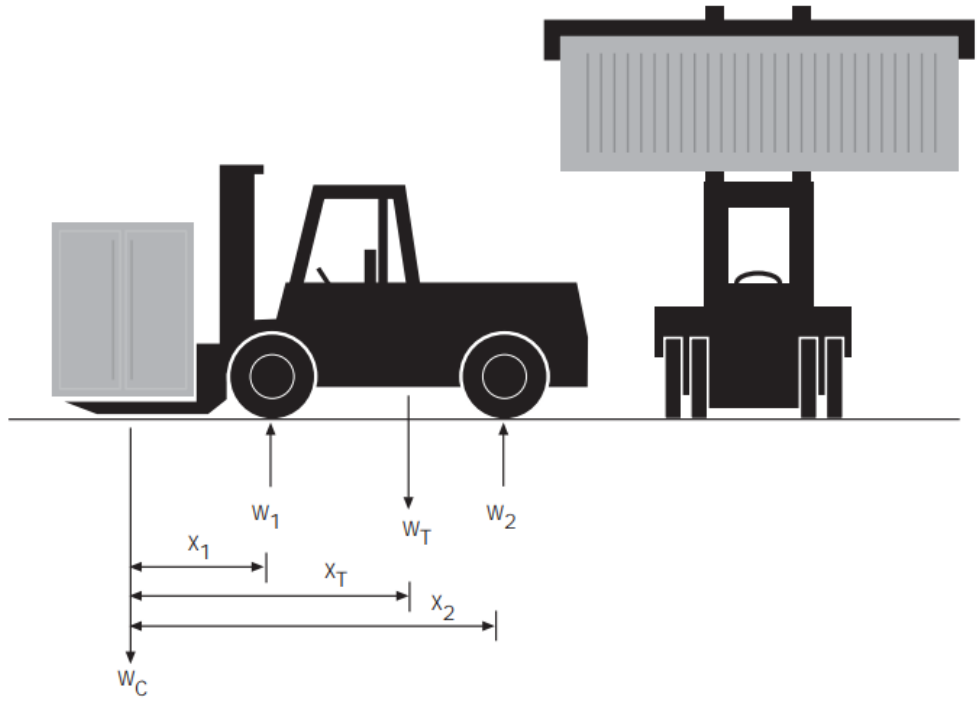
نکته مهم دیگر اینکه همانطور که در شکل ۲۸ نیز نشان داده شده است، با افزایش وزن بار (کانتینر) میزان بار محور جلو افزایش و بار محور عقب کاهش می‌یابد. بعبارت دیگر، هر چقدر میزان بار بیشتر می‌شود، محور جلو درصد بیشتری از وزن را به خود اختصاص می‌دهد. در بسیاری از موارد، جزئیات دقیق شکل هندسی وسایل‌نقلیه در دسترسی نیست. **در چنین شرایطی برای سهولت فرض می‌شود که در حالت خالی ۳۵ درصد و در حالت بارگیری کامل ۸۰ درصد بار به محور جلویی منتقل شود.**



شکل ۲۸ توزیع بارهای محوری لیفتراک بر حسب وزن کانتینر

در زمان جابجایی کانتینرها، باید اجازه بارگذاری مرده اضافی برای اسپریدرهایی که برای نگهداشتن جعبه‌ها بکار می‌روند، داده شود. سه نوع از اسپریدر بیشترین کاربرد را دارند، این اسپریدرها شامل اسپریدرهایی که بصورت خودکار در یک تراز قرار می‌گیرند (Self-Leveling)، نوع تلسکوپی آن و اسپریدرهای ثابت (فیکس‌شده) هستند. بارهای اسپریدرها اصولاً از حدود ۲ تن برای یک اسپریدر ثابت مخصوص حمل کانتینرهای ۲۰ فوتی تا حدود ۶ تن هستند.

برای محاسبه مقدار باری که محور قابل کنترل می‌تواند تحمل نماید، شکل هندسی وسیله‌نقلیه و مرکز ثقل آن مهم است. در شکل ۲۹ نحوه محاسبه بار چرخ لیفتراک جلوبر نشان داده شده است.



$$W_1 = f_D \times (\frac{A_1 W_C + B_1}{M})$$

$$W_2 = f_D \times (\frac{A_2 W_C + B_2}{M})$$

جائی که :

W_1 = بار وارده بر چرخ جلو (kg)

W_2 = بار وارده بر چرخ عقب (kg)

W_C = وزن کانتینر (kg)

M = تعداد چرخهای محور جلو (معمولاً ۲ ، ۴ یا ۶)

f_D = ضریب دینامیکی

A_1 و A_2 و B_1 و B_2 ضرائب بدون واحد می‌باشند که از روابط زیر بدست می‌آیند.

$$A_1 = \frac{-x_2}{x_1 - x_2}$$

$$A_2 = \frac{-x_1}{x_2 - x_1}$$

$$B_1 = \frac{W_T (x_T - x_2)}{x_1 - x_2}$$

$$B_2 = \frac{W_T (x_T - x_1)}{x_2 - x_1}$$

W_T = وزن خود وسیله نقلیه (kg)

تذکر:

در مواردی که دستگاه دارای آرایش چرخ‌های متفاوتی باشد، بر پایه اصول فوق روابط قابل تعمیم است.

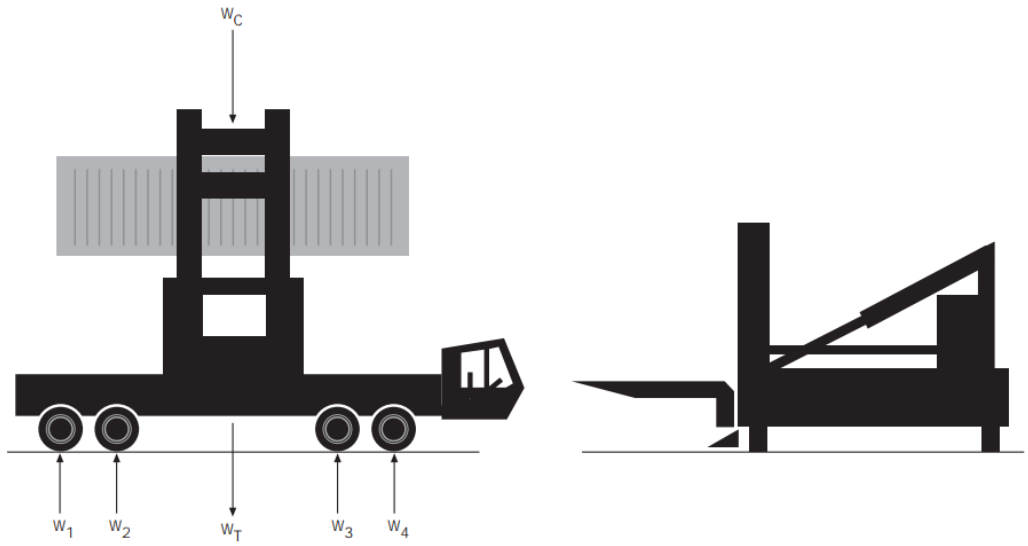
در مواردی که بار چرخ‌ها توسط کارخانه سازنده اعلام شود، باید از مقادیر کارخانه استفاده کرد.

در مورد وسایل با آرایش‌های چرخ‌های نامتقارن باید طرف سنگین‌تر ملاک عمل قرار گیرد.

شکل ۲۹ نحوه محاسبه بار چرخ لیفتراک جلوبر

۵-۲-۳-۷- سایدلودرها (Side Loaders or Side Loader Lift Trucks)

سایدلودرها معمولاً در جایی استفاده می‌شود که سایر تجهیزات جابجایی کانتینرها مناسب نباشد. این تجهیزات معمولاً بصورت آزادانه در بنادر حرکت می‌کند و برای جابجایی بارها بویژه کانتینرها تا ارتفاع ۴ انباشت، استفاده می‌شود. بیشترین آسیب ناشی از این تجهیزات در زمان بارگیری و نه در زمان حرکت، است؛ چرا که در زمان بارگیری این تجهیزات روی پایه‌های نگهدارنده‌ای قرار می‌گیرد که ۷۰ تا ۹۵ درصد وزن بار و وسیله‌نقلیه را تحمل می‌کند. فشار تماسی وارده به روسازی از طرف پایه‌های سایدلودرها تا حدود ۱/۳ مگاپاسکال است. نحوه محاسبه بار چرخ سایدلودر در شکل ۳۰ و مشخصات چند نمونه از سایدلودرها در جدول ۴۶ ارائه شده است.



$$W_i = f_D \times \left(U_i + \frac{W_c}{M} \right)$$

W_i = بار چرخ دستگاه بارگذاری شده (kg)

U_i = بار چرخ دستگاه بارگذاری نشده (kg)

W_c = وزن کانتینر (kg)

M = تعداد کل چرخ‌های دستگاه

f_D = ضریب دینامیکی

تذکر:

در مواردی‌که دستگاه دارای آرایش چرخ‌های متفاوتی باشد، بر پایه اصول فوق روابط قابل تعمیم است.

در مواردی‌که بار چرخ‌ها توسط کارخانه سازنده اعلام شود، باید از مقادیر کارخانه استفاده کرد.

در مورد وسایل با آرایش‌های چرخ‌های نامتقارن باید طرف سنگین‌تر ملاک عمل قرار گیرد.

شکل ۳۰ نحوه محاسبه بار چرخ سایدلودر

جدول ۴۶ مشخصات چند نمونه سایدلودر

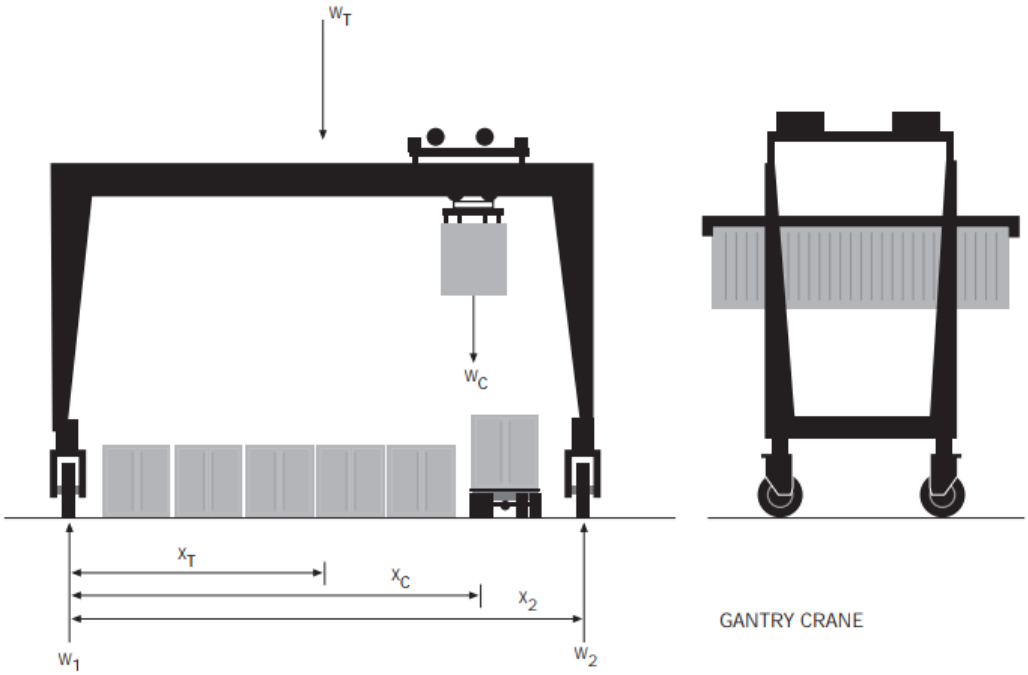
سازنده و مدل	تعداد چرخ	پهنای مسیر (متر)	وزن بدون بار (تن)	تایرها اندازه	خسارت نسبی در هر عبور(PAWLs)			
					فشار	بارگذاری متوسط	بارگذاری نشده	جمع
۲۰۰۰ (۲۰ فوت)	۴	۳/۰۲۰	۲۹/۴۸۵	۲۵:۲۸ × ۱۶PR	۰/۸۳	۱/۶۳	۰/۳۳	۲
۲۵۰۰ (۲۰ فوت)	۸	۳/۱۹۵	۳۷/۲۰۵	۲۴:۲۲ × ۱۴PR	۰/۷۶	۲/۶۲	۰/۷۵	۳/۴
۳۰۰۰(۴۰ فوت)	۸	۳/۱۵۰	۴۷/۶۴۰	۲۵:۲۸ × ۱۶PR	۰/۹۰	۶/۶۳	۲/۲	۸/۸
۵۶۰ (۲۰ فوت)	۸	۳/۲۳۰	۳۹/۷۰۰	۲۴:۲۲ × ۱۴PR	۰/۸۰	۳/۳۲	۱/۰۲	۴/۳

۶-۲-۳-۷- ترانس‌تینرها یا گانتری‌کرین‌ها (Transtainers or Yard Gantry Cranes)

جرثقیل‌های کانتینری دروازه‌ای با چرخ لاستیکی (RTG[1])، ترانس‌تِینِرها یا جرثقیل‌های گانتری محوطه‌ای[2] اصطلاحات مشابه‌ای است که به جرثقیل‌های کانتینری نصب‌شده بر روی تایرهای لاستیکی اطلاق می‌شود. وظیفه این تجهیزات، تخلیه و بارگیری کانتینر از تریلرهای جاده‌ای و محوطه‌ای در داخل محوطه‌های کانتینری است. این جرثقیل-ها معمولاً با استفاده از موتورهای دیزلی کار می‌کنند و می‌توانند تا پنج کانتینر را در ارتفاع و پنج کانتینر را در عرض صفافی کنند. ترانس‌تینرها سرعت و قدرت مانور جرثقیل‌های استرادل‌کاریر را ندارند اما می‌توانند کانتینرها را بر روی یکدیگر تا ارتفاع بالاتری قرار دهند. ترانس‌تینرهای چرخ لاستیکی سنگین‌ترین بارهای چرخ منفردی را که بطور معمول در طراحی هر نوع روسازی با آن مواجه است، اعمال می‌کنند. در جرثقیل‌های دروازه‌ای چرخ لاستیکی، وقتی که کانتینرها در یک طرف دستگاه قرار می‌گیرند، مقدار باری تا حدود ۵۵ تن بر هر چرخ وارد می‌شود. نحوه محاسبه بار چرخ گانتری‌کرین در شکل ۳۱ نشان داده شده است.

[1] Rubber Tire Gantry Cranes

[2] Yard Gantry Cranes



$$W_1 = f_D \times \left[\frac{A_1 \times W_c}{M} + U_1\right]$$

$$W_2 = f_D \times \left[\frac{A_2 \times W_c}{M} + U_2\right]$$

جائی که :

W_1 = بار چرخ دستگاه بارگذاری شده (kg)

W_2 = بار چرخ دستگاه بارگذاری نشده (kg)

W_c = وزن کانتینر

M = تعداد چرخ‌ها در هر سمت

f_D = ضریب دینامیکی

A_1 و A_2 ضرائب بدون واحد می‌باشند که از روابط زیر بدست می‌آیند.

$$A_1 = (1 - \frac{x_0}{x_2})$$

$$A_2 = \frac{x_0}{x_2}$$

U_1 = وزن غیر بارگذاری شده گانتری کرین روی هر چرخ سمت ۱

U_2 = وزن غیر بارگذاری شده گانتری کرین روی هر چرخ سمت ۲

تذکر:

در مواردی که دستگاه دارای آرایش چرخ‌های متفاوتی باشد، بر پایه اصول فوق روابط قابل تعمیم است.

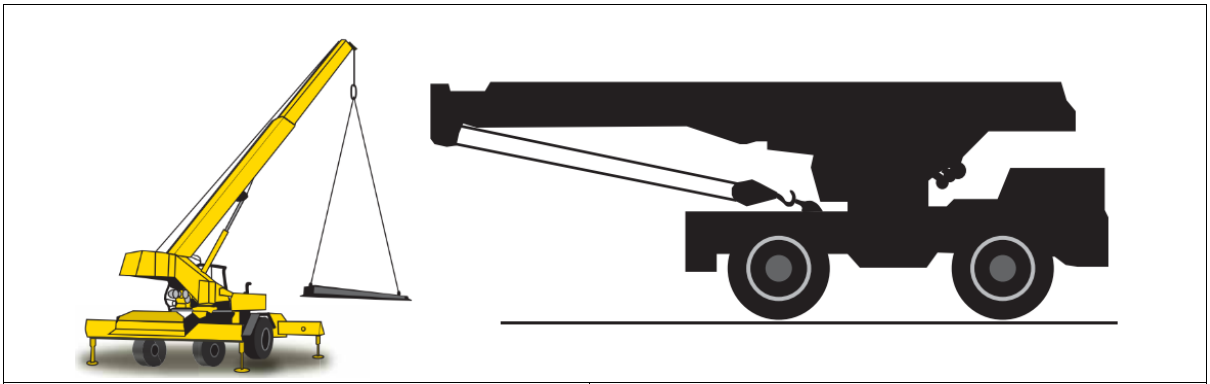
در مواردی که بار چرخ‌ها توسط کارخانه سازنده اعلام شود، باید از مقادیر کارخانه استفاده کرد.

در مورد وسایل با آرایش‌های چرخ‌های نامتقارن باید طرف سنگین‌تر ملاک عمل قرار گیرد.

شکل ۳۱ نحوه محاسبه بار چرخ گانتری کرین

۷-۲-۳-۷- جرثقیل‌های متحرک (Mobile Cranes)

جرثقیل متحرک[1] برای بارگیری محموله‌های عمومی و نیز کانتینرها تا حداکثر ارتفاع ۴ انباشت استفاده می‌شود. این جرثقیل می‌تواند بر روی چرخ‌های خود از یک بخش به بخش دیگر بندر جابجا شود. نحوه محاسبه بار چرخ جرثقیل در شکل ۳۲ نشان داده شده است. ذکر این نکته ضروری است که جرثقیل‌های متحرک اغلب در هنگام جابجایی بار از پایه‌هایی استفاده می‌کنند که همین موضوع آرایش بارهای وارده بر روسازی را تغییر می‌دهد. مقدار بار و فشار ناشی از بارگیری کالا در پایه‌های تثبیت‌کننده در جدول ۴۷ ارائه شده است.



$W = W_T / M$ W_T = وزن خود جرثقیل M = تعداد کل چرخ‌های جرثقیل	تذکر: جرثقیل‌های متحرک معمولاً از پایه‌های تثبیت‌کننده برای افزایش پایداری استفاده می‌کنند که این عامل می‌تواند باعث ایجاد یک آرایش بحرانی از بارها شود.

شکل ۳۲ نحوه محاسبه بار چرخ جرثقیل متحرک

جدول ۴۷ مقدار بار و فشار ناشی از بارگیری کالا در پایه‌های تثبیت‌کننده جرثقیل متحرک

نوع جرثقیل متحرک	حداکثر بار در یک پایه نگهدارنده (تن)	حداکثر فشار تماسی (مگاپاسکال)
جرثقیل متحرک ۱۰ تنی	۱۵/۳	۰/۴
جرثقیل متحرک ۳۰ تنی	۴۰/۸	۰/۹
جرثقیل متحرک ۵۰ تنی	۵۶/۱	۱/۳
جرثقیل متحرک ۷۰ تنی	۷۶/۵	۱/۸
جرثقیل متحرک ۱۴۰ تنی	۱۱۲/۱	۲/۶

[1] Mobile crane

۸-۲-۳-۷- سایر مشخصات بار ماشین‌آلات

علاوه بر مشخصات اختصاصی هر کدام از ماشین‌آلات بارگیری و جابجایی کالا که بدان اشاره شد، برخی دیگر از مشخصات مربوط به ماشین‌آلات نظیر فشار تماسی لاستیک‌ها، چرخ‌های زیرسری و جک‌های تثبیت‌کننده در طراحی حائز اهمیت است که در ادامه تشریح می‌شود.

باید توجه شود که مشخصات ماشین‌آلات و تجهیزاتی ارائه‌شده، جنبه راهنمایی دارد و در هر پروژه، باید نوع ماشین‌آلات و تجهیزات جابجایی کالا، ظرفیت، توان و آرایش هندسی آن‌ها در طراحی روسازی بندر استفاده شوند.

۹-۲-۳-۷- لاستیک‌ها (تایرها)

فرض می‌شود که سطح تماس تایر[1] تجهیزات بارگیری و جابجایی کالا با روسازی بصورت دایره‌ای و با فشاری برابر فشار تایر باشد. ممکن است در برخی از ماشین‌آلات سنگین‌تر از تایرهایی استفاده شود که برای سطوح نرم مناسب هستند. در صورت تردد این ماشین‌آلات از روسازی بتنی، سطح تماس تایر و روسازی به صورت دایره‌ای نیست و فشار تماسی زیر تایر نیز بیشتر از فشار تایر خواهد بود. این موضوع بر روسازی بتنی درجا چندان اثری ندارد، اما در صورت تردد آن از روسازی بلوکی بتنی و روسازی آسفالتی بر پایداری این نوع روسازی‌ها اثر منفی خواهد داشت.

۱۰-۲-۳-۷- چرخ‌های زیرسری تریلرها (Dolly wheels) و صفحات پاشنه‌ای (Pivot Plates)

تریلرهای در حال پارک معمولاً در محور جلویی روی چهار چرخ زیرسری یا صفحات پاشنه‌ای مطابق نمونه‌های نشان داده‌شده در شکل ۳۳ قرار می‌گیرند. چرخ‌های زیرسری معمولاً به پهنای ۸۸ میلیمتر و قطر ۲۵۵ میلیمتر هستند که سطح تماس آن با روسازی ۱۰ میلیمتر در ۸۸ میلیمتر و در نتیجه فشار تماسی آن ۴۰ مگاپاسکال خواهد بود. صفحات پاشنه‌ای نیز معمولاً در ابعاد ۲۲۵ میلیمتر در ۱۵۰ میلمتر هستند که فشار تماسی ۲ مگا پاسکال را به روسازی وارد می‌کند.

[1] Tyre

شکل ۳۳ نمونه‌هایی از چرخ‌های زیرسری (سمت چپ) و صفحات پاشنه‌ای (سمت راست)

۱۱-۲-۳-۷- جک‌های تثبیت‌کننده

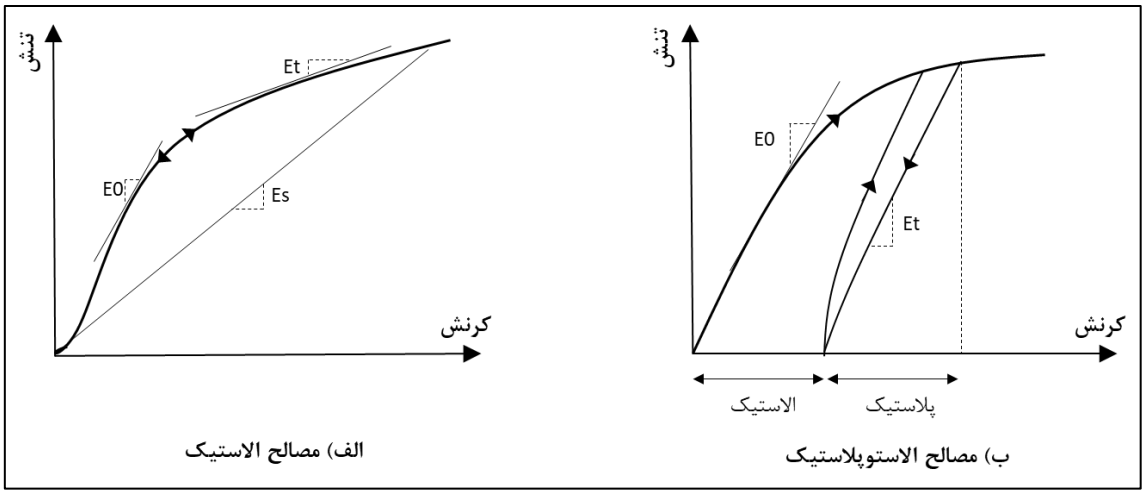
جک‌های تثبیت‌کننده برای تثبیت لیفتراک‌های جانبی در هنگام بلندکردن یک کانتینر بکار می‌روند. این جک‌ها می‌توانند تا ۷۰ درصد از کل وزن وسیله‌نقلیه و کانتینر را در هنگام عملیات تحمل کنند ولی تنها حداکثر فشار تماسی ۱/۳ مگاپاسکال را به روسازی وارد می‌کند.

۴-۷- پیوست شماره ۴: مدول ارتجاعی

۱-۴-۷- تعریف

مدول الاستیسیته یا مدول الاستیک، شیب خط منحنی تنش- کرنش در بخش الاستیک رفتار مصالح است و به طور عمومی با علامت E نمایش داده می‌شود. در صورتی‌که این شیب در ابتدای منحنی محاسبه شود، به آن مدول اولیه گفته می‌شود. از آنجا که منحنی تنش- کرنش مصالح همواره خطی نیست، برای بخش غیرخطی رفتار مصالح مدول تانژانت (E_t) و مدول سکانت (E_s) مطابق روش نشان‌داده‌شده در شکل ۳۴ تعریف و از منحنی تنش- کرنش استخراج می‌شود. مدول الاستیک تانژانت شیب خط مماس بر منحنی تنش- کرنش در نقطه‌ای بر حسب ملاحظات است. مدول الاستیک مماسی و سکانت مقادیر ثابتی نیستند و با افزایش کرنش برشی کاهش می‌یابند. در مورد مصالح الاستوپلاستیک در برخی موارد مرسوم است که نمونه را تحت باربرداری قرار می‌دهند و شیب خط باربرداری (E_t) را به عنوان مدول الاستیک مماسی در نظر می‌گیرند. این شیب معمولاً با شیب بخش الاستیک منحنی تنش- کرنش برابر است.

مدول الاستیک خاک به سه روش آزمایشگاهی، صحرایی و تجربی قابل تعیین است. در روش آزمایشگاهی نتایج هر یک از آزمون‌های تحکیم، تک‌محوری، برش مستقیم و سه‌محوری می‌تواند برای محاسبه مدول الاستیک خاک بکار می‌رود. همچنین نتایج آزمون‌های صحرایی نظیر بارگذاری صفحه، پرسیومتری و دایلاتومتر تخت برای محاسبه مدول الاستیک خاک کارایی دارد.



شکل ۳۴ تعریف مدول الاستیک اولیه، تانژانتی و سکانتی

مدول الاستیک یکی از پارامترهای مهم در طراحی‌ها محسوب می‌شود، زیرا به صورت مستقیم سختی مصالح را نشان می‌دهد. این پارامتر از دو روش استاتیکی و دینامیکی قابل دستیابی است. **منظور از مدول ارتجاعی در این راهنما، مدول الاستیک دینامیکی[1] است که به پاسخ الاستیک مواد بدون ایجاد خزش گفته می‌شود و شبیه مدول تانژانت اولیه در آزمایش استاتیک است.** مدول الاستیک دینامیکی (E_d) با استفاده از روش‌های مختلفی نظیر اندازه‌گیری سرعت موج فشاری در آزمایش‌های انتشار موج در محل یا با استفاده از المان‌های خمشی یا لوپ بارگذاری تناوبی در آزمایش‌های المانی همچون سه محوری بدست می‌آید.

بین مدول الاستیک استاتیکی و مدول الاستیک دینامیکی رابطه (۱-۱) تعریف شده است.

$$E_{50} = \alpha E_d - \beta \qquad (۱-۱)$$

که در آن:

E_{50}: مدول الاستیک استاتیکی است که از طریق شیب نمودار تنش-کرنش در نقطه ۵۰ درصد مقدار مقاومت بیشینه بدست می‌آید.

E_d: مدول الاستیک دینامیکی

α: ضریبی است بین ۰/۵ تا ۱/۵

β: ضریبی است بین ۱ تا ۳۰

۲-۴-۷- مقادیر مدول ارتجاعی مصالح

در روش طراحی این راهنما، مقدار مدول ارتجاعی بطور محافظه‌کارانه‌ای بالا در نظر گرفته شده است، با این وجود لازم است الزامات مربوط به مصالح لایه‌های مختلف، حداقل‌های موجود در این بند را تأمین کند. در صورتی‌که انجام آزمایش آشتو T-307 برای تعیین مدول ارتجاعی مصالح غیر آسفالتی لایه‌های روسازی شامل زیراساس و اساس و آزمایش ASTM-D4123 برای تعیین مدول ارتجاعی آسفالت امکان‌پذیر باشد، نتایج بدست آمده معیار کنترل حداقل خواهد بود. در غیر اینصورت از تبدیل مقادیر CBR می‌توان بشرح زیر استفاده کرد.

[1] Dynamic elastic modulus

۱-۲-۴-۷- مشخصات مفروض لایه‌ها برای طراحی

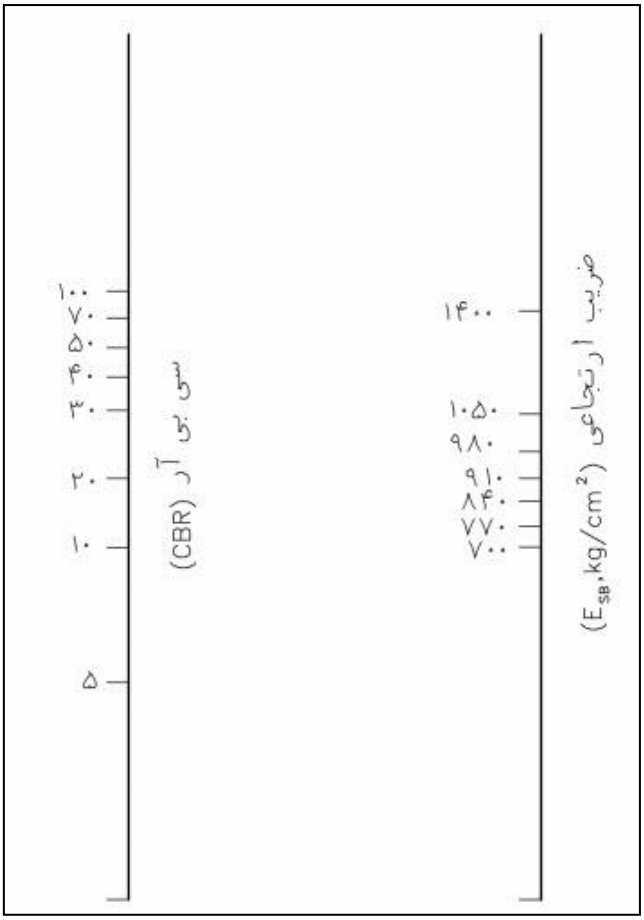
مشخصات مفروض لایه‌ها برای ایجاد نمودار طراحی در روش این راهنما در جدول ۴۸ ارائه شده است. در روش مذکور، مقدار مدول ارتجاعی بالا در نظر گرفته شده که این موضوع در واقع یک فرض محافظه‌کارانه است، چرا که مصالح سخت بار را جذب می‌کند و در نتیجه تنش داخلی بیشتری نسبت به مصالح انعطاف‌پذیر بر آن‌ها وارد می‌شود.

جدول ۴۸ مشخصات مفروض لایه‌ها برای ایجاد نمودار طراحی

لایه	مدول ارتجاعی (N/mm2)	نسبت پوآسن
رویه (بلوک بتنی)	4000	0.15
اساس (C8)	40000	0.15
زیراساس سنگ‌دانه‌ای	500	0.30
مصالح منتخب (لایه تقویتی)	250	0.35
بستر	10 × CBR	0.40

۲-۲-۴-۷- مصالح زیراساس

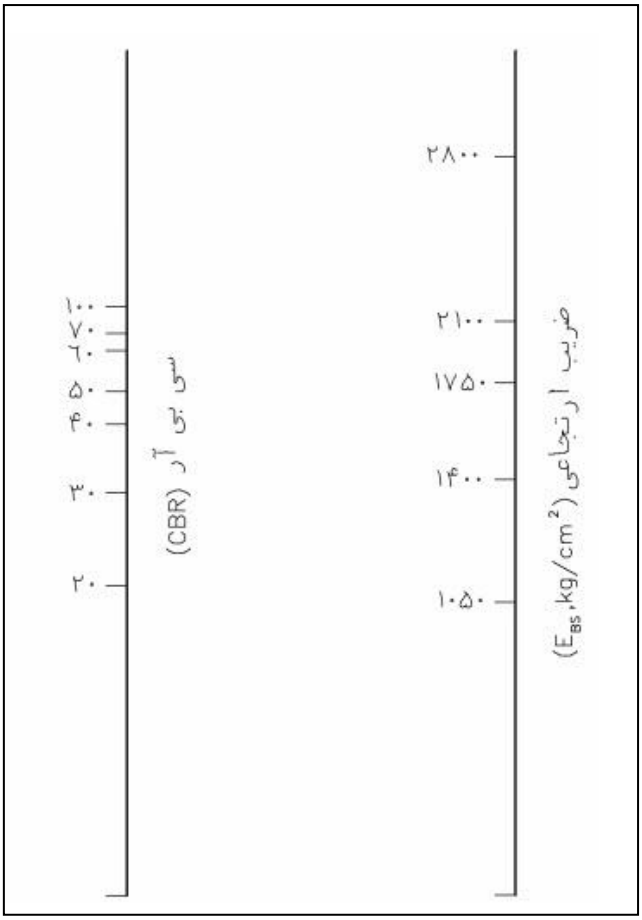
حداقل مجاز مدول ارتجاعی مصالح زیراساس برابر **۱۰۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع** که معادل CBR در ۱۰۰ درصد تراکم آزمایشگاهی به روش آشتو T-180 برابر ۳۰ درصد است، در نظر گرفته می‌شود. تبدیل مقادیر مدول ارتجاعی و CBR در شکل ۳۵ ارائه شده است.



شکل ۳۵ تبدیل مقادیر مدول ارتجاعی و CBR مصالح زیراساس

۳-۲-۴-۷- مصالح اساس شکسته

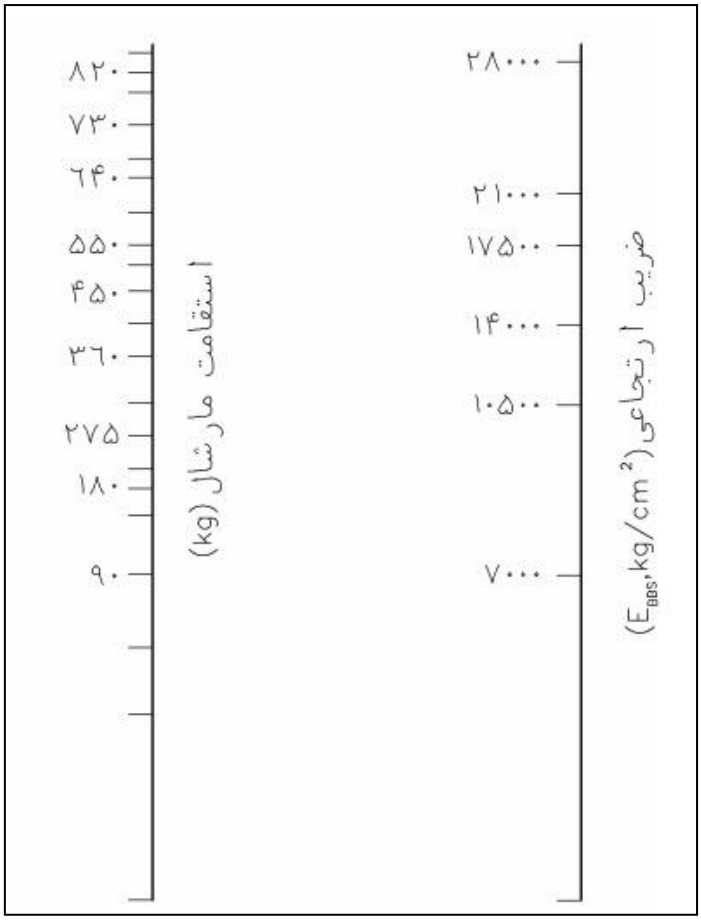
حداقل مجاز مدول ارتجاعی مصالح اساس برابر **۱۹۶۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع** که معادل CBR در ۱۰۰ درصد تراکم آزمایشگاهی به روش آشتو T-180 برابر ۸۰ درصد است، در نظر گرفته می‌شود. تبدیل مقادیر مدول ارتجاعی و CBR در شکل ۳۶ ارائه شده است.



شکل ۳۶ تبدیل مقادیر مدول ارتجاعی و CBR مصالح اساس

۴-۲-۴-۷- مصالح اساس قیری

با لحاظ حداقل مقاومت مارشال ۸۰۰ کیلوگرم برای مصالح اساس قیری، حداقل مجاز مدول ارتجاعی معادل آن مطابق حدود **۲۶۵۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع** خواهد بود.



شکل ۳۷ مدول ارتجاعی معادل استقامت مارشال اساس قیری

۵-۲-۴-۷- بتن آسفالتی

مدول ارتجاعی قشر بتن آسفالتی شامل آستر و رویه در ۲۰ درجه سانتیگراد، با آزمایش ASTM-D4123 **حداکثر ۳۱۵۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع** تعیین شده است. استفاده از بتن آسفالتی با ضریب ارتجاعی بیشتر موجب افزایش حساسیت مخلوط آسفالتی در مقابل ترک‌های ناشی از تغییرات دمای محیط و ترک‌های خستگی می‌شود.

۵-۷-پیوست شماره ۵: تعیین مقاومت و ضریب باربری بستر روسازی

۱-۵-۷- تعیین پارامتر طراحی

مقاومت خاک بر حسب ضریب برجهندگی[1] و یا CBR آزمایشگاهی تعیین می‌شود که با رابطه (۲-۱)، بر حسب مگاپاسکال، قابل تبدیل به همدیگر هستند. در این راهنما، مقاومت بستر روسازی بر حسب CBR آزمایشگاهی تعیین-شده با روش ASTM-D1883 و یا CBR بدست‌آمده از ضریب برجهندگی تعیین‌شده با روش آشتو T-307 در رطوبت موردنظر، تعیین می‌شود.

$$Mr\ (Mpa) = 10\ CBR \qquad (۱-۲)$$

در مورد روسازی‌های صلب، طراحی مطابق مدل‌های مکانستیکی با فرضیات وسترگارد، برای دال‌های قرار گرفته روی بستر انجام می‌شود. در این فرآیند فرض می‌شود که بستر یک فشار عکس‌العملی عمودی را به دال اعمال می‌کند که متناسب با خیز دال تحت تأثیر بار اعمال‌شده است. این فشار عمودی با مدول عکس‌العمل بستر[2] (K) که با آزمایش باربری صفحه بدست می‌آید، نشان داده می‌شود. از آنجا که اندازه‌گیری مدول عکس‌العمل بستر وقت‌گیر و پرهزینه است، معمولاً مقدار K با استفاده از مقاومت CBR بستر و منحنی‌های همبستگی مربوطه تعیین می‌شود. در شرایطی که روسازی دارای زیراساس باشد، اثر ترکیبی زیراساس و بستر با عنوان K_c با استفاده از نمودارها یا روابط تجربی-آماری ارائه‌شده بدست می‌آید. روابط تجربی مذکور، با توجه به نوع مصالح زیر اساس، به شرح زیر است.

الف) برای مصالح شکسته خوب دانه‌بندی‌شده

$$\text{Log Kc} = 1.251182 + 2.19732\ logK_{sg} - 0.2949522\left(\log K_{sg}\right)^2 + 0.0890125\ \text{h} - 0.004425194\ h^2 - 0.02901488\ h \times logK_{sg} \qquad (۱-۳)$$

ب) برای شن و ماسه طبیعی

$$\text{Log Kc} = -1.296084 + 2.63407\ logK_{sg} - 0.301341\ logK_c + \qquad (۱-۴)$$

[1] Resilient Modulus (Mr)

[2] Modulus of subgrade reaction

$0.08554373\ \mathrm{h} - 0.00025741619\ h^2 - 0.3050173\ h \times logK_{sg}$

h= ضخامت لایه (برحسب اینچ)

K_{sg}= مدول عکس‌العمل بستر (psi/in)

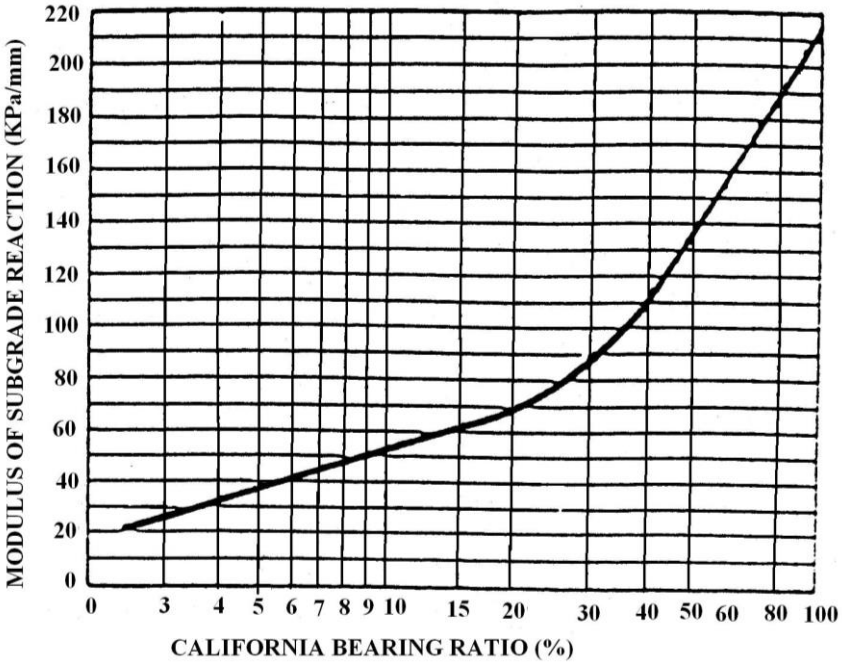
معادلات (۳-۱) و (۵-۱) برای مقادیر مدول عکس‌العمل بستر (K_{sg}) تا ۵۰۰ psi/in و برای مقادیر h بین ۵ تا ۲۰ اینچ معتبر است.

پ) برای مصالح تثبیت‌شده

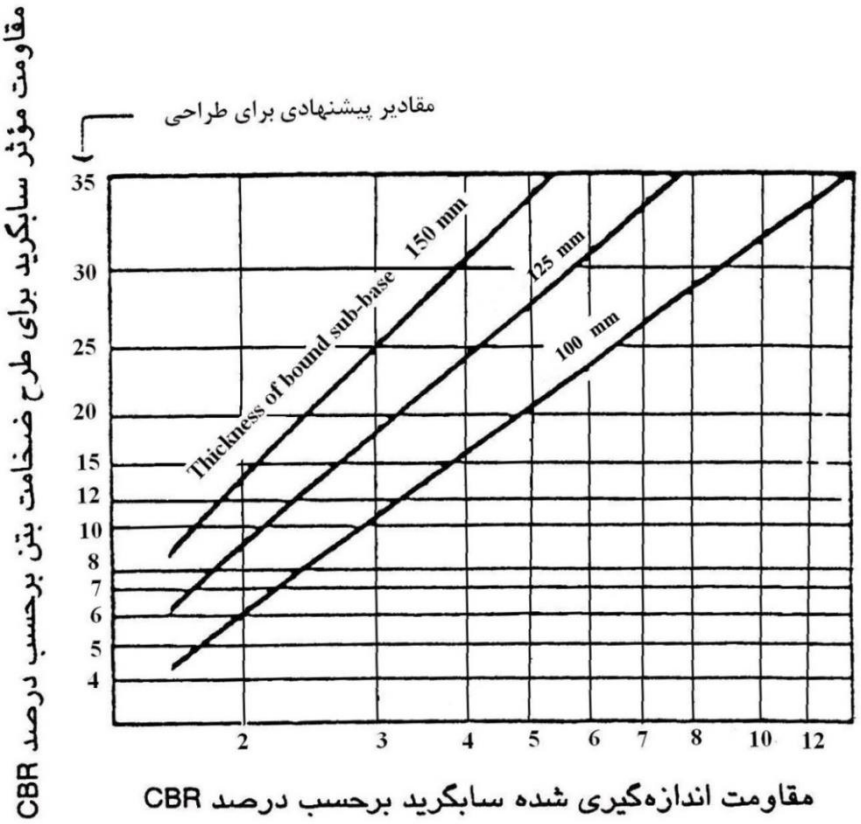
$$\mathrm{Log\ Kc} = -0.1578667 + 1.02813\ logK_{sg} + 0.544761\ h - 0.8473852 \times 10^{-3}\ h^2 + 0.7254749 \times 10^{-6} E - 0.1937295 \times 10^{-3}\ h^{12}\ E^2 - 0.4409096 \times 10^{-2}\ h\ logK_{sg} - 0.4601633 \times 10^{-7}\ E(logK_{sg}) + 0.2465638 \times 10^{-8}\ E\ h \qquad (۱-۵)$$

که E مدول الاستیسیته لایه تثبیت‌شده (برحسب psi) است. این معادله فقط برای مقادیر E، 10^5 psi تا 20×10^5 (۷۰۰ تا ۱۴۰۰۰ مگاپاسکال) معتبر است.

امکان تبدیل ضریب عکس‌العمل بستر به CBR با استفاده از گراف شکل ۳۸ وجود دارد. ضمناً اثرات زیراساس غیرچسبنده بر روی مقاومت طراحی بستر (CBR) در شکل ۳۹ ارائه شده است.



شکل ۳۸ رابطه بین ضریب عکس‌العمل بستر و CBR



شکل ۳۹ اثرات زیر اساس غیر چسبنده بر روی مقاومت طراحی سابگرید (CBR)

۲-۵-۷- شرایط آزمایش

بطور کلی تعیین CBR با استاندارد ASTM-D1883 در دو حالت زیر انجام می‌شود:

۱) شرایط رطوبت بهینه: نمونه‌ها تحت رطوبت بهینه متراکم و بلافاصله تحت آزمایش قرار می‌گیرد.

۲) شرایط اشباع: نمونه‌ها تحت رطوبت بهینه متراکم می‌شود و سپس در شرایط تعیین‌شده استاندارد مذکور، به مدت ۹۶ ساعت در حالت اشباع و سپس تحت آزمایش قرار می‌گیرد.

تعیین مقدار CBR بستر روسازی در صورتی‌که نفوذپذیری روسازی بالا باشد و یا تراز سطح آب زیرزمینی نزدیکتر از ۳ متر به سطح بستر روسازی واقع شود، در شرایط اشباع و برای سایر موارد در شرایط رطوبت بهینه انجام می‌شود.

۳-۵-۷- روش انتخاب مقادیر معرف مقاومت بستر روسازی

برای یک روسازی، مقاومت بستر بین مقادیر آزمایش و نیز از محلی به محل دیگر متغیر خواهد بود. برای در نظر گرفتن این تغییرات، بهتر این است که اولاً داده‌های خارج از محدوده حذف و ثانیاً مقدار مقاومت طراحی بر اساس پراکندگی داده‌ها انتخاب شود.

۱-۳-۵-۷- نقاط خارج از محدوده (OUT LIERS)

برای کنترل نقاط خارج از محدوده و حذف داده‌ها، ابتدا داده‌ها به ترتیب منظم و سپس برای کنترل مقادیر بسیار بزرگ آماری، مقدار γ با رابطه (۶-۱) محاسبه می‌شود.

$$\gamma = \frac{CBR_{max} - CBR_{max-1}}{CBR_{max} - CBR_{min}} \qquad (۱-۶)$$

اگر γ بیشتر از مقادیر آماری داده‌شده در جدول ۴۹ باشد، مقدار مربوط به CBR_{max} ممکن است حذف شود. به طور مشابه، برای کنترل مقادیر بسیار کوچک، مقدار γ مجدداً و این‌بار با رابطه (۷-۱) محاسبه می‌شود.

$$\gamma = \frac{CBR_{min+1} - CBR_{min}}{CBR_{max} - CBR_{min}} \qquad (۱-۷)$$

و اگر مقدار γ بیشتر از مقادیر آماری داده‌شده در جدول ۴۹ باشد، CBR_{min} حذف می‌شود.

جدول ۴۹ مقادیر آماری، (۰/۰۵ و n) بکار رفته برای حذف مقادیر مقاومت خارج از محدوده سابگرید

تعـــداد مقادیـــر	(n , 0.05)
۳	۰/۹۴۱
۴	۰/۷۶۵
۵	۰/۶۴۲
۶	۰/۵۶۰
۷	۰/۵۰۷
۸	۰/۴۶۸
۹	۰/۴۳۷
۱۰	۰/۴۱۲

۲-۳-۵-۷- مقدار معرف

در صورت تغییرات مقاومت با عمق، پیشنهاد شده است که میانگین مقاومت خاک در یک محل خاص، به عنوان CBR متوسط، با استفاده از رابطه (۸-۱) محاسبه شود.

$$CBR_m = \left[\frac{h_1 CBR_1^{\frac{1}{3}} + h_2 CBR_2^{\frac{1}{3}} + ...h_i CBR_i^{\frac{1}{3}}}{\sum^i h_i} \right] \qquad (۸-۱)$$

CBR_i، مقدار CBR در لایه با ضخامت h_i است. ضمناً بطور معمول، مقدار $\sum_{i=1}^{n} h_i$ ۶۰ سانتیمتر در نظر گرفته می‌شود.

با تعیین مقدار متوسط وزنی مقاومت در محل مشخص، محاسبه مقادیر معرف برای محوطه امکان‌پذیر می‌شود. CBR طراحی با رابطه (۹-۱) قابل محاسبه است.

$$\text{CBR طراحی} = \text{CBR متوسط} - \text{انحراف معیار } ۱/۳ \qquad (۹-۱)$$

بکار بردن رابطه (۹-۱) در پاره‌ای از موارد منتج به مقادیر غیرمجاز (مقادیر منفی) می‌شود. این مورد در زمانی که داده‌ها دارای پراکندگی زیاد یا در جایی که خاک‌ها بسیار ضعیف هستند، امکان وقوع بیشتری دارد. در چنین شرایطی از رابطه (۱۰-۱) استفاده می‌شود.

$$\text{Design CBR} = \log(\text{mean log CBR} - 1.3 * (\text{std deviation of the log of the CBRs}) \qquad (۱۰-۱)$$

در صورتی‌که هیچ کدام از روابط مذکور، منتج به مقادیر قابل قبول نشوند، باید طراحی با توجه به مقاومت کمتر خاک بستر انجام شود.

۶-۷- پیوست شماره ۶: نمونه مثال‌هایی از طراحی روسازی‌های محوطه‌های بندری

در این بخش سه مثال از طراحی روسازی شامل طرح روسازی برای استرادل‌کاریر، طرح روسازی برای لیفتراک جلوبر و طرح روسازی برای انبار توزیع کالا بر مبنای تعداد عبور کامیون‌ها ارائه شده است. بارگذاری در این مثال‌ها بر مبنای بارهای واقعی است و سعی شده است که در هر مورد چند طرح روسازی پیشنهاد شود.

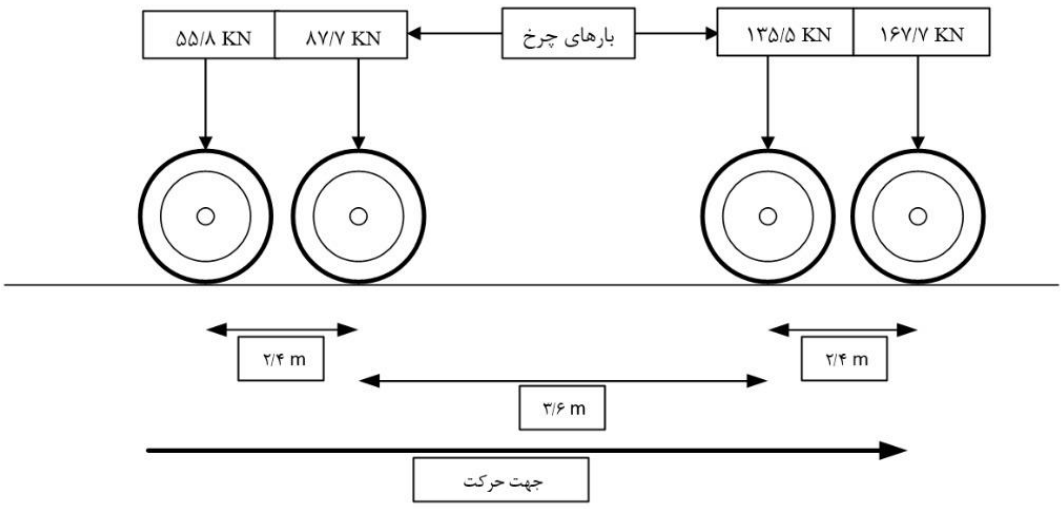
مثال۱: طراحی روسازی محوطه بندری با ماشین‌آلات از نوع استرادل‌کاریر

صورت مسأله:

این مثال برای طراحی روسازی مربوط به کلیه ماشین‌آلات با یک ردیف چرخ که یک عبور آن‌ها سبب عبور بار چرخ‌های مختلف می‌شود، قابل استفاده است. در این مثال ضریب نزدیکی چرخ‌ها، بار دینامیکی وسیله‌نقلیه و همچنین خستگی در محاسبه بار چرخ منفرد هم‌ارز لحاظ شده است. سپس با استفاده از نمودار طراحی ضخامت قشر اساس سیمانی از نوع C_8 بدست می‌آید و با در نظر گرفتن ضرایب هم ارز مصالح، ضخامت هم‌ارز لایه اساس برای سایر مصالح محاسبه می‌شود.

اطلاعات مسأله:

- وزن استرادل کاریر بدون بار به همراه تیر زیرسری=۵۶۳۱۰kg
- وزن کانتینر بحرانی = ۲۲۰۰۰kg
- عرض عبور=۴/۵m
- فاصله چرخ‌ها= ۲/۴m – ۳/۶m -۲/۴m
- تعداد عبورهای احتمالی استرادل کاریر از پرترددترین بخش روسازی در طول عمر طراحی روسازی=۹۶۰۰۰۰ عبور
- CBR بستر روسازی = ٪۵
- ضخامت لایه زیراساس سنگ‌دانه‌ای ۱۵۰mm



بار چرخ‌های استرادل کاریر در هنگام ترمز گرفتن

محاسبات:

- تعداد کل چرخ‌های وسیله‌نقلیه = ۸
- وزن چرخ دستگاه بدون بار = ۵۶۳۱۰÷۸=۷۰۳۹kg
- وزن کانتینر بحرانی = ۲۲۰۰۰kg
- F_d= ضریب دینامیکی مربوط به ترمز برابر با ٪۵۰± برای چرخ‌های ابتدا و انتها (ضرایب دینامیکی چرخ‌های میانی در پاراگراف‌های بعدی ذکر شده است)
- بار چرخ ایستا =(۷۰۳۹)+(۲۲۰۰۰÷۸)=۹۷۸۹kg =۹۸KN

اثر نزدیکی چرخ‌ها:

$$\text{عمق موثر} = 300 \times \sqrt[3]{\frac{35000}{10 \times 5}} = 2664\,mm$$

با استفاده از جدول ۱۱ و درون‌یابی ضریب نزدیکی چرخ‌ها برابر با ۱/۱۴ در نظر گرفته می‌شود. بنابراین بار چرخ موثر با توجه به اثر نزدیکی چرخ‌ها برابر است با ۹۸×۱/۱۴=۱۱۱/۷۲KN

معادل‌سازی بار چرخ‌ها برای دستگاه با چندین محور:

به منظور محاسبه بار اعمال شده به هر چرخ بدترین حالت ممکن یعنی وضعیت ترمز گرفتن در نظر گرفته می‌شود. در این حالت بار چرخ‌های جلو و عقب به ترتیب به اندازه ۵۰ درصد اضافه و کسر می‌شود. پس بار چرخ‌های جلو که سنگین‌ترین چرخ است برابر است با ۱۱۱/۷۲×۱/۵۰=۱۶۷/۶KN

بار چرخ‌های میانی نیز باید اصلاح شود که این اصلاح کمتر از ۵۰ درصد است و بستگی به فاصله نسبی چرخ‌ها از مرکز وسیله‌نقلیه دارد. در این مورد چرخ‌های عقب و جلو به فاصله ۴/۲ متری و چرخ‌های میانی به فاصله ۱/۸ متری از مرکز دستگاه قرار دارند. بنابراین ضریب دینامیکی مربوط به ترمز برای چرخ‌های میانی به صورت زیر قابل محاسبه است.

$$(\pm 50\%) \times \frac{1.8}{4.2} = \pm 21.4\%$$

حال نوبت آن است که عبور این چهار چرخ به صورت معادل عبور سنگین‌ترین چرخ یعنی چرخ با بار ۱۶۷/۶KN بیان شود. برای این منظور معادله اثر خرابی برای هر یک از چرخ‌ها به ترتیب مورد استفاده قرار می‌گیرد:

- عبور چرخ جلو معادل با یک عبور بار ۱۶۷/۶KN است.
- عبور چرخ دوم معادل با عبور معادل ۰/۴۵=$^{۳/۷۵}$(۱۶۷/۶÷۱۳۵/۵) چرخ جلو است.
- عبور چرخ سوم معادل با عبور معادل ۰/۰۹=$^{۳/۷۵}$(۱۶۷/۶÷۸۷/۷) چرخ جلو است.
- عبور چرخ چهارم معادل با عبور معادل ۰/۰۲=$^{۳/۷۵}$(۱۶۷/۶÷۵۵/۸) چرخ جلو است.

با توجه به این مقادیر می‌توان تعداد عبورهای وسیله نقلیه را بر اساس تعداد عبورهای سنگین‌ترین چرخ که همان بار چرخ منفرد هم‌ارز (SEWL) است، محاسبه نمود. بنابراین یک بار عبور استرادل‌کاریر و ترمز گرفتن آن، معادل با عبور ۱/۵۶=(۰+۱/۰+۴۵/۰+۰۹/۰۲) بار عبور چرخ جلو به وزن ۱۶۷/۷KN است.

این به آن معنی است که روسازی باید برای عبور ۱/۵ میلیون (۹۶۰۰۰۰×۱/۵۶) بار ۱۶۷/۷KN طراحی شود.

طرح ضخامت‌های پیشنهادی:

نمودار طراحی می‌تواند به صورت زیر مورد استفاده قرار گیرد.

- بر روی محور عمودی، تعداد بار چرخ منفرد هم ارز (SEWL) برابر با ۱۶۷/۷KN انتخاب می‌شود.
- نمودار مناسب با توجه به عبور ۱/۵ میلیون انتخاب می‌شود.

- ضخامت‌های پیشنهادی زیر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

الف) روسازی بلوکی بتنی با ۲۰۰mm اساس سیمانی از نوع C8. (بر اساس نمودار)

ب) روسازی بلوکی بتنی با ۲۳۲mm اساس مخلوط چسبنده از نوع C5.

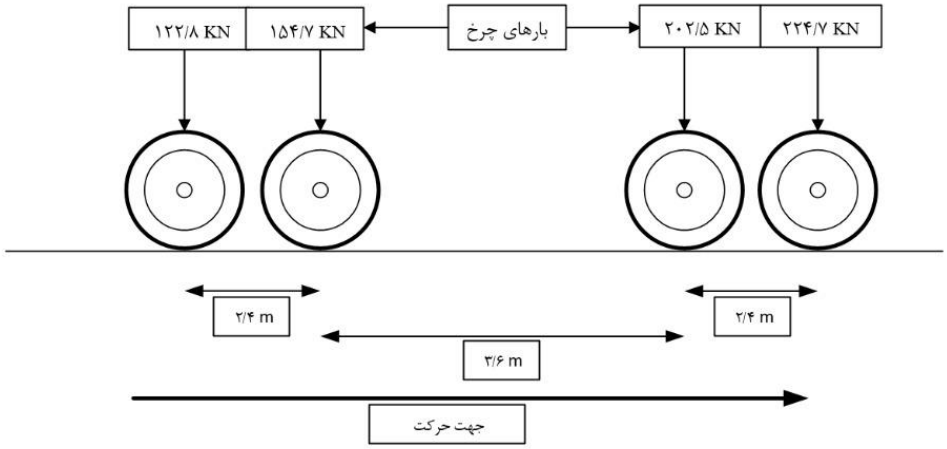
ج) یک لایه بتنی از نوع C35 به ضخامت ۱۸۹mm بدون رویه بلوکی بتنی. ۱۸۹ mm= ۰/۶۱× (۲۰۰+۱۱۰)

د) روسازی بلوکی بتنی با ۲۰۰mm اساس بتن آسفالتی گرم.

لازم بذکر است که ضخامت‌های مذکور، صرفاً بر اساس روش طراحی است و لازم است با توجه به ضوابط اجرا ضخامت لایه‌های روسازی، اجرایی شود.

ضخامت لایه اساس با توجه به ضرایب دینامیکی مختلف:

در اینجا نشان داده می‌شود که چگونه تغییر در ضرایب بار دینامیکی سبب تغییر در مقطع مورد نیاز برای روسازی می‌شود. برای مثال، در صورتی که استرادل کاریر در حین دور زدن ترمز بگیرد. بار چرخ‌ها به اندازه ۶۰٪ بار چرخ‌ها در حالت سکون افزایش می‌یابد (۰/۶×۱۱۱/۶=۶۷ KN). در این حالت بار چرخ‌ها مطابق شکل زیر خواهد بود.



بار چرخ‌های استرادل کاریر در هنگام ترمز گرفتن و دور زدن

در این حالت نیاز است تا مجدداً عبور چهار چرخ از یک نقطه بر حسب عبور سنگین‌ترین چرخ یعنی چرخ با بار ۲۲۴/۷KN بیان شود.

برای این منظور معادله تأثیر خرابی برای هر چرخ به صورت جداگانه بکار برده می‌شود:

- عبور چرخ جلو معادل با یک عبور بار ۲۲۴/۷KN است.
- عبور چرخ دوم معادل با عبور معادل ۰/۶۸=$^{۳/۷۵}$(۲۲۴/۷÷۲۰۲/۵) چرخ جلو است.
- عبور چرخ سوم معادل با عبور معادل ۰/۲۵=$^{۳/۷۵}$(۲۲۴/۷÷۱۵۴/۷) چرخ جلو است.
- عبور چرخ چهارم معادل با عبور معادل ۰/۱۰=$^{۳/۷۵}$(۲۲۴/۷÷۱۲۲/۸) چرخ جلو است.

بنابراین دیده می‌شود که یک عبور استرادل کاریر و دور زدن و ترمز گرفتن آن بر روی یک نقطه، معادل با عبور ۲/۰۳=(۲۵/۱۰+۶۸/۰+۱/۰+۰) بار عبور چرخ جلو به وزن ۲۲۴/۷KN است. این به آن معنی است که روسازی باید برای عبور ۲ میلیون (۹۶۰۰۰×۲/۰۳) بار ۲۲۴/۷KN طراحی شود.

حال می‌توان از نمودار طراحی به صورت زیر استفاده نمود:

- بر روی محور عمودی تعداد بار چرخ منفرد هم‌ارز برابر با ۲۲۴/۷KN انتخاب می‌شود.

- نمودار مناسب با توجه به عبور ۲ میلیون در بین نمودارهای ۱/۵ میلیون و ۴ میلیون انتخاب می‌شود.
- ضخامت‌های پیشنهادی زیر قابل استفاده هستند.

الف) روسازی بلوک بتنی با ۳۴۰mm اساس سیمانی از نوع C8.

ب) روسازی بلوک بتنی با ۳۹۵mm اساس سیمانی از نوع C5.

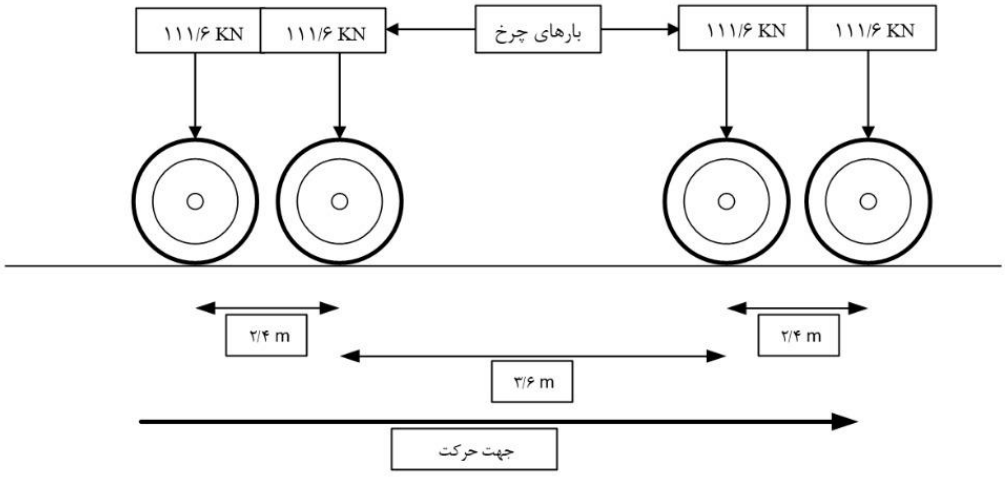
ج) یک لایه بتنی از نوع C35 به ضخامت ۲۷۵mm.

د) روسازی بلوکی بتنی با ۳۴۰mm اساس بتن آسفالتی گرم

لازم بذکر است که ضخامت‌های مذکور، صرفاً بر اساس روش طراحی است و لازم است با توجه به ضوابط اجرا ضخامت لایه‌های روسازی، اجرایی شود.

طراحی بدون در نظر گرفتن ضرایب بار دینامیکی (حرکت آزاد):

سرانجام در حالتی که استرادل کاریر به صورت آزاد بر روی یک سطح هموار در حال حرکت است و نیاز به اعمال هیچ ضریب بار دینامیکی نیست. در این حالت آرایش بار چرخ‌ها مطابق شکل زیر خواهد بود.



بار چرخ‌های استرادل کاریر در هنگام حرکت آزاد

- روسازی باید عبور چهار چرخ به وزن ۱۱۱/۶KN را در هر عبور استرادل‌کاریر تحمل کند.
- بنابراین روسازی باید عبور ۳۸۴۰۰۰۰ بار چرخ منفرد هم ارز به وزن ۱۱۱/۶KN را در طول دوره طراحی تحمل کند.
- ضخامت‌های پیشنهادی زیر می‌تواند برای روسازی مورد استفاده قرار گیرد:

الف) روسازی بلوک بتنی با ۱۹۰mm اساس سیمانی از نوع C8.

ب) روسازی بلوک بتنی با ۲۲۰mm اساس سیمانی از نوع C5.

ج) یک لایه بتنی از نوع C35 به ضخامت ۱۸۳mm.

د) روسازی بلوک بتنی با ۱۹۰mm اساس بتن آسفالتی گرم

لازم بذکر است که ضخامت‌های مذکور، صرفاً بر اساس روش طراحی است و لازم است با توجه به ضوابط اجرا ضخامت لایه‌های روسازی، اجرایی شود.

خلاصه طراحی روسازی برای استرادل کاریر:

در مورد بتن غیرمسلح ساده، شرایط بهره‌برداری مختلف نیازمند ضخامتی بین ۱۹۰mm الی ۳۴۰mm است. در برخی موارد می‌توان نوع بهره‌برداری را در نظر گرفت و سپس ضخامت مورد نیاز برای لایه‌های روسازی را به صورت دقیق تعیین نمود. این‌کار باعث کاهش هزینه ساخت می‌شود، ولی از طرفی سبب محدودشدن بهره‌برداری از محوطه در آینده خواهد شد و ممکن است فرآیند ساخت مجدد روسازی را با پیچیدگی‌هایی همراه سازد.

از نظر اقتصادی می‌توان در ابتدا یک روسازی اولیه با ضخامت کمتر ساخت به طوری که توانایی تحمل کلیه عملیات‌ها را در ابتدای ساخت نداشته باشد. در این حالت پس از گذشت مدتی از ساخت روسازی، عیوب بخش‌های مختلف که تحت بارهای دینامیکی خاص قرار می‌گیرند، مشخص می‌شود و این مناطق را که به مراتب دارای مساحت کمتری هستند، تقویت کرد. استفاده از این روش سبب کاهش هزینه اولیه ساخت می‌شود، ولی باید هزینه مربوط به بهسازی و تقویت روسازی مد نظر قرار گیرد.

مثال۲: طراحی روسازی محوطه بندری با ماشین‌آلات از نوع لیفتراک جلوبر و ریچ استکر

صورت مسأله:

این مثال به طراحی روسازی برای ریچ استکرها و لیفتراک‌های جلوبر که دارای یک محور اصلی با چندین چرخ هستند، می‌پردازد.

اطلاعات مسأله:

در این مثال روسازی‌های با مصالح متفاوت برای تحمل وزن ۵ کانتینر بر روی هم را طراحی می‌شوند. کانتینرها توسط ریچ استکرهای با وزن بدون بار ۶۹۸۴۰kg جابجا می‌شوند. ریچ استکر کانتینرهای ۴۰ft را جابجا می‌کند و CBR بستر روسازی برابر با ۲ درصد است. ریچ استکرها دارای دو چرخ در هر طرف محور جلوی خود می‌باشند که فاصله مرکز تا مرکز این چرخ‌ها برابر با ۶۶۰mm است. فاصله مرکز تا مرکز دو چرخ داخلی محور جلو برابر با ۲۵۴۰mm تعیین شده است.

محاسبات:

در زمان حمل یک کانتینر ۴۰ft به وزن ۲۲۰۰۰kg، وزن ریچ استکر برابر با ۹۱۸۴۰kg خواهد بود که ۷۳۶۵۹kg آن بر روی محور جلو و ۱۸۱۸۱kg آن بر روی محور عقب اعمال خواهد شد. بنابراین بار استاتیک اعمال شده بر روی هر یک از چرخ‌های محور جلو برابر خواهد بود با:

$$\frac{73659}{4} = 18415\,kg$$

اثر نزدیکی چرخ‌ها:

$$\text{عمق موثر} = 300 \times \sqrt[3]{\frac{35000}{10 \times 2}} = 3615\,mm$$

با فرض بحرانی‌بودن بار برای چرخ داخلی محور جلو، ضرایب نزدیکی چرخ‌ها برای فواصل ۶۶۰mm، ۲۵۴۰mm، ۳۲۰۰mm از جدول ۱۱ به ترتیب برابر با ۱/۹۳، ۱/۳۵، ۱/۱۸ بدست می‌آیند. بنابراین ضریب افزایش بار برابر خواهند بود با:

۰+۱/۰+۹۳/۰+۳۵/۱۸=۲/۴۶

بنابراین بار چرخ موثر در حالت استاتیک برابر است با: ۱۸۴۱۵×۲/۴۶=۴۵۱۱۶Kg

ضرایب دینامیکی:

با در نظر گرفتن شرایط ترمز و دورزدن همزمان و با استفاده از جدول مربوطه، درصد افزایش دینامیکی ٪۷۰ (٪۳۰+٪۴۰) و در نتیجه ضریب دینامیکی ۱/۷ انتخاب می‌شود. بنابراین بار چرخ منفرد هم ارز (SEWL) برابر خواهد بود با: (۷۵۲KN)

۱/۷×۴۵۱۱۶kg=۷۶۶۸۹kg

عمر طراحی:

فرض مسأله این است که پر ترافیک‌ترین بخش روسازی، روزانه متحمل عبور ۱۸۰ عبور شود و روسازی برای عمر ۲۵ سال طراحی شود. لازم به ذکر است که این تعداد عبور نشان‌دهنده عبور از روی یک نقطه است که برابر با تعداد کانتینرهای جابجا شده نیست.

تعداد عبورها در طول عمر طراحی = ۱۸۰×۳۶۵×۲۵=۱۶۴۲۵۰۰

استفاده از این عدد جهت طراحی کمی محافظه‌کارانه است، زیرا فرض بر این است که کلیه مانورهای وسیله نقلیه همراه با دورزدن و ترمز گرفتن است که با واقعیت انطباق ندارد. با فرض اینکه ریچ استکر در هنگام ترمزگیری دور نزند و یا در هنگام

دور زدن ترمز نگیرد، ضریب دینامیکی را می‌توان به ۰/۳ یا ۰/۴ کاهش داد. همچنین می‌توان درصدی از این تعداد عبور را در محاسبات در نظر گرفت که برای این منظور داشتن اطلاعات دقیق از نحوه بهره برداری الزامی است. در این مثال، بار چرخ منفرد هم ارز همان ۹۷۳۶۰ kg در نظر گرفته می‌شود و تعداد عبورها برابر با ۲۵۰۰۰۰ فرض می‌شود.

استفاده از نمودار طراحی (برای بار دینامیکی):

نمودار طراحی نشان می‌دهد که ضخامت ۶۷۰mm از مصالح اساس سیمانی از نوع C_8 مورد نیاز است.

استفاده از نمودار طراحی (برای انباشت کانتینری):

با فرض اینکه هدف طراحی محوطه انبار کانتینرها جهت انبار ۵ کانتینر بر روی یکدیگر به صورت بلوکی است، با استفاده از جدول مربوطه، بار طراحی برابر با ۹۱۴/۴KN بدست می‌آید. از نمودار طراحی، ضخامت اساس سیمانی از نوع C_8 برابر با ۶۰۰mm تعیین می‌شود. بنابراین در این مثال حرکت ریچ استکرها تعیین‌کننده ضخامت روسازی است و ضخامت اساس باید برابر با ۶۷۰mm در نظر گرفته شود.

طراحی بستر روسازی:

با توجه به CBR، ٪۲ ضخامت لایه زیراساس سنگ‌دانه‌ای برابر با ۱۵۰mm و ضخامت لایه با مصالح منتخب برابر با ۶۰۰mm بدست می‌آید.

طراحی مقاطع روسازی:

مقاطع روسازی زیر پیشنهاد می‌شود:

الف) روسازی با استفاده از اساس سیمانی از نوع C8

۱. بلوک بتنی به ضخامت ۸۰mm
۲. ۳۰ mm ماسه ریزدانه بستر برای نصب بلوک‌های بتنی
۳. ۶۷۰ mm اساس تثبیت‌شده با سیمان از نوع C8
۴. ۱۵۰ mm مصالح زیراساس از جنس سنگ شکسته
۵. ۶۰۰ mm لایه با مصالح منتخب
۶. بستر روسازی با CBR=٪۲

ب) روسازی بدون نفوذپذیری (با توجه به ضعیف‌بودن بستر روسازی تنها می‌توان از سیستم (ج) یا همان سیستم بدون نفوذپذیری استفاده کرد و دو سیستم دیگر کارایی ندارد).

۱. بلوک بتنی به ضخامت ۸۰mm
۲. ۳۰ mm ماسه ریزدانه جهت نصب بلوک‌های بتنی
۳. ۶۷۰ mm بتن مگر بدون ریزدانه C8
۴. یک لایه پلی‌تن نمره ۲۰۰
۵. ۱۵۰ mm مصالح زیراساس از جنس سنگ شکسته
۶. ۶۰۰ mm لایه با مصالح منتخب
۷. بستر روسازی با CBR=٪۲

ج) روسازی با استفاده از بتن درجای C32/40 با الیاف فولادی به میزان ۴۰kg/m3

۱. بتن درجای C32/40 به ضخامت ۳۵۰mm مطابق استاندارد BS۸۵۰۰-۱ شامل ۴۰kg/m3 الیاف فولادی
۲. ۱۵۰ mm مصالح زیراساس از جنس سنگ شکسته

۳. ۶۰۰ mm لایه با مصالح منتخب

۴. بستر روسازی با CBR=٪۲

د) روسازی با استفاده از بتن درجای C32/40 با الیاف فولادی به میزان ۴۰kg/m3 به همراه رویه بلوک بتنی و لایه بتن آسفالتی گرم.

۱. بلوک بتنی به ضخامت ۸۰mm

۲. ۳۰ mm ماسه ریزدانه برای نصب بلوک‌های بتنی

۳. ۱۲۲ mm بتن آسفالتی گرم

۴. ۲۴۷ mm بتن C32 مطابق استاندارد BS۸۵۰۰-۱ شامل ۴۰kg/m3 الیاف فولادی

۵. ۱۵۰ mm مصالح زیراساس از جنس سنگ شکسته

۶. ۶۰۰ mm لایه با مصالح منتخب

۷. بستر روسازی با CBR=٪۲

مثال۳: طراحی روسازی انبار توزیع کالا

صورت مسأله:

در این مثال روسازی یک انبار بزرگ توزیع کالا که باید متحمل عبور بارهای متداول جاده‌ای و همچنین شاسی بار تریلی شود، طراحی خواهد شد. روسازی شامل یک لایه اساس سیمانی از نوع C8 و رویه بلوک بتنی است. همچنین فرض می‌شود که ضخامت لایه زیراساس برابر با ۱۵۰ mm و CBR بستر روسازی برابر با ۵٪ باشد. روسازی تنها تحت عبور وسایل حمل کالای بزرگ (LGVs[1]) قرار دارد.

شرایط عبور و مرور زیر نیز مفروض است:

- مسیر خروجی به همراه پیچ‌های تند روزانه متحمل عبور ۱۵۰ کامیون می‌شود.
- بارانداز روزانه پذیرای سه کامیون خواهد بود.
- در مورد بار شاسی‌ها هر نقطه روزانه متحمل ۲۰ کامیون خواهد شد.

اطلاعات مسأله:

- کامیون‌های بارگیری شده دارای ۴ محور به وزن ۱۱۰KN و یک محور به وزن ۶۵KN (محور فرمان) است.
- ضریب نزدیکی چرخ‌ها =۱/۱
- ضریب دینامیکی ناشی از ترمز گرفتن=۱۰٪
- ضریب دینامیکی ناشی از دور زدن= ۳۰٪
- عمر طراحی روسازی = ۲۵ سال
- تعداد روزهای کاری در هر سال = ۳۶۵ روز

طراحی مسیر خروجی:

تعداد عبورهای کامیون در طول ۲۵ سال عمر طراحی: ۱۵۰×۳۶۵×۲۵=۱۳۶۸۷۵۰

تعداد عبور چرخ‌ها بجز چرخ جلو: ۱۳۶۸۷۵۰×۴=۵۴۷۵۰۰۰

عبور محور جلو (محور فرمان) معادل با ۰/۱۴=$^{۳/۷۵}$(۱۱۰÷ ۶۵) عبور سایر محورها است. بنابراین تعداد عبورهای محور جلو بر اساس عبور سایر محورها برابر با ۱۳۶۸۷۵۰×۰/۱۴=۱۹۱۶۲۵ خواهد بود.

بنابراین تعداد کل عبور چرخ‌های معادل بر اساس چرخ‌های غیر جلو برابر خواهد بود با: ۵۴۷۵۰۰۰+۱۹۱۶۲۵=۵۶۶۶۶۲۵

بار استاتیکی چرخ‌های غیر جلو برابر است با: ۱۱۰÷۲=۵۵ KN

با افزودن ضریب دینامیکی ترمز گرفتن و دور زدن و همچنین ضریب نزدیکی چرخ‌ها داریم: ۵۵×۱/۵=۸۲/۵KN= بار چرخ منفرد هم ارز

با توجه به SEWL=۸۲/۵KN و عبور ۵۶۶۶۶۲۵ از نمودار طراحی داریم:

ضخامت اساس مخلوط سیمانی از نوع C8 برابر است با ۲۰۰mm

طراحی روسازی بارانداز:

تعداد عبور کامیون‌ها در مدت زمان ۲۵ سال عمر روسازی: ۳×۳۶۵×۲۵=۲۷۳۷۵

با ضرب تعداد عبور کامیون در عدد ۵ کانالیزاسیون لحاظ می‌شود: ۲۷۳۷۵×۵=۱۳۶۸۷۵

[1] Large Goods Vehicles (LGVs)

بار چرخ‌های غیر جلو در حالت استاتیک: ۱۱۰÷۲=۵۵ KN

اعمال ضریب دینامیکی ترمز و ضریب نزدیکی چرخ‌ها به بار چرخ: ۵۵×۱/۲=۶۶ KN= بار چرخ منفرد هم ارز

بنابراین با استفاده از منحنی طراحی برای بار چرخ منفرد هم ارز ۶۶KN و منحنی مربوط به ۲۵۰۰۰۰ عبور، ضخامت لایه اساس سیمانی از نوع C8 برابر با حداقل مقدار یعنی ۲۰۰ mm تعیین می‌شود.

طراحی برای شاسی‌ها:

تعداد عبور کامیون‌ها در مدت زمان ۲۵ سال عمر روسازی: ۲۰×۳۶۵×۲۵=۱۸۲۵۰۰

بار چرخ‌های غیر جلو در حالت استاتیک: ۱۱۰÷۲=۵۵ KN

اعمال ضرایب دینامیکی ترمز و ضریب نزدیکی چرخ‌ها به بار چرخ: ۵۵×۱/۲=۶۶ KN= بار چرخ منفرد هم ارز

مجدداً با استفاده از منحنی طراحی برای بار چرخ منفرد هم ارز ۶۶KN و منحنی مربوط به ۲۵۰۰۰۰ عبور، ضخامت لایه اساس سیمانی از نوع C8 برابر با حداقل مقدار یعنی ۲۰۰mm تعیین می‌شود.

طراحی مقاطع روسازی:

مقطع زیر برای هر یک از روسازی‌ها می‌توان مورد استفاده قرار گیرد:

۱. رویه بلوک بتنی به ضخامت ۸۰mm
۲. ۳۰ mm ماسه ریزدانه برای نصب بلوک‌های بتنی
۳. ۲۰۰ mm اساس مخلوط سیمانی نوع C8
۴. ۱۵۰ mm مصالح زیراساس از جنس سنگ شکسته
۵. بستر روسازی با CBR=٪۵

همچنین بتن درجای C_{30} می‌تواند به صورت زیر بکار برده شود:

کل ضخامت هم ارز برای مصالح اساس سیمانی از نوع C_8 برابر است با: ۲۰۰+۳۰+۸۰=۳۱۰ mm

باید توجه داشت که رویه بلوک بتنی دارای ضریب هم ارز مصالح یک است.

بتن درجای C_{30} دارای ضریب هم ارز مصالح ۰/۶۴ می‌باشد. بنابراین ضخامت مورد نیاز برای مصالح بتن درجا برابر است با: ۳۱۰×۰/۶۴=۱۹۸ mm~۲۰۰ mm

مقطع نهایی روسازی در این حالت به صورت زیراست:

۱. ۲۰۰ mm بتن درجای C30
۲. ۱۵۰ mm مصالح زیراساس سنگ شکسته

۷-۷-پیوست شماره ۷: مقایسه فنی- مالی گزینه‌های مختلف روسازی

۷-۷-۱- هزینه‌های طول عمر

مجموع هزینه‌های ساخت‌وساز اولیه، نوسازی، ترمیم و نگهداری و هزینه‌های مربوط به استفاده‌کنندگان به عنوان هزینه در طول عمر (WLC[1]) روسازی شناخته می‌شود. هزینه در طول عمر سیستمی است برای محاسبه کل هزینه‌های یک راه در دوره عمر آن تا بتوان به کمک آن، طرح‌ها و روش‌های مختلف ساخت را برای یک راه مورد ارزیابی و مقایسه قرار داد. هزینه‌های ساخت و ترمیم و نگهداری جزو هزینه‌های مستقیم و هزینه‌های استفاده‌کنندگان جزو هزینه‌های غیرمستقیم محسوب می‌شود. در راه‌های پرترافیک بخش اعظم هزینه استفاده‌کنندگان مربوط به تأخیر اعمال‌شده در حین عملیات ترمیم و بخش کمی نیز مربوط به حوادثی است که در حین ترمیم پیش می‌آید. اما در راه‌های کم‌ترافیک بخش اصلی این هزینه مربوط به عملکرد و استهلاک خودرو و وسایل‌نقلیه استفاده‌کننده از راه است. بنابراین تمام هزینه‌های طول عمر (WLC) عبارتنداز:

۷-۷-۱-۱- هزینه ساخت

هزینه ساخت شامل هزینه برنامه‌ریزی، طراحی و اجرای روسازی است. شرایط مختلف زمین‌ساختی، آب‌وهوایی و ترافیکی و امکانات اجرایی در انتخاب طرح و هزینه‌های ساخت مؤثر است.

۷-۷-۱-۲- هزینه نگهداری جاری

برای جلوگیری از خرابی‌های زودرس و به منظور خدمت‌دهی مناسب و حفظ شرایط راه، عملیات نگهداری رویه راه‌ها انجام می‌شود. این عملیات شامل مواردی نظیر تمیزکردن ادوات جانبی راه، کنترل و بازرسی تأسیسات زهکشی و درزها، استفاده از نمک‌های ضدیخ به هنگام یخبندان و تعمیرات کوچک است.

هزینه‌های نگهداری شامل هزینه نگهداری روزانه (کارهای تعمیراتی جزئی و موضعی) و نیز نگهداری پیشگیرانه است. این هزینه‌ها نسبت به هزینه‌های ساخت‌وساز اولیه ناچیز است و اثر کمی در تجزیه و تحلیل چرخه عمر دارد.

[1] Whole Life Costing

هزینه‌های نگهداری روسازی بتنی، بدلیل دوام مناسب این رویه در شرایط مختلف آب‌وهوایی کمتر از هزینه‌های نگهداری روسازی آسفالتی و در حد نصف آن است.

۳-۱-۷-۷- هزینه نگهداری اساسی (دوره‌ای)

با گذشت زمان و بروز انواع خرابی‌ها، کیفیت روسازی کم می‌شود. در صورت عدم رسیدگی مناسب، خرابی‌ها گسترش می‌یابد و در نهایت موجب عدم کارایی راه می‌شود. پیشرفت و گسترش خرابی‌ها با زمان رابطه تصاعدی دارد، بطوری‌که با گذشت زمان هزینه ترمیم چندین برابر می‌شود. از اینرو تهیه و تنظیم سیاست ترمیم در مورد روسازی‌ها بسیار حائز اهمیت است و از هدر رفتن سرمایه‌های هنگفتی جلوگیری می‌کند.

از جمله مشکلاتی که بر اثر گذشت زمان برای یک روسازی آسفالتی پیش می‌آید، فرورفتگی موضعی، گودافتادگی جای چرخ، ترک‌خوردگی، قیرزدگی، فرسودگی و برهنگی است. در مورد روسازی‌های بتنی به علت استحکام و صلبیت این نوع روسازی، بسیاری از موارد مذکور رخ نمی‌دهد. منشأ بیشتر خرابی‌های روسازی بتنی نفوذ آب به داخل درزها و ایجاد پدیده مکندگی است.

با انجام اقدامات ترمیمی قبل از آن‌که روسازی به مرحله خرابی برسد، امکان جلوگیری از گسترش و شدت‌یافتن این عوارض وجود دارد، در غیر اینصورت این عوارض به مرور زمان باعث ایجاد خرابی‌های اساسی می‌شود که هزینه بازسازی آن ممکن است چندین برابر اقدامات ترمیمی باشد.

۴-۱-۷-۷- هزینه استفاده‌کنندگان

این هزینه شامل سه بخش است. اول هزینه عملکرد خودرو اعم از هزینه سوخت، استهلاک قطعات مکانیکی و لاستیک؛ دوم هزینه زمان تأخیری که به واسطه انجام عملیات ترمیم و نگهداری بوجود می‌آید و بالاخره هزینه حوادث و تصادفاتی که به علت کاهش خطوط عبور و ایجاد اختلال در نظم ترافیک هنگام انجام عملیات نگهداری یا ترمیم اتفاق می‌افتد.

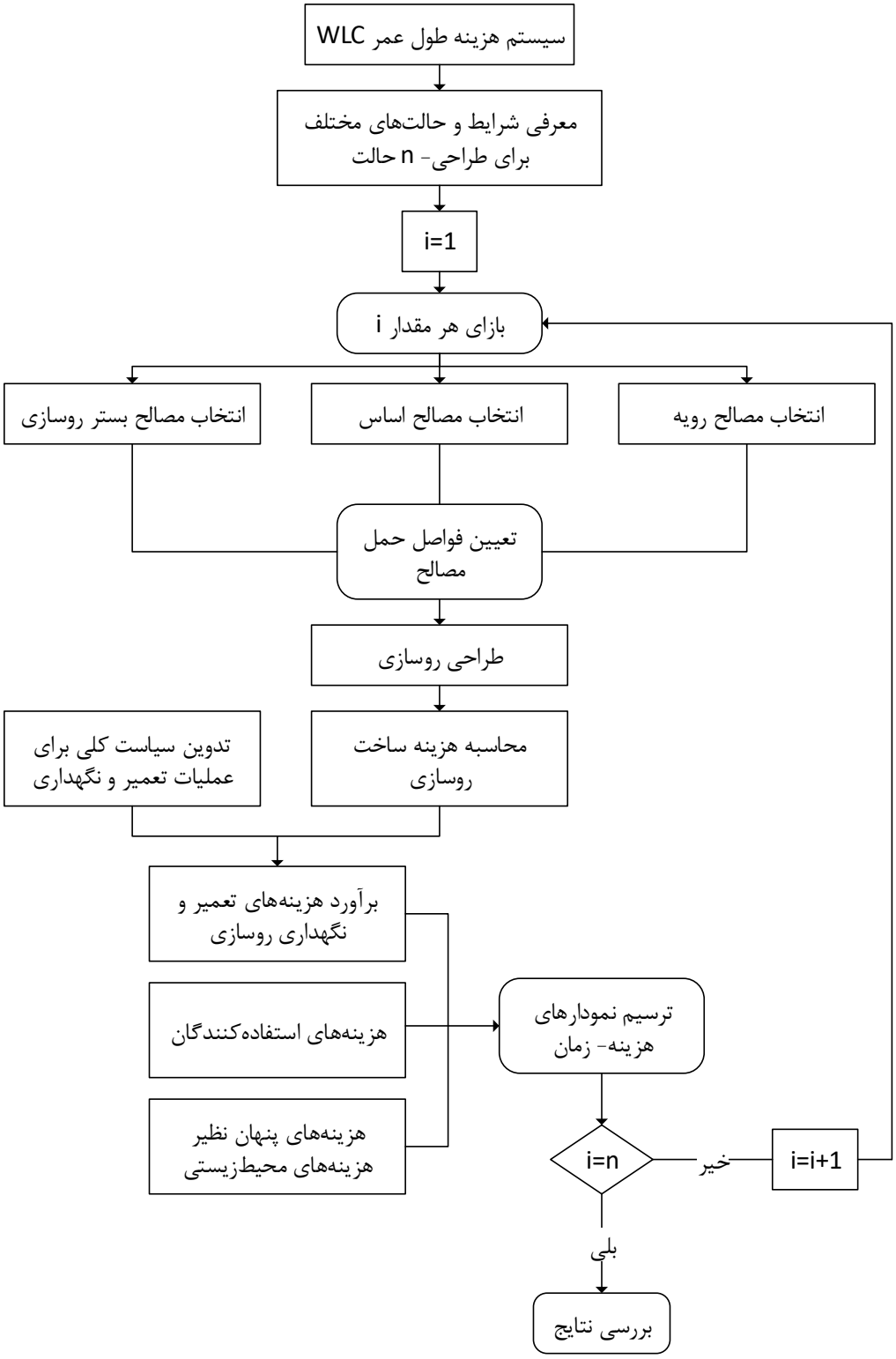
۵-۱-۷-۷- هزینه‌های پنهان

روسازی آسفالتی به مقدار زیادی انرژی و یا سوخت‌های فسیلی برای اختلاط و حمل‌ونقل نیاز دارد. البته اجرای روسازی بتنی نیز، نیازمند انرژی است، اما گزارش‌های پراکنده بیانگر این است که میزان انرژی مورد نیاز برای اجرای

روسازی آسفالتی، حداقل ۵/۵ برابر میزان آن برای روسازی بتنی است. همچنین تغییرات قیمت نفت، می‌تواند تأثیرات بیشتری در روسازی آسفالتی داشته باشد، که این موارد عملاً در برآوردهای اقتصادی در نظر گرفته نمی‌شود.

۶-۱-۷-۷- فرآیند محاسبه هزینه‌های طول عمر روسازی

در شکل ۴۰ فرآیند محاسبه هزینه‌های طول عمر روسازی نشان داده شده است. بسته به شرایط مختلف طراحی اعم از شرایط بارگذاری، ترافیکی و محیطی، چندین حالت طراحی وجود دارد که در هر حالت با توجه به نوع مصالح مصرفی و فواصل حمل آن‌ها هزینه ساخت اولیه محاسبه می‌شود و سپس با در نظر گرفتن جمیع هزینه‌های ترمیم و نگهداری روسازی، هزینه‌های استفاده‌کنندگان و هزینه‌های پنهان نمودارهای هزینه- زمان برای هر حالت ترسیم و در نهایت نتایج برای مقایسه فنی- مالی بررسی می‌شود.



شکل ۴۰ فرآیند محاسبه هزینه‌های طول عمر روسازی

۲-۷-۷- تحلیل مالی

در تحلیل مالی، تمام هزینه‌ها و نیز درآمد احتمالی حاصل از طرح و گزینه‌های مختلف آن بر اساس قیمت‌های بازار محاسبه می‌شود. از مجموع هزینه‌های طول عمر (گفته‌شده در ردیف قبل)، هزینه‌های ساخت، نگهداری جاری و نگهداری اساسی در تحلیل مالی در نظر گرفته می‌شود. هزینه‌های استفاده‌کنندگان و هزینه‌های پنهان جزو هزینه‌های غیرمستقیم طرح هستند که در تحلیل‌های اقتصادی (و نه مالی) در نظر گرفته می‌شود. همچنین در تحلیل مالی، باید ارزش اسقاطی یا ارزش باقیمانده که معرف ارزش روسازی در پایان دوره تحلیل مالی است، در نظر گرفته شود.

در فرآیند تحلیل مالی باید نیاز مالی طرح، زمانبندی نیاز مالی، شیوه تأمین مالی و سودآوری مالی (در مواردی که طرح درآمد دارد)، مشخص شود. برای تعیین سودآوری مالی از ضابطه ارزش خالص کنونی مالی استفاده می‌شود. فارغ از مسأله سودآوری مالی که تنها در مورد طرح‌های درآمدزا معتبر است، بطور کلی هر طرحی باید از نظر تأمین نیازهای مالی، سالم و پایدار باشد، چرا که در صورت ناپایداری طرح، فایده اقتصادی طرح تحقق نخواهد یافت.

۸-۷-پیوست شماره ۸: چک‌لیست‌های مطالعات و کنترل و نظارت بر اجرای روسازی‌های بنادر

۸-۷-۱- چک‌لیست مطالعات

چک‌لیست شماره ۱: چک‌لیست مطالعات				
ردیف	معیار	نتیجه بررسی		توضیحات
		بله	خیر	
مطالعات خاک بستر				
۱	آیا تراز آب زیرزمینی کنترل شده است؟			
۲	آیا وجود بستر سنگی در فاصله کمتر از ۳ متری کنترل شده است؟			
۳	آیا عمق، تعداد و فاصله گمانه‌های شناسایی کفایت می‌کند؟			
۴	آیا روش‌های شناسایی خاک مطابق استانداردهای مربوطه و با نظر مهندس مشاور انجام شده است؟			
۵	آیا طبقه‌بندی خاک بررسی شده است؟			
۶	آیا مناسب‌بودن طبقه خاک با توجه به شرایط اقلیمی- جوی و نوع آمدوشد محل اجرای طرح از نظر مهندس مشاور مورد تأیید است؟			
۷	آیا میزان تراکم‌پذیری خاک توسط مهندس مشاور بررسی و در صورت نیاز تمهیدات لازم اندیشیده شده است؟			
۸	آیا میزان رُمبندگی و فروریزندگی خاک توسط مهندس مشاور بررسی و در صورت نیاز تمهیدات لازم اندیشیده شده است؟			
۹	آیا میزان تورم‌پذیری خاک توسط مهندس مشاور بررسی و در صورت نیاز تمهیدات لازم اندیشیده شده است؟			
۱۰	آیا میزان حساسیت خاک به یخبندان توسط مهندس مشاور بررسی و در صورت نیاز تمهیدات لازم اندیشیده شده است؟			
۱۱	آیا میزان روانگرایی خاک توسط مهندس مشاور بررسی و در صورت نیاز تمهیدات لازم اندیشیده شده است؟			
۱۲	آیا میزان سولفات خاک توسط مهندس مشاور بررسی و در صورت نیاز تمهیدات لازم اندیشیده شده است؟			
۱۳	آیا میزان مواد آلی و نمک در خاک توسط مهندس مشاور بررسی و در صورت نیاز تمهیدات لازم اندیشیده شده است؟			
۱۴	آیا پارامتر طراحی بستر مطابق روش گفته‌شده انجام شده و مورد تأیید مهندس مشاور است؟			
۱۵	در صورت نیاز به بهبود بستر روسازی، آیا گزینه تثبیت یا بهبود خاک و شیوه انجام آن توسط مهندس مشاور بررسی و تأیید شده است؟			
متدلوژی طراحی روسازی				

۱۶	آیا حداقل سه روسازی مناسب برای طرح ضخامت انتخاب شده است؟			
۱۷	آیا روسازی‌های منتخب، مطابق ضوابط مربوط به انتخاب نوع روسازی (تطابق با نوع کاربری‌ها) انتخاب شده است؟			
۱۸	آیا طرح ضخامت همه روسازی‌های منتخب انجام شده است؟			
۱۹	آیا روش طراحی روسازی بدرستی انتخاب شده است؟			
۲۰	آیا تحلیل مالی گزینه‌ها بر اساس دوره عمر و دوره تحلیل به درستی انجام شده است؟			
۲۱	آیا گزینه بهینه بر اساس تحلیل مالی همه گزینه‌های طرح‌شده انتخاب شده است؟			
طراحی روسازی محوطه‌های بندری				
۲۲	آیا نوع کانتینربرها و تجهیزات جابجایی و بارگیری کالاها در محوطه بندری مشخص شده است؟			
۲۳	آیا مشخصات هر کدام از کانتینربرها، تجهیزات جابجایی و بارگیری کالا و به طور کلی تمام وسایل‌نقلیه عبوری شامل ابعاد، وزن محورها، فاصله محورها، تعداد چرخ‌ها و سایر اطلاعات مورد نیاز تعیین شده است؟			
۲۴	آیا علاوه بر استفاده از «راهنمای بارگذاری روسازی بنادر- پیوست شماره ۳»، کاتالوگ کارخانه‌های سازنده تجهیزات جابجایی و بارگیری کالا دریافت و بکار گرفته شده است؟			
۲۵	آیا وزن کانتینر بحرانی تعیین شده است؟			
۲۶	آیا میزان بار محور سنگین محاسبه شده است؟			
۲۷	آیا عمق مؤثر تعیین و بر اساس آن و آرایش چرخ‌ها، ضریب نزدیکی چرخ‌ها تعیین شده است؟			
۲۸	آیا با اعمال ضریب نزدیکی چرخ‌ها و نیز بکارگیری ضریب بارهای دینامیکی، سنگین-ترین بار چرخ مؤثر محاسبه شده است؟			
۲۹	آیا عبور معادل با سنگین‌ترین بار مؤثر برای سایر چرخ‌ها، ضریب هم‌ارز، با توجه به ضرایب دینامیکی و نیز معادله خرابی محاسبه شده است؟			
۳۰	آیا با جمع‌کردن ضرایب هم‌ارز هر کدام از چرخ‌ها، یکبار عبور وسیله‌نقلیه بر حسب عبور بار چرخ مؤثر تعیین شده است؟			
۳۱	آیا تعداد تردد احتمالی هر یک از وسایل‌نقلیه عبوری از روسازی در طول عمر روسازی تعیین شده است؟			
۳۲	آیا تعداد عبور بار چرخ مؤثر با داشتن ضرایب هم‌ارز چرخ‌ها و نیز تعداد عبور احتمالی وسیله‌نقلیه محاسبه شده است؟			
۳۳	آیا ضخامت اساس بتنی C8 با استفاده از داده‌های بارگذاری و ترافیکی و بکارگیری گراف مربوطه تعیین شده است؟			
۳۴	آیا ضخامت لایه منتخب و زیراساس دانه‌ای با توجه به پارامتر CBR بستر تعیین شده است؟			
۳۵	آیا ساختار روسازی مبنا تعیین شده است؟			

۳۶	آیا ساختار روسازی‌های منتخب با استفاده از ساختار روسازی مبنا و ضرایب هم‌ارز مصالح تعیین شده است؟			
طراحی روسازی معابر بندری				
۳۷	در صورتی که روسازی از نوع آسفالتی است، آیا طراحی بر اساس آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران- نشریه ۲۳۴ انجام شده است؟			
۳۸	در صورتی که روسازی از نوع آسفالتی است، آیا با استفاده از تردد احتمالی کامیون‌ها و استفاده از ضرایب هم‌ارز نشریه ۲۳۴، مقدار ESAL بدست آمده است؟			
۳۹	در صورتی که روسازی از نوع آسفالتی است، آیا سطح قابلیت اطمینان ۹۰ درصد در نظر گرفته شده است؟			
۴۰	در صورتی که روسازی از نوع آسفالتی است، آیا طول دوره بهره‌برداری بین ۱۳ تا ۱۵ سال در نظر گرفته شده است؟			
۴۱	در صورتی که روسازی از نوع بتنی است، آیا طراحی بر اساس دستورالعمل طراحی، اجرا و نگهداری روسازی بتنی راه‌ها- ضابطه شماره ۷۳۱ انجام شده است؟			
۴۲	در صورتی که روسازی از نوع بتنی است، آیا با استفاده از تردد احتمالی کامیون‌ها و استفاده از ضرایب هم‌ارز نشریه ۷۳۱، مقدار ESAL بدست آمده است؟			
۴۳	در صورتی که روسازی از نوع بتنی است، آیا سطح قابلیت اطمینان ۹۵ درصد در نظر گرفته شده است؟			
۴۴	در صورتی که روسازی از نوع بتنی است، آیا طول دوره بهره‌برداری برابر ۲۵ سال در نظر گرفته شده است؟			
۴۵	آیا تحلیل مالی دوره ۴۰ ساله و با روش ارزش فعلی دارایی (NPV) انجام شده است؟			
طراحی روسازی با فنداسیون ویژه				
۴۶	آیا تعداد عبور احتمالی چرخ گانتری‌کرین بر اساس روش ارائه‌شده محاسبه شده است؟			
۴۷	آیا مسیر عبور چرخ گانتری‌کرین بصورت سازه بتن مسلح و بر اساس تعداد عبور و بزرگی بار چرخ گانتری‌کرین توسط مهندس سازه طراحی شده است؟			
۴۸	آیا طراحی پی نواری (طرح ضخامت و جزئیات آرماتورگذاری) متناسب با تعداد انباشت کانتینرها و پیوست شماره ۳ توسط مهندس سازه انجام شده است؟			
۴۹	آیا جزئیات اجرایی روسازی بین پی‌های نواری، برای لحاظ کردن در طراحی پی نواری، در اختیار مهندس سازه قرار گرفته است؟			
۵۰	آیا تعداد عبور احتمالی تجهیزات کانتینربر بر اساس روش ارائه‌شده محاسبه شده است؟			
۵۱	آیا مسیر عبور تجهیزات کانتینربر بر اساس روش طراحی روسازی محوطه‌های بنادر طراحی شده است؟			

۲-۸-۷- اجرای روسازی آسفالتی

چک‌لیست شماره۲: کنترل مشخصات کارخانه آسفالت	صفحه ۱ از ۲
تاریخ: تواتر اعلام گزارش: حداقل یک هفته قبل از شروع عملیات آسفالتی و در حین کار بصورت روزانه	
مشخصات کارخانه آسفالت:	
مدل: ظرفیت: سال تولید:	
تعداد سیلوهای سرد ... تا تعداد سیلوهای گرم ... تا	
شامل: سیلوهای شماره ۱□، ۲□، ۳□، ۴□ و ۵□ شامل: سیلوهای شماره ۱□، ۲□، ۳□، ۴□ و ۵□	
آدرس کارخانه آسفالت:	

ردیف	موارد بازرسی	نتیجه		توضیحات
		بله	خیر	
۱	آیا کارخانه آسفالت دارای گواهینامه فنی با عنوان تأییدیه فرآیند تولید آسفالت است؟			
۲	آیا دپوی سنگدانه‌ها مناسب است از نظر:			
	دانه‌بندی			
	یکنواختی			
	جداشدگی دانه‌ها			
	آلودگی			
	فضای خالی بین دپوهای مختلف			
	دسترسی به مصالح سنگی مطابق فرمول کارگاهی			
۳	آیا وضعیت سیلوهای سرد مناسب است از نظر اینکه:			
	آیا برای هر اندازه سنگدانه، یک سیلوی مجزا استفاده شده است؟			
	آیا پرشدن سیلوها بنحوی است که مصالح با هم در نیامیزد؟			
	آیا همه دریچه‌های سیلوها قابل بهره‌برداری است؟			
	آیا سیستم تقسیم‌بندی مصالح هماهنگ است؟			
	آیا سیستم لرزش سیلوها در مواقع مورد نیاز، قابل استفاده است؟			
	آیا تغذیه‌کننده‌های سیلو قابل بهره‌برداری و مجهز به هشداردهنده «اتمام مصالح» است؟			
	آیا تغذیه‌کننده‌ها مطابق با فرمول کارگاهی و دستورالعمل لازم کالیبره شده‌اند؟			
۴	آیا وضعیت واحد خشک‌کننده مناسب است از نظر اینکه:			
	قاشقک‌ها و بدنه سالم است؟			
	آیا سنجش دما در قیف خروجی مصالح بدرستی انجام می‌شود؟			
	آیا مشعل توربو جت و اتوماتیک بدرستی کار می‌کند؟			

	چک‌لیست شماره ۲: کنترل مشخصات کارخانه آسفالت			صفحه ۲ از ۲
۵	آیا وضعیت سیلوهای داغ و الک‌های دانه‌بندی مناسب است از نظر اینکه:			
	آیا وضعیت الک‌ها قابل پذیرش است؟			
	آیا سیستم دانه‌بندی قادر به جداکردن سنگدانه‌های بزرگتر از اندازه‌های مطلوب است؟			
	آیا تجهیزات نمونه‌برداری از سیلوی داغ بدرستی کار می‌کند؟			
	آیا دریچه‌ها بخوبی بسته می‌شود؟			
	آیا بدنه سیلوهای داغ فاقد هرگونه سوراخی است؟			
	در صورت استفاده از فیلر اضافی، آیا از یک سیلوی مجزا برای آن استفاده شده است؟			
۶	در مورد محفظه توزین‌کننده:			
	آیا توزین خودکار سنگدانه‌ها در اندازه‌های مختلف بدرستی انجام می‌شود؟			
	آیا دریچه‌های محفظه بخوبی بسته می‌شود تا مصالح به داخل مخلوط کن نریزد؟			
۷	در مورد محفظه اختلاط:			
	آیا محفظه فاقد هرگونه نشتی است؟			
	آیا وضعیت ظاهری و فاصله تیغه‌های مخلوط‌کن تا بدنه برای اختلاط و پوشش کامل سنگدانه‌ها مناسب است؟			
	آیا زمان اختلاط تنظیم و قفل شده است؟			
	آیا مخلوط خارج‌شده از محفظه از نظر ظاهری و دمایی یکنواخت است؟			
۸	آیا بارگیری مخلوط آسفالتی در کامیون مناسب است از نظر اینکه:			
	آیا بدنه کامیون (محل بارگیری) تمیز و صاف است؟			
	آیا بدنه کامیون (محل بارگیری) شسته و خشک شده است؟			
	آیا بارگیری بصورت صحیح (سه تخلیه در نقاط مختلف کف اتاق کامیون) انجام می‌شود؟			

توضیحات:

تهیه‌کننده:

تأییدکننده:

چک‌لیست شماره ۳: کنترل حمل و توزین مخلوط آسفالتی

تاریخ: تواتر اعلام گزارش: روزانه و برای همه کامیون‌ها

موقعیت و محل اجرا: کیلومتر (+) تا (+) لاین (ها): . . . . . .

ردیف	موارد بازرسی	نتیجه		توضیحات
		بله	خیر	
۱	آیا تعداد و ظرفیت کامیون‌ها برای اجرای پیوسته عملیات اجرا مناسب است؟			
۲	آیا فاصله زمانی و مکانی حمل مخلوط آسفالتی در محدوده مجاز است؟			
۳	آیا سطوح داخلی کامیون حمل مخلوط آسفالتی تمیز و خشک است؟			
۴	آیا سطوح داخلی کامیون حمل فاقد گازوئیل و مواد روغنی است؟			
۵	آیا کامیون تجهیزات لازم را برای جلوگیری از افت دمای مخلوط آسفالتی دارد؟			
۶	آیا از پوشش با ابعاد مناسب برای جلوگیری از نفوذ رطوبت یا از دست‌دادن سریع دمای مخلوط آسفالتی استفاده می‌شود؟			
۷	اگر نیاز به ایزولاسیون بدنه کامیون است، اینکار بخوبی انجام شده است؟			
۸	آیا سوراخ‌های کنترل دمای مخلوط در بدنه کامیون تعبیه شده است؟ (در هر سمت کامیون یک سوراخ حداقل به قطر ۱ سانتیمتر و ۱۵ سانتیمتر بالاتر از کف اتاق)			

توضیحات:

تهیه‌کننده:

تأییدکننده:

چک‌لیست شماره ۴: کنترل فینیشر

تاریخ: تواتر اعلام گزارش: روزانه به ازای هر فینیشر

موقعیت و محل اجرا: کیلومتر (+) تا (+) لاین (ها): . . . . . .

نام راننده: نوع فینیشر: سال ساخت فینیشر: عرض دهانه پخش:

ردیف	موارد بازرسی	نتیجه		توضیحات
		بله	خیر	
۱	آیا اپراتور فینیشر تسلط و مهارت کافی را برای عملیات اجرای آسفالتی دارد؟ (گواهینامه مهارت اپراتور پیوست شود)			
۲	آیا برنامه تعمیر و نگهداری فینیشر به درستی انجام می‌شود؟			
۳	آیا فینیشر دارای گواهینامه کالیبراسیون است؟ (گواهی مربوطه پیوست شود)			
۴	آیا نوع و مشخصات فینیشر با حجم عملیات اجرا متناسب است؟			
۵	آیا مخزن، نوارنقاله، پره‌های پخش‌کننده و صفحه اتو کاملاً تمیز است؟			
۶	آیا وضعیت لاستیک‌ها و زنجیرها کنترل شده است؟ (وضعیت بریدگی، خرابی و اختلاف فشار لاستیک‌های دو چرخ، وضعیت ترازبودن زنجیرها، میزان کشش، خرابی و شل‌شدن کفشک‌ها)			
۷	آیا اتوی فینیشر فاقد تاب‌خوردگی و فرسودگی است؟			
۸	آیا گرم‌کن اتو برای انجام پیش‌گرمایش بدرستی کار می‌کند؟			
۹	آیا عملکرد سنسورهای فینیشر مناسب است؟			
۱۰	آیا افزونه‌های صفحه اتو و پره‌های پخش‌کننده بدرستی کار می‌کند؟			
۱۱	آیا سیستم کنترل شیب بدرستی کار می‌کند؟			
۱۲	آیا کوبنده اتوی فینیشر سالم است؟			

توضیحات:

تهیه‌کننده:

تأییدکننده:

چک‌لیست شماره ۵: کنترل عملیات پخش

تاریخ: تواتر اعلام گزارش: روزانه به ازای پخش هر خط عبور

موقعیت و محل اجرا: کیلومتر (+) تا (+) لاین (ها): . . . . . .

ردیف	موارد بازرسی	نتیجه		توضیحات
		بله	خیر	
۱	آیا دمای هوا برای پخش مخلوط آسفالتی مناسب است؟			
۲	آیا دمای سطح آماده‌شده برای پخش مخلوط آسفالتی مناسب است؟			
۳	آیا مقدار مصالح جلوی اتوی فینیشر در ارتفاع ثابت است؟			
۴	آیا کوبنده فینیشر بدرستی کار می‌کند؟			
۵	مصالح در زیر اتوی فینیشر کشیده نمی‌شود؟ سطح اتوشده کاملاً صاف است؟			
۶	آیا مخلوط آسفالتی دارای بافت یکنواختی است؟			
۷	آیا دمای مخلوط آسفالتی در کل مخلوط یکنواخت و در محدوده تعیین‌شده است؟			
۸	آیا ارتفاع مخلوط پخش‌شده و سرعت پخش منطبق بر مشخصات فنی است؟			

توضیحات:

تهیه‌کننده:

تأییدکننده:

چک‌لیست شماره ۶: کنترل عملیات تراکم

تاریخ: تواتر اعلام گزارش: روزانه به ازای تراکم هر خط عبور

موقعیت و محل اجرا: کیلومتر (+) تا (+) لاین (ها): . . . . . .

ردیف	موارد بازرسی	نتیجه		توضیحات
		بله	خیر	
۱	آیا شکل ظاهری غلتک‌ها مناسب است؟			
۲	آیا فشار باد غلتک‌های لاستیکی مناسب است؟			
۳	آیا سیستم‌های ترمز و خودران غلتک‌ها بدرستی کار می‌کند؟			
۴	آیا اندازه و تعداد غلتک‌ها مناسب است؟			
۵	آیا وزن غلتک‌ها متناسب با نوع اجرا است؟			
۶	آیا از ماده تمیزکننده مناسب برای غلتک استفاده می‌شود؟ (از گازوئیل و مواد روغنی هرگز استفاده نشود)			
۷	آیا الگوی غلتک‌زنی مناسب است؟			
۸	آیا سرعت غلتک‌زنی در محدوده مجاز است؟			
۹	آیا دمای هوا برای تراکم مناسب است؟			
۱۰	آیا دمای مخلوط آسفالتی برای تراکم مناسب است؟			
۱۱	آیا سطح روسازی در هر مرحله غلتک‌زنی فاقد ترک‌های عرضی است؟			
۱۲	آیا سطح تمام‌شده فاقد هرگونه ناهمواری، ترک، شیار و خراشیدگی است؟			
۱۳	آیا ضخامت لایه برای تراکم مناسب است؟			
۱۴	آیا شیوه اجرای اتصالات طولی و عرضی درست است؟			

توضیحات:

تهیه‌کننده:

تأییدکننده:

۳-۸-۷- اجرای روسازی بتنی

چک‌لیست شماره ۷: کنترل کیفیت مصالح مصرفی در روسازی بتنی				
ردیف	معیار	نتیجه بررسی		توضیحات
		بله	خیر	
سیمان				
۱	آیا تواتر نمونه‌برداری از سیمان پرتلند به نحو صحیح انجام شده است؟			
۲	آیا ضوابط بسته‌بندی، حمل‌ونقل، انبارکردن و مصرف سیمان‌های کیسه‌ای رعایت شده است؟			
۳	آیا ضوابط انبارکردن و مصرف سیمان‌های فله رعایت شده است؟			
۴	مشخصات انواع سیمان پرتلند، مشخصات پوزولان مورد استفاده در سیمان‌های پوزولانی، ویژگی‌های سیمان پوزولانی و مشخصات سیمان سرباره‌ای به ترتیب در استانداردهای ملی به شماره‌های ۳۸۹، ۳۴۳۳، ۳۴۳۲ و ۳۵۱۷ ارائه شده است. آیا مشخصات سیمان مصرفی کنترل شده است؟			
۵	آیا در انتخاب نوع سیمان مصرفی به میزان یون کلرید و سولفات در محیط بنادر توجه شده است؟			
۶	آیا در تولید بتن، حداقل و حداکثر مجاز سیمانی مصرفی (۳۵۰ تا ۴۲۵ کیلوگرم در مترمکعب) لحاظ شده است؟			
سنگدانه				
۷	آیا دانه‌بندی مصالح ریزدانه مطابق جدول مربوطه است؟			
۸	آیا مقدار سنگدانه ریز مانده بین دو الک متوالی کمتر از ۴۵ درصد است؟			
۹	آیا ضریب نرمی سنگدانه ریزدانه برای دانه‌بندی گروه ۱ از جدول مربوطه بزرگتر یا مساوی ۲/۳ و کوچکتر یا مساوی از ۳/۱ و برای دانه‌بندی گروه ۲ از جدول مربوطه بزرگتر یا مساوری ۲/۳ و کوچکتر یا مساوی ۳/۸ است؟			
۱۰	آیا ضریب نرمی سنگدانه ریز که از معدن مشخصی تهیه می‌شود در فرآیند عملیات اجرایی کمتر یا مساوی ۰/۲ درصد تغییر می‌کند؟			
۱۱	آیا حداکثر مقادیر مجاز مواد زیان‌آور در سنگدانه ریز بتن مطابق مقادیر اعلام‌شده در نشریه ۷۳۱ است؟			
۱۲	آیا افت وزنی سنگدانه ریز با روش AASHTO T104، ASTM C88 و یا استاندارد ملی به شماره ۴۴۹، پس از پنج نوبت آزمایش با سولفات سدیم کمتر یا مساوی ۱۰ درصد است؟			
۱۳	آیا افت وزنی سنگدانه ریز با روش AASHTO T104، ASTM C88 و یا استاندارد ملی به شماره ۴۴۹، پس از پنج نوبت آزمایش با سولفات منیزیم کمتر یا مساوی ۱۵ درصد است؟			
۱۴	در صورتی که سنگدانه ریز، الزامات افت وزنی گفته‌شده (سولفات سدیم یا منیزم) را نداشته باشد، آیا نتیجه آزمایش یخزدن و ذوب مطابق استانداردهای AASHTO T161، ASTM C666 و یا استاندارد ملی به شماره ۱۹۲۲۷، رضایت‌بخش است؟			
۱۵	آیا دانه‌بندی سنگدانه درشت مطابق یکی از دانه‌بندی‌های مندرج در جدول مربوطه است؟			
۱۶	آیا بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه‌های درشت از هر یک از مقادیر زیر کوچکتر است؟ ۱) یک‌سوم ضخامت دال، ۲) سه‌چهارم حداقل فاصله آزاد بین میلگردها، ۳) سه‌چهارم پوشش بتن روی میلگردها، ۴) ۳۷/۵ میلیمتر در روسازی‌های بتن مسلح، ۵) ۶۳ میلیمتر در روسازی‌های بتنی ساده درزدار			

۱۷	آیا حداکثر درصد سایش سنگدانه درشت به روش لس‌آنجلس با استانداردهای AASHTO T96، ASTM C131 و یا استاندارد ملی به شماره ۴۴۸ کمتر یا مساوی ۵۰ درصد است؟				
۱۸	آیا افت وزنی سنگدانه درشت با روش AASHTO T104، ASTM C88 و یا استاندارد ملی به شماره ۴۴۹، پس از پنج نوبت آزمایش با محلول سولفات سدیم کمتر یا مساوی ۱۲ درصد است؟				
۱۹	آیا افت وزنی سنگدانه درشت با روش AASHTO T104، ASTM C88 و یا استاندارد ملی به شماره ۴۴۹، پس از پنج نوبت آزمایش با محلول سولفات سدیم کمتر یا مساوی ۱۸ درصد است؟				
۲۰	آیا حداکثر مقادیر مجاز مواد زیان‌آور در سنگدانه درشت بتن مطابق مقادیر اعلام‌شده در نشریه ۷۳۱ است؟				
۲۱	آیا حداکثر میزان مجاز سنگدانه‌های پهن و دراز مطابق استاندارد ASTM D4791 یا استاندارد ملی به شماره ۱۱۲۶۹ و در حالت نسبت ۳ به ۱، کمتر یا مساوی ۱۵ درصد وزنی است؟				
۲۲	کنترل ضوابط بارگیری، حمل-ونقل، انبارکردن و مصرف سنگدانه	آیا شرایط به گونه‌ای است که مواد خارجی و زیان‌آور در سنگدانه‌ها نفوذ نکند؟			
۲۳		آیا شرایط به گونه‌ای است که دانه‌های ریز و درشت در یک دپو از یکدیگر جدا نشوند؟			
۲۴		آیا سنگدانه‌ها بر روی سطح زمین سخت و خشک انبار می‌شوند؟			
۲۵		آیا شرایط به گونه‌ای است که سنگدانه‌ها شکسته نشوند؟			
۲۶		آیا محل نگهداری سنگدانه دور از پوشش گیاهی و مواد آلوده‌کننده است؟			
۲۷		آیا درشت‌دانه با حداکثر اندازه اسمی بیش از ۳۸ میلیمتر، در دو گروه کمتر و بیشتر از ۲۵ میلیمتر و درشت‌دانه‌های با حداکثر اندازه اسمی ۳۸ میلیمتر یا کمتر در دو گروه کمتر و بیشتر از ۱۹ میلیمتر نگهداری می‌شوند؟			
۲۸		آیا دیوارهای تقسیم دپوی سنگدانه‌ها به گونه‌ای مقاوم و پایدار است که در صورت خالی‌شدن یک قسمت و پربودن قسمت مجاور، دیواره بر اثر رانش سنگدانه‌ها خراب یا جابجا نشود؟			
۲۹		آیا در هنگام بارش و یا یخبندان، سنگدانه‌های واقع در فضای آزاد با برزنت یا ورقه‌های پلاستیکی مناسب پوشانیده می‌شود؟			
۳۰		آیا در هنگام گرمای شدید، روی سنگدانه‌های واقع در فضای آزاد، سایبان درست می‌شود؟			
۳۱		آیا شیب مخروطی‌های دپوی سنگدانه‌ها زیاد نیست؟			
۳۲		آیا سنگدانه‌ها تا حد امکان به صورت لایه‌هایی با ضخامت یکسان بر روی یکدیگر ریخته و انبار می‌شوند؟			
۳۳		آیا سنگدانه‌ها با لودر یا وسایل مناسب دیگر به گونه‌ای برداشته می-شوند که هر بار قسمت‌هایی از همه لایه‌های افقی برداشته شوند؟			
۳۴		آیا محل دپوی سنگدانه چنان آماده شده است که همواره تخلیه آب مازاد امکان‌پذیر باشد؟			
۳۵		آیا سنگدانه در کارگاه حداقل دوازده ساعت در محل باقی مانده و سپس به مصرف می‌رسد؟			

۳۶		آیا سیلوی ذخیره سنگدانه حتی‌المقدور به شکل مربع یا دایره و شیب مخروط یا هرم تحتانی آن کمتر از ۵۰ درجه است؟			
۳۷		آیا ریختن سنگدانه به داخل سیلو به صورت قائم انجام می‌شود؟			
۳۸		آیا به منظور خالی‌کردن سنگدانه‌ها از بلندی به داخل سیلو، از نردبان ویژه مصالح سنگی استفاده می‌شود؟			
۳۹		آیا در هنگام بارش برف و یخبندان، سنگدانه‌ها به گونه‌ای انبار می‌شوند که امکان یخزدگی و نیز جمع‌شدن برف و یخ بین دانه‌ها وجود نداشته باشد؟			
۴۰		آیا هنگام تحویل هر محموله از سنگدانه‌های وارده به کارگاه، مشخصات مذکور در اسناد تحویل سنگدانه‌ها با مشخصات سفارش داده شده و نیز سنگدانه‌های وارده مقایسه و انطباق آن کنترل می‌شود؟			
آب مصرفی					
۴۱		آیا آب مصرفی صاف و عاری از مقادیر زیاد از مواد روغنی، اسیدی، قلیایی، املاح و دیگر مواد مضر است؟			
۴۲		آیا کنترل شده است که آب مصرفی شور نباشد؟			
۴۳		اگر شواهد قبلی مبنی بر عدم کیفیت مناسب آب وجود دارد، آیا کیفیت آب کنترل شده است؟			
۴۴		آیا این موضوع لحاظ شده است که استفاده از آب نمک‌دار بویژه آب دریا برای شستشوی سنگدانه‌ها، تهیه بتن و عمل‌آوری مناسب نیست؟			
مواد افزودنی					
۴۵		آیا میزان استفاده از مواد افزودنی مطابق ضوابط فنی است؟			
۴۶		آیا مشخصات مواد افزودنی مطابق ضوابط فنی است؟			
میلگرد					
۴۷		آیا میلگردها بر حسب نوع و قطر آن‌ها تفکیک و در کارگاه انبار می‌شوند؟			
۴۸		در صورت وجود میلگردهای هم‌قطر، اما با مقاومت و مشخصات متفاوت آیا هر کدام جداگانه انبار می‌شوند؟			
۴۹		آیا میلگردها با خاک و یا سایر مصالح در تماس نیستند؟			
۵۰		آیا میلگردها فاقد خوردگی شدید یا خوردگی حفره‌ای هستند؟			
۵۱		با توجه به اینکه در مناطق گرم و مرطوب (نظیر بنادر جنوبی کشور)، تمیز بودن آرماتورها و عاری‌بودن آن‌ها از هر گونه مواد مضر و زیان‌آور ضروری است، از اینرو آیا کنترلش شده است که فولاد قبل از مصرف و در هنگام نگهداری در معرض عوامل مهاجم و خورنده واقع نشود؟			

چک‌لیست شماره ۸: کنترل اجرای روسازی بتنی				
ردیف	معیار	نتیجه بررسی		توضیحات
		بله	خیر	
آماده‌سازی لایه‌های زیرین				
۱	آیا سطح آماده‌شده بستر روسازی راه با شیب‌های طولی و عرضی نقشه‌های اجرایی مطابقت دارد؟			
۲	آیا اختلاف رقوم بستر روسازی با رقوم نظیر در نقشه‌های اجرایی کمتر از ۱۵ میلیمتر است؟			
۳	اگر آسیبی به لایه‌های زیر وارد شده است، یا به ترافیک اجازه عبور از شیب‌بندی آماده‌شده داده شده است، آیا قبل از بتن‌ریزی کنترل مضاعف انجام شده است؟			
۴	آیا سطح لایه زیر در هنگام بتن‌ریزی بطور کامل در برابر یخبندان محافظت شده و عاری از یخ است؟			
ساخت بتن				
۵	آیا توزین و اختلاط بتن باید با ضوابط AASHTO M157، ASTM C94 و استاندارد ملی شماره ۶۰۴۴ انطباق دارد؟			
۶	آیا توزین و اندازه‌گیری مصالح بتن باید به روش وزنی انجام می‌شود؟			
۷	آیا سنگدانه ریز و هر دسته از سنگدانه درشت، جداگانه وزن و به مقدار معین در طرح اختلاط، وارد قیف‌ها می‌شوند؟			
۸	آیا توزین سیمان توسط قپان و قیف‌های جداگانه و مخصوص آن انجام می‌شود؟			
۹	آیا برای توزیع یکنواخت افزودنی‌های شیمیایی در حجم بتن از دستورالعمل کارخانه سازنده استفاده می‌شود؟			
۱۰	آیا روداری اندازه‌گیری آب در حد یک درصد است؟			
۱۱	آیا رواداری توزین سیمان کمتر از یک درصد است؟			
۱۲	آیا رواداری توزین سنگدانه‌ها کمتر از دو درصد است؟			
۱۳	آیا مخلوط‌کن مرکزی یا کامیون‌های مخلوط‌کن (هر کدام استفاده می‌شود) با ضوابط ASTM C 94 مطابقت دارد؟			
۱۴	آیا ضوابط مربوط به حداقل ظرفیت تولید بتن رعایت شده است؟			
۱۵	آیا مخلوط‌کن قبل از پر کردن مجدد، بطور کامل تخلیه شده است؟			
۱۶	آیا کنترل شده است که مخلوط‌کن بیش از ظرفیت اسمی تعیین‌شده توسط کارخانه سازنده بارگیری نشود؟			
۱۷	آیا میزان سایش پره‌های مخلوط‌کن بازدید شده است؟			
۱۸	آیا ترتیب ریختن مصالح سنگی، سیمان و آب به مخلوط‌کن مطابق ضوابط فنی است؟			
۱۹	آیا مدت زمان اختلاط مطابق ضوابط فنی است؟			
حمل بتن				
۲۰	در صورتی‌که بتن با کامیون غیرهمزن منتقل می‌شود، آیا در کمتر از ۴۵ دقیقه تخلیه می‌شود؟			
۲۱	در صورتی‌که بتن با کامیون مخلوط‌کن منتقل می‌شود، آیا در کمتر از ۹۰ دقیقه تخلیه می‌شود؟			
۲۲	در صورتی‌که بتن با کامیون مخلوط‌کن منتقل می‌شود، آیا تعداد دوران و سرعت دوران مطابق ضوابط فنی است؟			

۲۳	در صورت استفاده از ناوه برای بتن‌ریزی، آیا مقطع آن فاقد گوشه‌های تیز (دایره‌ای و نیم-دایره‌ای) است؟			
۲۴	در صورت استفاده از ناوه برای بتن‌ریزی، آیا قطر ناوه حداقل ۸ برابر حداکثر اندازه سنگدانه است؟			
۲۵	در صورت استفاده از ناوه برای بتن‌ریزی، آیا شیب ناوه از ۳ به ۲ بیشتر و از ۲ به ۳ کمتر است؟			
نصب میلگرد				
۲۶	آیا نوع، قطر و فاصله آرماتورهای انتقال بار (داول) مطابق نقشه اجرایی است؟			
۲۷	آیا آرماتورهای انتقال بار در عمق مناسب دال بتنی قرار گرفته‌اند؟			
۲۸	آیا برای جلوگیری از چسبیدن بتن به میلگردهای انتقال بار، سرتاسر این میلگردها به ماده روغنی آغشته شده است؟			
۲۹	آیا حداقل فاصله ۴۰ سانتیمتری از درز عرضی برای آرماتورهای دوخت رعایت شده است؟			
۳۰	آیا کنترل شده است که در بتن مسلح پیوسته، میلگردهای طولی و عرضی بهم جوش نشده باشند؟			
۳۱	آیا حداکثر رواداری میلگردهای طولی از موقعیت از قبل مشخص‌شده در جهت عمودی ±۱۳ میلیمتر است؟			
۳۲	آیا حداکثر رواداری میلگردهای طولی از موقعیت از قبل مشخص‌شده در جهت افقی ±۲۵ میلیمتر است؟			
آماده‌سازی قالب و نصب آن				
۳۳	آیا قالب‌های استفاده‌شده فاقد خم و تاب هستند؟			
۳۴	آیا قالب‌های استفاده‌شده کاملاً تمیز هستند؟			
۳۵	آیا مهارهای قالب‌های ثابت مطابق ضوابط فنی انجام شده است؟			
۳۶	آیا حداکثر انحراف وجوه قالب قالب در راستای قائم و افقی در محدوده رواداری است؟			
بتن‌ریزی، پخش، تسطیح و پرداخت بتن				
۳۷	قبل از بتن‌ریزی، آیا وضعیت خوردگی و زنگ‌زدگی میلگردها در حدود ضوابط فنی است؟			
۳۸	آیا فاصله قائم آزاد بتن‌ریزی کمتر از یک متر است؟			
۳۹	در صورت بتن‌ریزی در آب‌وهوای سرد، آیا ضوابط فنی مربوطه رعایت شده است؟			
۴۰	در صورت بتن‌ریزی در آب‌وهوای گرم، آیا ضوابط فنی مربوطه رعایت شده است؟			
۴۱	آیا تراکم بتن، با ویبراتور و مطابق ضوابط فنی انجام می‌شود؟			
۴۲	آیا پرداخت بتن روسازی به روش مکانیزه انجام می‌شود؟			
۴۳	در صورتی‌که بدلایل موجه و مطابق ضوابط فنی، پرداخت بصورت دستی انجام می‌شود، آیا نحوه انجام آن مطابق ضوابط فنی است؟			
۴۴	در صورت مشاهده آب‌آوری بتن، آیا اقدامات مجاز مطابق ضوابط فنی انجام شده است؟			
ایجاد بافت سطحی و عمل‌آوری بتن تا اجرای درز				
۴۵	آیا ایجاد بافت سطحی بتن مطابق ضوابط فنی انجام می‌شود؟			
۴۶	آیا عمل‌آوری بتن مطابق ضوابط فنی انجام می‌شود؟			
۴۷	آیا قالب‌ها حداقل به مدت ۱۲ ساعت، بتن را در خود نگه داشته‌اند؟			
۴۸	آیا اجرای درزها مطابق ضوابط فنی انجام می‌شود؟			

۴۹	در صورت ایجاد درز با برش، آیا عملیات برش اولیه ۴ تا ۲۴ ساعت پس از پخش بتن و قبل از بروز ترک‌های انقباضی غیرقابل کنترل انجام می‌شود؟			
۵۰	در صورت ایجاد درز با برش، آیا عملیات برش ثانویه حداقل ۷۲ ساعت بعد از عملیات پخش بتن انجام می‌شود؟			
۵۱	آیا درزها توسط مواد درزگیر مناسب و مطابق ضوابط فنی درزگیری می‌شود؟			
کنترل تردد وسایل‌نقلیه				
۵۲	آیا تردد وسایل‌نقلیه در حین اجرا مطابق ضوابط فنی کنترل می‌شود؟			
۵۳	آیا از تردد وسایل‌نقلیه از روسازی بتنی پیش از ۱۴ روز یا قبل از رسیدن به حداقل ۷۰ درصد مقاومت مشخصه بتن جلوگیری می‌شود؟			

۴-۸-۷- اجرای روسازی بلوکی بتنی

چک‌لیست شماره ۹: کنترل کیفیت مصالح مصرفی در روسازی بلوکی بتنی				
ردیف	معیار	نتیجه بررسی		توضیحات
		بله	خیر	
سیمان				
۱	آیا تواتر نمونه‌برداری از سیمان پرتلند به نحو صحیح انجام شده است؟			
۲	آیا ضوابط بسته‌بندی، حمل‌ونقل، انبارکردن و مصرف سیمان‌های کیسه‌ای رعایت شده است؟			
۳	آیا ضوابط انبارکردن و مصرف سیمان‌های فله رعایت شده است؟			
مصالح سنگی				
۴	آیا سنگدانه‌های مصرفی در لایه اساس سیمانی دارای حداقل CBR آزمایشگاهی ۱۵ درصد است؟			
۵	آیا سنگدانه‌های مصرفی در لایه اساس سیمانی دارای حداکثر ضریب پلاستیسیته (PI) برابر ۱۰ است؟			
۶	آیا دانه‌بندی سنگدانه‌های مصرفی در لایه اساس سیمانی مطابق جدول مربوطه است؟			
۷	آیا ماسه درزگیر، تمیز و بدون مواد ریزدانه است؟			
۸	آیا دانه‌بندی ماسه درزگیر مطابق جدول مربوطه است؟			
۹	آیا ماسه بستر دارای دانه‌های تیزگوشه، شسته‌شده و بدون مواد خارجی است؟			
۱۰	آیا کنترل شده است که ماسه بستر از نوع ماسه اشباع یا یخ‌زده نباشد؟			
۱۱	آیا دانه‌بندی ماسه بستر مطابق جدول مربوطه است؟			
۱۲	آیا حداکثر درصد عبوری از الک ۶۳ میکرون مطابق ضوابط فنی است؟			
آب مصرفی				
۱۳	آیا آب مصرفی صاف و عاری از مقادیر زیاد از مواد روغنی، اسیدی، قلیایی، املاح و دیگر مواد مضر است؟			
۱۴	آیا کنترل شده است که آب مصرفی شور نباشد؟			
۱۵	اگر شواهد قبلی مبنی بر عدم کیفیت مناسب آب وجود دارد، آیا کیفیت آب کنترل شده است؟			
بلوک‌های بتنی				
۱۶	آیا شکل و ابعاد بلوک‌ها مطابق ضوابط فنی است؟			
۱۷	آیا سطح بلوک‌ها عاری از هر گونه خرابی نظیر ترک خوردگی و پولکی‌شدن است؟			
۱۸	آیا بلوک‌ها از نظر مقاومت فشاری، مطابق ضوابط فنی است؟			

چک‌لیست شماره ۱۰: کنترل اجرای روسازی بلوکی بتنی				
ردیف	معیار	نتیجه بررسی		توضیحات
		بله	خیر	
آماده‌سازی لایه‌های زیرین				
۱	آیا خاک بستر عاری از وجود مواد آلی و سنگ‌های بزرگ است؟			
۲	آیا بستر فاقد خاک نرم و سست است؟			
۳	آیا بستر یا زمین طبیعی با رواداری در محدوده‌های ۲۰+ تا ۳۰- میلیمتر به سطح متراکم از پیش‌تعیین شده رسیده است؟			
۴	اگر اجرای بستر تقویت‌شده یا لایه پوششی مورد نیاز است، آیا نوع مصالح و تراکم آن مطابق ضوابط فنی است؟			
۵	آیا ژئوتکستایل (در صورت استفاده)، در کل سطح و بویژه در محل‌های حفاری، فاقد چین-خوردگی است؟			
۶	در صورت استفاده از ژئوتکستایل و قبل از قرارگیری سنگدانه‌ها روی آن، ژئوتکستایل در برابر عبور وسایل‌نقلیه محافظت می‌شود؟			
۷	آیا رواداری اجرای لایه زیراساس در محدوده‌های مجاز (۲۰+ تا ۱۵- میلیمتر) است؟			
۸	آیا تراکم لایه زیراساس مطابق ضوابط فنی است؟			
۹	آیا رواداری اجرای لایه اساس در محدوده‌های مجاز (۰+ تا ۱۲- میلیمتر) است؟			
۱۰	آیا تراکم لایه اساس مطابق ضوابط فنی است؟			
اجرای قیود کناری و پخش ماسه بستر				
۱۱	آیا اجرای قیود کناری مطابق جزئیات اجرایی تأییدشده است؟			
۱۲	آیا تراکم لایه‌های روسازی نزدیک قیود کناری تا رسیدن مقاومت بتن نشیمن‌گاه به مقاومت کافی به تأخیر افتاده است؟			
۱۳	آیا با توجه به ملاحظات اجرایی، لزوم استفاده از قیود موقت بررسی شده است؟			
۱۴	آیا اجرای قیود موقت (در صورت استفاده) مطابق جزئیات اجرایی تأییدشده است؟			
۱۵	آیا قبل از شروع عملیات پخش ماسه بستر، لایه اساس خشک، یکنواخت و به اندازه مورد نیاز متراکم است؟			
۱۶	آیا ضخامت و رواداری اجرای ماسه بستر مطابق ضوابط فنی است؟			
اجرای بلوک‌های بتنی				
۱۷	آیا بلوک‌های بتنی عاری از مواد خارجی است؟			
۱۸	آیا نصب بلوک‌های بتنی، مطابق الگوهای چیدمان تأییدشده است؟			
۱۹	آیا درزهای بین بلوک‌ها منظم و با عرض ۲ تا ۵ میلیمتر اجرا می‌شود؟			
۲۰	آیا پس از نصب بلوک‌ها، تراکم بلوک‌ها در ماسه بستر با استفاده از تراکم صفحه‌ای با مشخصات تأییدشده انجام می‌شود؟			
۲۱	آیا پس از تراکم اولیه بلوک‌ها و جاروب ماسه درزگیر خشک به درون درزها، تراکم صفحه‌ای تا پرشدن کامل درزها مطابق ضوابط فنی انجام می‌شود؟			
۲۲	آیا ماسه درزگیر کاملاً خشک است؟			
۲۳	آیا بعد از اتمام تراکم صفحه‌ای، غلتک چرخ لاستیکی مطابق ضوابط فنی از سطح عبور داده شده است؟			
۲۴	آیا اختلاف ارتفاع سطح تمام‌شده در حدود رواداری مجاز است؟			

۵-۸-۷- اجرای روسازی بتن غلتکی

چک‌لیست شماره ۱۱: کنترل کیفیت مصالح مصرفی در روسازی بتن غلتکی					
ردیف	معیار		نتیجه بررسی		توضیحات
			بله	خیر	
سیمان					
۱	آیا تواتر نمونه‌برداری از سیمان پرتلند به نحو صحیح انجام شده است؟				
۲	آیا ضوابط بسته‌بندی، حمل‌ونقل، انبارکردن و مصرف سیمان‌های کیسه‌ای رعایت شده است؟				
۳	آیا ضوابط انبارکردن و مصرف سیمان‌های فله رعایت شده است؟				
۴	مشخصات انواع سیمان پرتلند، مشخصات پوزولان مورد استفاده در سیمان‌های پوزولانی، ویژگی‌های سیمان پوزولانی و مشخصات سیمان سرباره‌ای به ترتیب در استانداردهای ملی به شماره‌های ۳۸۹، ۳۴۳۳، ۳۴۳۲ و ۳۵۱۷ ارائه شده است. آیا مشخصات سیمان مصرفی کنترل شده است؟				
۵	آیا درصد مواد پوزولانی (در صورت استفاده) کمتر از ۲۰ درصد مواد سیمانی است؟				
۶	آیا کنترل شده است که سیمان مصرفی از تیپ سه (زودگیر) نباشد؟				
۷	آیا کنترل شده است که اگر آب یا خاک تماسی با روسازی بتن غلتکی حاوی املاح سولفاتی باشد، سیمان از نوع مناسب (تیپ دو یا پنج) انتخاب شود؟				
سنگدانه					
۸	آیا دانه‌بندی سنگدانه‌ها مطابق جدول مربوطه است؟				
۹	آیا الزامات عمومی سنگدانه‌ها مطابق استاندارد ملی شماره ۳۰۲ ایران و نیز ASTM C33 رعایت شده است؟				
۱۰	آیا حداکثر شن مصرفی به ۲۰ میلیمتر محدود شده است؟				
۱۱	آیا کنترل شده است که در صورت غیرپلاستیک‌بودن مواد عبوری از الک شماره ۲۰۰ حداکثر درصد وزنی آن از ۸ درصد تجاوز نکند؟				
۱۲	کنترل ضوابط بارگیری، حمل-ونقل، انبارکردن و مصرف سنگدانه	آیا شرایط به گونه‌ای است که مواد خارجی و زیان‌آور در سنگدانه‌ها نفوذ نکند؟			
۱۳		آیا شرایط به گونه‌ای است که دانه‌های ریز و درشت در یک دپو از یکدیگر جدا نشوند؟			
۱۴		آیا سنگدانه‌ها بر روی سطح زمین سخت و خشک انبار می‌شوند؟			
۱۵		آیا شرایط به گونه‌ای است که سنگدانه‌ها شکسته نشوند؟			
۱۶		آیا محل نگهداری سنگدانه دور از پوشش گیاهی و مواد آلوده‌کننده است؟			
۱۷		آیا دیوارهای تقسیم دپوی سنگدانه‌ها به گونه‌ای مقاوم و پایدار است که در صورت خالی‌شدن یک قسمت و پربودن قسمت مجاور، دیواره بر اثر رانش سنگدانه‌ها خراب یا جابجا نشود؟			
۱۸		آیا در هنگام بارش و یا یخبندان، سنگدانه‌های واقع در فضای آزاد با برزنت یا ورقه‌های پلاستیکی مناسب پوشانیده می‌شود؟			
۱۹		آیا در هنگام گرمای شدید، روی سنگدانه‌های واقع در فضای آزاد، سایبان درست می‌شود؟			

۲۰	آیا شیب مخروطی‌های دپوی سنگدانه‌ها زیاد نیست؟				
۲۱	آیا سنگدانه‌ها تا حد امکان به صورت لایه‌هایی با ضخامت یکسان بر روی یکدیگر ریخته و انبار می‌شوند؟				
۲۲	آیا سنگدانه‌ها با لودر یا وسایل مناسب دیگر به گونه‌ای برداشته می‌شوند که هر بار قسمت‌هایی از همه لایه‌های افقی برداشته شوند؟				
۲۳	آیا محل دپوی سنگدانه چنان آماده شده است که همواره تخلیه آب مازاد امکان‌پذیر باشد؟				
۲۴	آیا سیلوی ذخیره سنگدانه حتی‌المقدور به شکل مربع یا دایره و شیب مخروط یا هرم تحتانی آن کمتر از ۵۰ درجه است؟				
۲۵	آیا ریختن سنگدانه به داخل سیلو به صورت قائم انجام می‌شود؟				
۲۶	آیا به منظور خالی‌کردن سنگدانه‌ها از بلندی به داخل سیلو، از نردبان ویژه مصالح سنگی استفاده می‌شود؟				
۲۷	آیا در هنگام بارش برف و یخبندان، سنگدانه‌ها به گونه‌ای انبار می‌شوند که امکان یخزدگی و نیز جمع‌شدن برف و یخ بین دانه‌ها وجود نداشته باشد؟				
۲۸	آیا هنگام تحویل هر محموله از سنگدانه‌های وارده به کارگاه، مشخصات مذکور در اسناد تحویل سنگدانه‌ها با مشخصات سفارش داده شده و نیز سنگدانه‌های وارده مقایسه و انطباق آن کنترل می‌شود؟				
آب مصرفی					
۲۹	آیا آب مصرفی صاف و عاری از مقادیر زیاد از مواد روغنی، اسیدی، قلیایی، املاح و دیگر مواد مضر است؟				
۳۰	آیا کنترل شده است که آب مصرفی شور نباشد؟				
۳۱	اگر شواهد قبلی مبنی بر عدم کیفیت مناسب آب وجود دارد، آیا کیفیت آب کنترل شده است؟				
مواد افزودنی					
۳۲	آیا میزان استفاده از مواد افزودنی مطابق ضوابط فنی است؟				
۳۳	آیا مشخصات مواد افزودنی مطابق ضوابط فنی است؟				

چک‌لیست شماره ۱۲: کنترل اجرای روسازی بتن غلتکی				
ردیف	معیار	نتیجه بررسی		توضیحات
		بله	خیر	
آماده‌سازی لایه‌های زیرین				
۱	آیا سطح آماده‌شده بستر روسازی راه با شیب‌های طولی و عرضی نقشه‌های اجرایی مطابقت دارد؟			
۲	آیا اختلاف رقوم بستر روسازی با رقوم نظیر در نقشه‌های اجرایی کمتر از ۱۵ میلیمتر است؟			
۳	اگر آسیبی به لایه‌های زیر وارد شده است، یا به ترافیک اجازه عبور از شیب‌بندی آماده‌شده داده شده است، آیا قبل از بتن‌ریزی کنترل مضاعف انجام شده است؟			
۴	آیا سطح لایه زیر در هنگام بتن‌ریزی بطور کامل در برابر یخبندان محافظت شده و عاری از یخ است؟			
ساخت، حمل و پخش بتن				
۵	آیا روداری اندازه‌گیری آب در حد یک درصد است؟			
۶	آیا رواداری توزین سیمان کمتر از یک درصد است؟			
۷	آیا رواداری توزین سنگدانه‌ها کمتر از دو درصد است؟			
۸	آیا مدت زمان حمل بتن غلتکی از محل تولید تا دستگاه فینیشر بتن کمتر از ۱۵ دقیقه است؟ (بتن غلتکی باید حداکثر ۴۵ دقیقه بعد از تماس آب با سیمان ریخته و کوبیده شود)			
۹	آیا کامیون دامپرِ حمل بتن دارای پوشش محافظ برای جلوگیری از تبخیر رطوبت بتن غلتکی است؟			
۱۰	آیا نحوه انتقال بتن به گونه‌ای است که دستگاه فینیشر بتواند بطور یکنواخت عملیات پخش را انجام دهد؟ (بدون قطع روند بتن‌ریزی و شروع مجدد باشد)			
۱۱	آیا پیش از ریختن بتن غلتکی، لایه اساس مرطوب شده است؟ (جلوگیری از جذب رطوبت بتن غلتکی)			
۱۲	آیا بتن‌ریزی به گونه‌ای انجام می‌شود که جداشدگی سنگدانه‌ها رخ ندهد؟			
۱۳	آیا پخش بتن توسط دستگاه روسازی (فینیشر) انجام می‌شود؟			
۱۴	آیا عملیات پخش و تسطیح باید با در نظر گرفتن همپوشانی با خط مجاور انجام می‌شود؟			
تراکم بتن، اجرای درزها و عمل‌آوری و مراقبت				
۱۵	آیا غلتک‌ها بلافاصله پشت فینیشر عملیات تراکم را انجام می‌دهند؟			
۱۶	آیا الگوی غلتک‌زنی بتن پخش‌شده مطابق ضوابط فنی است؟ (نوع غلتک‌ها، وزن، تعداد عبور و ...)			
۱۷	آیا کنترل شده است که در هنگام تراکم ارتعاشی، توقف بر روی روسازی انجام نشود؟			
۱۸	آیا لبه‌های کناری که بصورت غلتک نخورده باقی مانده است، قبل از بتن‌ریزی مسیر بعدی برداشته می‌شود؟			
۱۹	آیا به شرایط خاص جوی در هنگام تراکم بتن غلتکی توجه می‌شود؟ (با توجه به مقدار کم آب در بتن غلتکی، وزش باد و دمای زیاد هوا می‌تواند موجب خشک‌شدن مخلوط و عدم تراکم مناسب آن شود)			
۲۰	آیا اجرای درزهای طولی مطابق ضوابط فنی انجام می‌شود؟			
۲۱	آیا اجرای درزهای عرضی مطابق ضوابط فنی انجام می‌شود؟			
۲۲	آیا عمل‌آوری بتن غلتکی حداقل برای مدت ۷ روز انجام شده است؟			

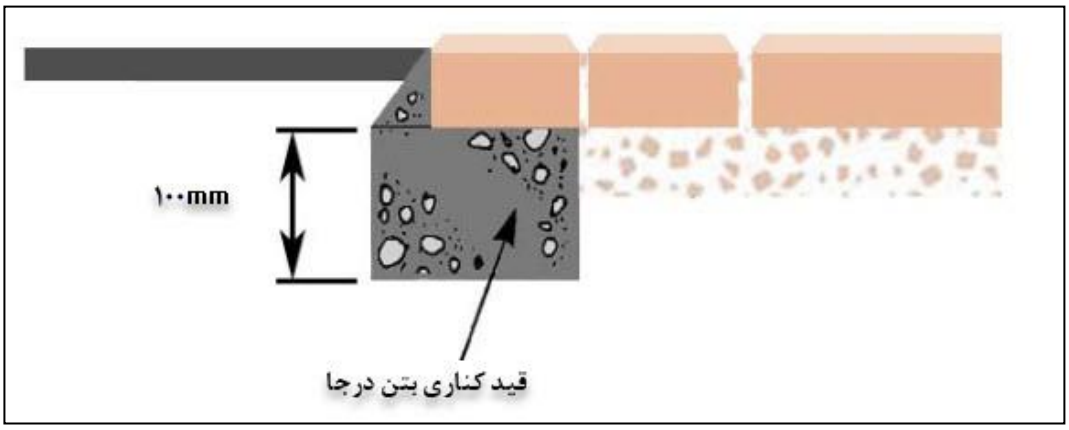
۲۳	آیا در حین عمل‌آوری بتن، سطح بتن غلتکی فاقد شیره بتن است؟ (بر خلاف بتن معمولی که در حین عمل‌آوری مقداری شیره بتن بر روی آن جمع می‌شود تا سطح بتن را برای مدتی مرطوب نگه دارد، سطح بتن غلتکی باید فاقد شیره بتن باشد)			
۲۴	آیا عمل‌آوری بتن غلتکی مطابق ضوابط فنی انجام می‌شود؟			
۲۵	آیا تمهیدات لازم برای مراقبت بتن غلتکی در برابر یخ‌زدگی در مدت عمل‌آوری فراهم شده است؟			
۲۶	آیا از تردد وسایل‌نقلیه به جز تانکرهای آب‌پاش تا قبل از ۱۴ روز از سطح بتن‌ریزی‌شده، جلوگیری می‌شود؟			

۶-۸-۷- اجرای روسازی شنی

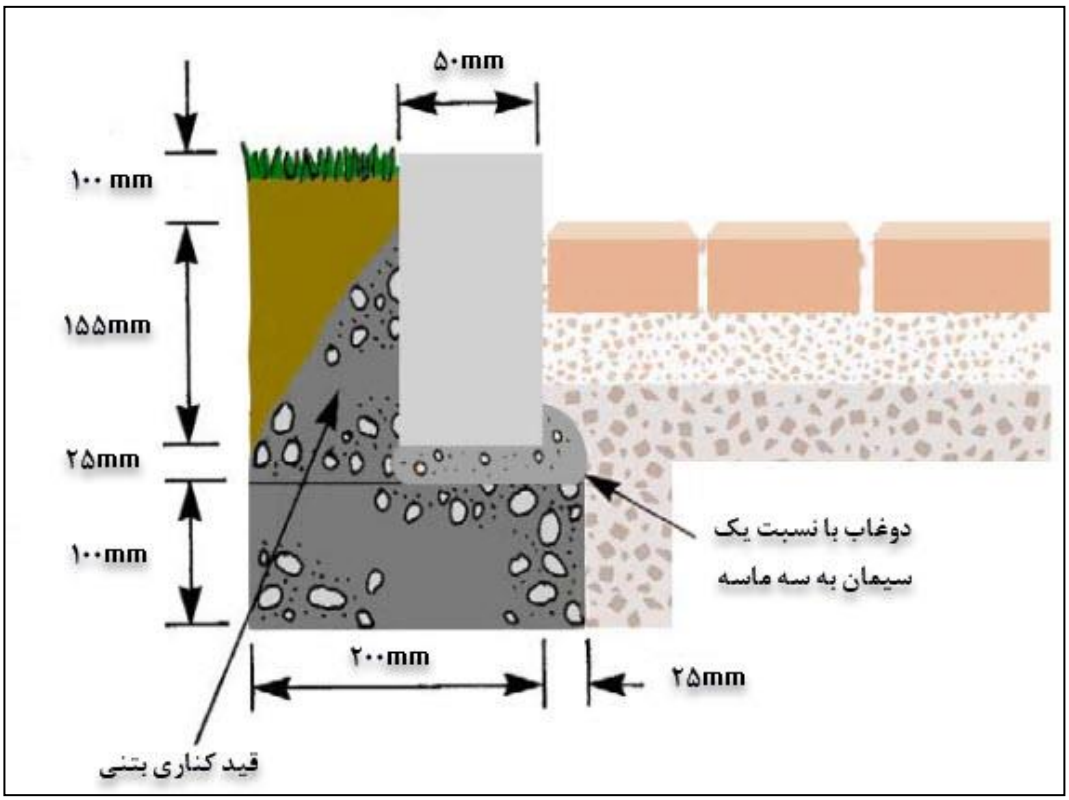
چک‌لیست شماره ۱۳: کنترل اجرای روسازی شنی				
ردیف	معیار	نتیجه بررسی		توضیحات
		بله	خیر	
مشخصات سنگدانه و آب مصرفی				
۱	آیا مصالح سنگی عاری از هرگونه مواد آلی، لجنی و یا کودی است؟			
۲	آیا سایش لس‌آنجلس مصالح سنگی رویه شنی بیشتر از ۳۰ درصد است؟			
۳	آیا مصالح مصرفی در رویه شنی بنادر دارای شکستگی دو یا چند وجه برابر ۱۰۰ درصد است؟			
۴	آیا دانه‌بندی مصالح رویه شنی مطابق جدول مربوطه است؟			
۵	چنانچه روسازی شنی در بنادر و بدون فنداسیون ویژه اجرا می‌شود، آیا دانه‌بندی مصالح رویه شنی در محدود ۲۵ تا ۵۰ میلیمتری قرار دارد؟			
۶	در خصوص مقاومت مصالح رویه در روسازی‌های شنی، آیا CBR نمونه‌های اشباع‌شده به مدت چهار روز، حداقل ۴۰ درصد است؟			
۷	آیا حداکثر نشانه خمیری مجاز مصالح رویه شنی متناسب با میزان بارش سالانه، مطابق ضوابط فنی است؟			
۸	آیا آب مصرفی صاف و عاری از مواد مضر است؟			
اجرای روسازی شنی				
۹	آیا شیب عرضی بستر روسازی شنی، برابر شیب عرضی رویه شنی نهایی است؟			
۱۰	آیا ژئوتکستایل (در صورت استفاده)، در کل سطح و بویژه در محل‌های حفاری، فاقد چین-خوردگی است؟			
۱۱	در صورت استفاده از ژئوتکستایل و قبل از قرارگیری سنگدانه‌ها روی آن، ژئوتکستایل در برابر عبور وسایل‌نقلیه محافظت می‌شود؟			
۱۲	آیا قبل از پخش مصالح، کنترل شده است که بستر فاقد از هر گونه نقاط نرم، سنگ، آشغال و ... باشد؟			
۱۳	آیا نحوه پخش با گریدر و موقعیت قرارگیری تیغه گریدر نسبت به افق مطابق ضوابط فنی است؟			
۱۴	آیا نحوه آب‌پاشی و میزان رطوبت مصالح قبل از تراکم مناسب است؟			
۱۵	آیا کنترل شده است که در حین پخش، جداشدن مصالح سنگی درشت توسط تیغه گریدر و انتقال آن‌ها به کناره‌های مسیر رخ ندهد؟			
۱۶	آیا ضخامت هر لایه پخش‌شده قبل از تراکم، نحوه تراکم، نوع غلتک‌ها و تعداد عبور آن مطابق ضوابط فنی است؟			
۱۷	آیا سرعت غلتک‌زنی در حد پیاده‌روی سریع (۴ تا ۶ کیلومتر در ساعت) است؟			

۹-۷- پیوست شماره ۹: جزئیات اجرایی مربوط به روسازی بلوکی بتنی

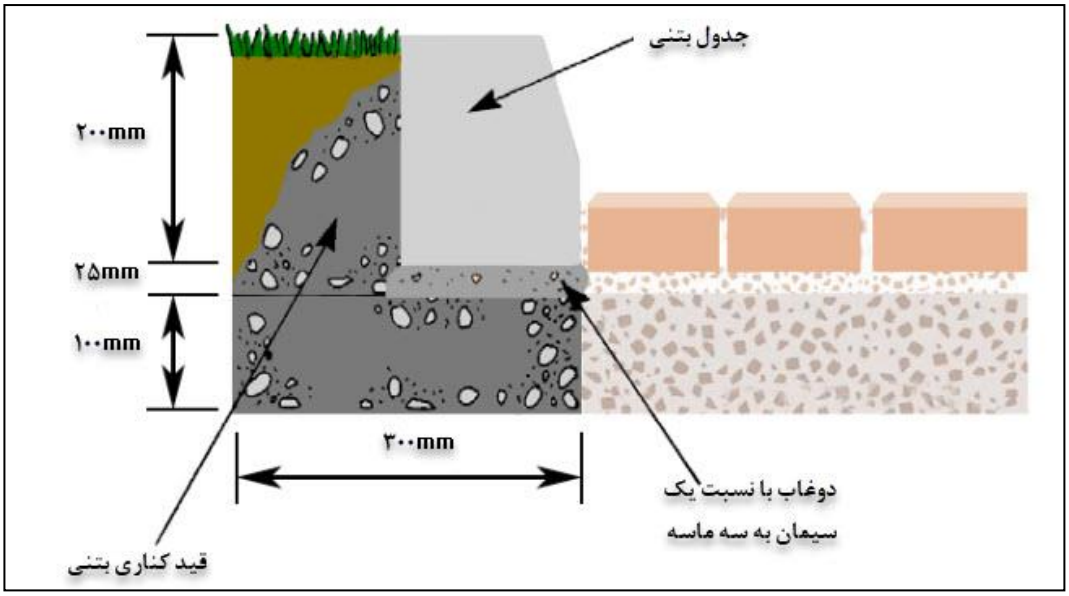
در شکل ۴۱ تا شکل ۴۴ جزئیات اجرایی قیود کناری برای ترافیک‌های سبک تا سنگین نشان داده شده است.



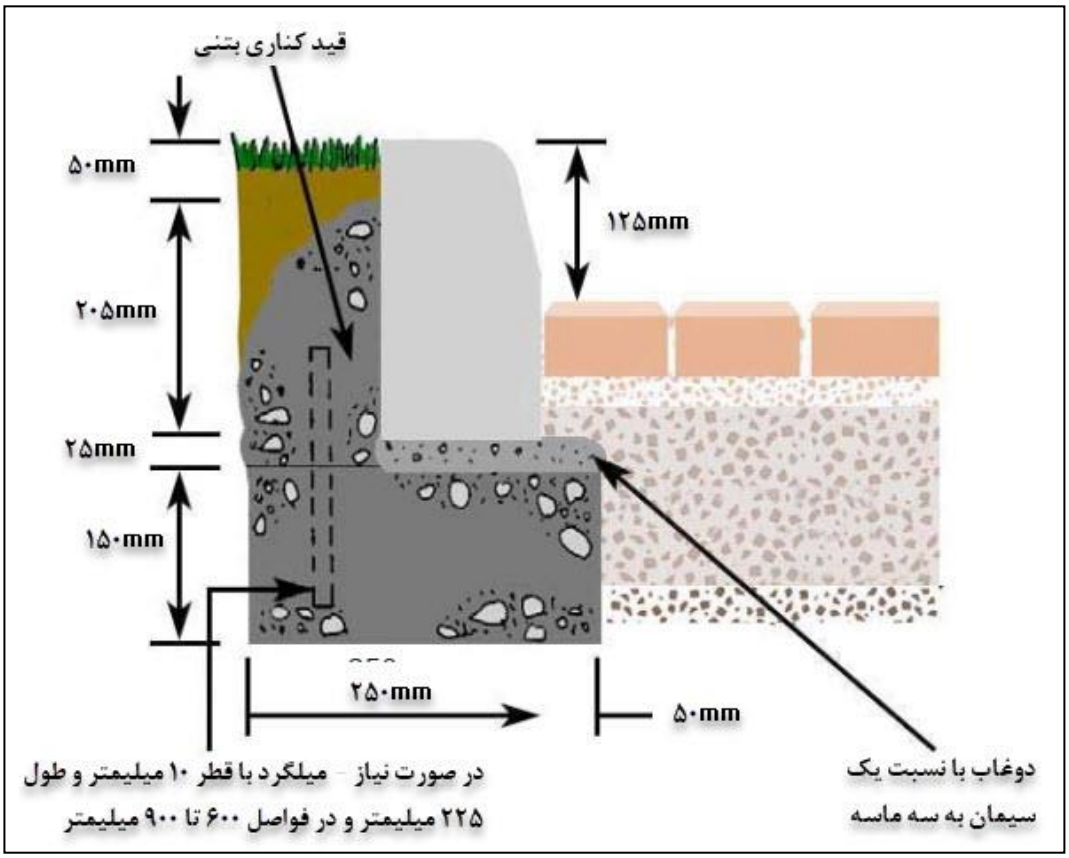
شکل ۴۱ جزئیات اجرایی قید کناری برای سواره‌رو با ترافیک سبک در مجاورت ساختمان



شکل ۴۲ جزئیات اجرایی قید کناری برای سواره‌رو با ترافیک سبک در مجاورت پیاده‌رو



شکل ۴۳ جزئیات اجرایی قید کناری برای بزرگراه‌ها یا محوطه‌های پارک خودرو



شکل ۴۴ جزئیات اجرایی قید کناری برای روسازی‌های محوطه

۱۰-۷- پیوست شماره ۱۰: راهنمای ارزیابی وضعیت روسازی و تعیین شدت خرابی روسازی

۱-۱۰-۷- ارزیابی وضعیت روسازی

PCI[1] یک نشانگر عددی است که وضعیت سطح روسازی را ارزیابی می‌کند و همچنین معیاری از وضعیت فعلی روسازی بر اساس خرابی‌های مشاهده شده بر روی سطح روسازی است. برای تعیین PCI یک قطعه روسازی ابتدا لازم است که قطعه را به واحدهای بازرسی موسوم به واحدهای نمونه تقسیم نمود. یک واحد نمونه بخشی از یک قطعه روسازی است که فقط برای بازرسی در نظر گرفته شده باشد. برای راه‌های بدون رویه (راه‌های شنی) و راه‌های دارای رویه آسفالتی و همچنین روسازی بلوکی بتنی یک واحد نمونه طبق تعریف یک سطح ۲۵۰ ±۹۰ متر مربعی را تشکیل می‌دهد. لازم به ذکر است که واحد نمونه‌ای که اندازه آن نزدیک به مقدار میانگین باشد، دقیق‌تر است.

۱-۱-۱۰-۷- ملاحظات مربوط به تعیین قطعه

تعیین قطعات بیش از حد کوچک برای تخمین یکنواختی سازه‌ای مستلزم تلاش بیش‌تر و صرف هزینه‌های اجرایی بالاتر است. علاوه بر آن ممکن است قطعات بیش از حد کوتاه مانعی برای برنامه‌ریزی مؤثر جهت عملیات ترمیم و نگهداری تکاملی باشد. از طرف دیگر، چنانچه قطعه بیش از حد بزرگ در نظر گرفته شود، ممکن است خصوصیات آن در سرتاسر سطح موردنظر یک‌پارچه نباشد. علاوه بر آن انتخاب قطعات بزرگ و طولانی ممکن است باعث ایجاد غیریکنواختی سازه‌ای شود. از اینرو لازم است، برای تقسیم یک شاخه به قطعات بازرسی باید موارد زیر رعایت شود.

- سازه روسازی یکی از مهم‌ترین معیارها در تقسیم روسازی یک شاخه به قطعات یا واحدهای نمونه بازرسی است. **ترکیب سازه‌ای** باید در سراسر یک قطعه یکسان باشد. چنانچه اطلاعات کافی در مورد سازه روسازی در اختیار نباشد باید به سوابق ساخت مراجعه شود و در موارد تردیدآمیز باید با برداشت تعداد معدودی نمونه از محل و مقایسه سازه روسازی با سوابق ساخت رفع تردید نمود. همچنین برای تهیه اطلاعات و کسب اطمینان از یکنواختی سازه‌ای روسازی می‌توان اقدام به انجام آزمایش‌های غیرمخرب نیز نمود.

[1] Pavement Condition Index

- حجم و شدت **بارگذاری ترافیک** باید در هر قطعه از روسازی یکنواخت باشد. در وهله نخست بایستی بارگذاری‌های سنگین مدنظر قرار گرفته شود؛ زیرا اثر تخریبی بارهای سنگین به‌مراتب بیشتر از بارهای سبک است.
- کلیه روسازی‌هایی که در یک قطعه قرار دارند باید دارای **تاریخچه ساخت** یکسانی باشند. روسازی‌هایی که طی دوره‌های زمانی مختلف توسط پیمانکاران مختلف یا با استفاده از مصالح و روش‌های متفاوت ساخته شده‌اند را باید مشخص و در قطعات جداگانه مورد بررسی قرار داد. علاوه بر آن سطوحی که تحت ترمیم اساسی قرار گرفته‌اند یا وصله‌کاری شده‌اند نیز باید در قطعات مجزا بررسی شوند.
- چنانچه رتبه روسازی (**طبقه عملکرد روسازی**) در امتداد طول مسیر تغییر نکند، این موضوع نیز باید در انتخاب واحدهای نمونه مدنظر قرار گیرد.
- توصیه می‌شود تمهیدات **زهکشی و شانه** روسازی به نسبتی که عملکرد روسازی را تحت تأثیر قرار می‌دهند در سرتاسر قطعه به طور یکپارچه در نظر گرفته شوند. به عبارت دیگر بهتر آن است که در هر قطعه مشخصات شانه‌ها یکسان باشند (آسفالتی، شنی، پوشش گیاهی و ...). چنانچه نوع شانه راه تغییر نمود بهتر است قطعه جدید تعریف شود. به همین ترتیب بهتر است که شرایط و نحوه زهکشی در طول قطعه یکسان باشد.
- **طول متعارف هر قطعه** (روسازی شنی و آسفالتی) معمولاً بین ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر انتخاب می‌شود تا از بروز تغییرات احتمالی در طول قطعه کاسته و در ضمن مراحل بازرسی و ارزیابی سهل‌تر انجام شود. برای قطعاتی که طول آن‌ها بیش‌تر از ۱۵۰۰ متر است بهتر است که این‌گونه قطعات به قطعات متعارف تقسیم شوند.

۲-۱-۱۰-۷- ملاحظات مربوط به تعیین تعداد واحدهای نمونه

واحد نمونه[1] بخشی از یک قطعه است که به منظور بازرسی در نظر گرفته می‌شود. طول واحد نمونه معمولاً در حدود ۳۰ متر انتخاب می‌شود. چنانچه عرض راه از ۴/۵ متر کمتر باشد می‌توان طول واحد نمونه را افزایش داد و چنانچه عرض راه بیش‌تر از ۱۰ متر باشد بهتر است که طول واحد نمونه کاهش داده شود. هر واحد نمونه معمولاً دارای مساحتی در حدود ۱۵۰ تا ۳۰۰ مترمربع است.

[1] Sample unit

تعداد واحدهای نمونه بازرسی بستگی به اهداف ارزیابی دارد. چنانچه هدف از ارزیابی، شناخت وضعیت کلی روسازی در سطح شبکه راه باشد، در این صورت تعداد یک یا دو واحد نمونه در هر قطعه کافی است، مشروط به آن‌که واحدهای انتخابی معرف وضعیت کل قطعه باشند. زیرا هدف اصلی برای ارزیابی واحدهای نمونه در سطح شبکه برآورد بودجه و ارزیابی وضعیت شبکه برای به دست‌آوردن یک درجه‌بندی و ارزیابی منطقی با حداقل هزینه‌ها است.

چنانچه هدف از ارزیابی شناخت وضعیت روسازی در سطح پروژه باشد در این صورت تعداد بیش‌تری واحد نمونه بازرسی باید انتخاب شود زیرا برای ارزیابی در سطح پروژه بایستی گونه‌های مختلف مرمت و نگهداری نظیر طرح روکش اساسی یا بازسازی، ترمیم و مرمت موضعی یا پیشگیرانه، نگهداری عادی و یا ویژه مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. معمولاً برای تعیین حداقل تعداد واحدهای نمونه از رابطه (۱۱-۱) استفاده می‌شود.

$$n = \frac{Ns^2}{\left(\frac{e^2}{4}\right)(N-1)+s^2} \qquad (۱-۱۱)$$

n : حداقل تعداد نمونه مورد ارزیابی.

N : تعداد کل واحدهای نمونه در قطعه روسازی.

e : خطای قابل قبول در تخمین PCI (معمولا۵±).

s : انحراف معیار استاندارد PCI در بین واحدهای نمونه قطعه است که از رابطه (۱۲-۱) محاسبه می‌شود.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(PCI_i - \overline{PCI})^2}{N-1}} \qquad (۱-۱۲)$$

PCI_i : شاخص سنجش وضعیت روسازی واحد i.

$\overline{PCI}$: میانگین PCI قطعه است که از رابطه (۱۳-۱) به‌دست می‌آید.

$$\overline{PCI} = \frac{\sum_{i=1}^{N} PCI_i}{N} \qquad (۱-۱۳)$$

چنانچه تعداد کل واحدهای نمونه در یک قطعه کمتر از ۶ واحد باشد توصیه می‌شود کلیه واحدهای نمونه بررسی شوند. هنگامی‌که یک قطعه روسازی برای اولین‌بار بررسی می‌شود، چنانچه روسازی قطعه، آسفالتی یا شنی باشد می‌توان برای تعیین حداقل تعداد واحدهای نمونه که بایستی ارزیابی شوند، مقدار S را برابر ۱۰ و برای روسازی‌های

بتنی برابر ۱۵ در نظر گرفت. این فرض پس از تعیین مقادیر PCI باید بررسی شود و همچنین برای بررسی‌های بعدی باید از انحراف معیار استاندارد بررسی‌های قبلی استفاده شود.

۳-۱-۱۰-۷- ملاحظات مربوط به انتخاب واحد نمونه مورد بازرسی

توصیه می‌شود که واحدهای نمونه مورد بازرسی به فواصل مساوی در طول قطعه توزیع شوند و اولین واحد نمونه به‌صورت تصادفی انتخاب شود. این روش که به روش سیستماتیک تصادفی موسوم است از مراحل سه‌گانه زیر تشکیل می‌شود.

۱. فاصله نمونه‌برداری i از رابطه $\boldsymbol{i = \frac{N}{n}}$ به‌دست می‌آید که در آن N تعداد کل واحدهای نمونه موجود و n حداقل تعداد واحدهای نمونه مورد بررسی است، فاصله نمونه i باید به عدد صحیح گرد شود.

۲. به منظور بازرسی، اولین واحد نمونه به صورت تصادفی بین واحد نمونه ۱ و فاصله نمونه‌برداری i انتخاب می‌شود.

۳. سایر واحدهای نمونه مورد نیاز برای بررسی به ترتیب s و s+i و s+2i و الی‌آخر مشخص می‌شود.

یکی از اشکالات اساسی در نمونه‌برداری سیستماتیک تصادفی در سطح پروژه و یا در سطح شبکه آن است که ممکن است واحدهای نمونه‌ای که بدون تردید دارای وضعیت بدی هستند الزاماً مشمول بررسی قرار نگیرند. در حالی‌که واحدهای نمونه‌ای که دارای خرابی‌های نادر (مثلاً خرابی گذرگاه راه‌آهن) هستند به صورتی بی‌تناسب به‌عنوان یک واحد نمونه تصادفی انتخاب شده باشند. برای جلوگیری و رفع این‌گونه اشکالات باید هر واحد نمونه غیرعادی شناسایی و به‌عنوان واحد نمونه اضافی مورد بازرسی قرار گیرد. هنگامی‌که واحدهای نمونه اضافی مشمول بررسی قرار می‌گیرند، برای اجتناب از برون‌یابی (اکستروپولاسیون) وضعیت‌های غیرمعمولی به سرتاسر قطعه، محاسبه PCI قطعه به شرح زیر انجام می‌شود.

۱. ابتدا PCI قطعه با میانگین گرفتن از PCI های همه واحدهای نمونه انتخاب شده به‌دست می‌آید.

۲. در صورتی‌که واحد یا واحدهای نمونه اضافی مورد بازرسی قرار گیرند باید میانگین PCI وزن‌دار قطعه با استفاده از رابطه (۱۴-۱) محاسبه شود.

$$PCI_S = \frac{(N-A)PCI_r + A.PCI_a}{N} \qquad (۱۴-۱)$$

PCI_S : شاخص سنجش وضعیت روسازی.

PCI_r : میانگین PCI نمونه‌های تصادفی (یا معرف شبکه).

PCI_a : میانگین PCI واحدهای نمونه اضافی.

N : تعداد کل واحدهای نمونه در قطعه.

A : تعداد واحدهای نمونه اضافی بازرسی شده.

۴-۱-۱۰-۷- محاسبه PCI

پس از بررسی وضعیت کلیه واحدهای نمونه انتخاب‌شده از نتایج مربوطه (حاصل از بازرسی) برای محاسبه PCI استفاده می‌شود. نشانه وضعیت روسازی را می‌توان به صورت دستی و یا به کمک رایانه و یا با واردکردن اطلاعات خرابی‌ها در یک بانک اطلاعاتی و برازش داده‌ها محاسبه نمود.

نحوه محاسبه شاخص PCI به همراه ضرایب کاهندگی و منحنی‌های مربوطه به طور کامل برای رویه‌های آسفالتی و شنی در نشریه شماره ۲۹۶ (راهنمای بهسازی رویه‌های آسفالتی و شنی)، برای روسازی‌های بتنی در استاندارد ASTM D۶۴۳۳ و برای روسازی بلوکی بتنی در استاندارد ASTM D۲۸۴۰ ارائه شده است.

۲-۱۰-۷- خرابی‌های روسازی آسفالتی

۱-۲-۱۰-۷- ترک‌خوردگی پوست سوسماری (خستگی)

ترک‌خوردگی خستگی یا ترک‌خوردگی پوست‌سوسماری عبارت است از یک سری ترک‌های به هم متصل که در اثر خستگی ناشی از خستگی رویه بتن آسفالتی یا تغییرشکل بیش از حد لایه‌های روسازی تحت تکرار بارگذاری ترافیکی و یا عدم تراکم کافی لایه‌های اساس و زیراساس، به وجود می‌آید. این ترک‌خوردگی‌ها هنگامی از زیر رویه آسفالتی یا اساس تثبیت‌شده آغاز می‌شود که تنش‌های کششی و تغییرشکل‌های نسبی کششی تحت بار چرخ به بالاترین مقدار خود که بیش از مقاومت کششی آسفالت است، می‌رسند. این ترک‌ها ابتدا به‌صورت یک سری ترک‌های طولی موازی با یکدیگر در سطح رویه منتشر می‌شوند. با تکرار بارگذاری ترافیکی ترک‌ها به یکدیگر متصل شده و تکه‌های چندضلعی با گوشه‌های تیز به وجود می‌آورند که به الگوی پوست سوسمار دارد. ابعاد این تکه‌ها معمولاً از ۶۰ سانتی‌متر بیشتر نیست و ترک‌خوردگی پوست‌سوسماری تنها در نواحی به وقوع می‌پیوندد که در معرض تکرار بارگذاری

ترافیکی قرار دارند، همانند مسیر عبور چرخ‌ها. درنتیجه خرابی تنها زمانی کل یک منطقه را در بر خواهد گرفت که تمامی سطح مربوط تحت بارگذاری ترافیکی قرار بگیرد.

عوامل زیر می‌تواند موجب بروز پدیده ترک‌خوردگی پوست‌سوسماری شود.

۱. بارگذاری بیش از اندازه؛

۲. خاک بستر، اساس و یا رویه ضعیف؛

۳. خاک بستر یا رویه نازک؛

۴. زهکشی ناکافی؛

۱-۱-۲-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): ترک‌های طولی موازی یکدیگر هستند و الگوی اتصال عرضی بین آن‌ها تشکیل نشده است. همچنین کنده‌شدن آسفالت وجود ندارد.
- شدت متوسط (M): تشکیل شبکه پوست‌سوسماری مشخص است؛ ولی ایجاد چاله و لق شدن قطعات آسفالت به‌ندرت اتفاق افتاده است.
- شدت زیاد (H): ایجاد چاله، لق شدن و خردشدن رویه به‌تناوب در سطح پوست‌سوسماری مشاهده می‌شود و بعد از بارش‌ها نیز امکان مشاهده گل‌ولای در ترک‌ها زیاد است.

ترک‌خوردگی پوست سوسماری بر حسب مترمربع سطح اندازه‌گیری می‌شود. مشکل اصلی در اندازه‌گیری این نوع خرابی این است که اغلب دو یا سه سطح از شدت خرابی در یک منطقه وجود دارد. اگر بتوان این بخش‌ها را به راحتی از یکدیگر تشخیص داد، باید جداگانه اندازه‌گیری و ثبت شوند. با این حال اگر سطوح مختلف شدت را نتوان به راحتی تقسیم کرد، کل منطقه باید با بالاترین شدت فعلی رتبه‌بندی شود.

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۴۵ سطوح شدت ترک‌خوردگی پوست سوسماری (خستگی).

۲-۲-۱۰-۷- قیرزدگی

قیرزدگی به تشکیل لایه‌ای براق، شیشه‌مانند و منعکس‌کننده نور از قیر که معمولاً کاملاً چسبنده است اطلاق می‌شود. قیرزدگی عمدتاً در اثر استفاده بیش از حد قیر و یا درصد فضای خالی کم در مخلوط اتفاق می‌افتد. قیرزدگی در فصول گرم سال اتفاق می‌افتد و از آنجایی‌که فرایند قیرزدگی در هوای سرد قابل برگشت نیست، قیر روی سطح روسازی جمع می‌شود و پدیده قیرزدگی رخ می‌دهد.

۱-۲-۲-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): قیر زدگی به میزان بسیار جزئی رخ داده است و فقط در چند روز از سال قابل مشاهده است و قیر به کفش و وسایل نقلیه نمی‌چسبد.
- شدت متوسط (M): قیر زدگی به حدی رخ داده است که تنها در چند هفته از سال قیر به کفش‌ها و وسایل نقلیه می‌چسبد.
- شدت زیاد (H): قیر زدگی به طور گسترده رخ داده است و قیر قابل‌توجهی به کفش‌ها و وسایل نقلیه در طول حداقل چندین هفته از سال می‌چسبد.

قیرزدگی بر حسب مترمربع سطح اندازه‌گیری می‌شود. اگر قیرزدگی شمارش شود، سنگ‌دانه‌های صیقلی را نباید شمارش کرد.

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۴۶ سطوح شدت قیر زدگی.

۳-۲-۱۰-۷- ترک‌خوردگی بلوکی

ترک‌های بلوکی، ترک‌های به هم پیوسته هستند که روسازی را به قطعات تقریباً مستطیلی تقسیم می‌کنند. ابعاد بلوک‌های مربعی می‌تواند بین ۰/۳ تا ۳ متر باشد. ترک‌خوردگی بلوکی عمدتاً به دلیل انقباض و چرخه دمای روزنه ایجاد شده که منجر به تشکیل چرخه تنش/کرنش روزانه می‌شود و مستقل از بارگذاری است.

ترک‌خوردگی بلوکی معمولاً نشان می‌دهد که قیر آسفالت به میزان قابل‌توجهی سخت شده است. ترک‌خوردگی بلوکی معمولاً در بخش بزرگی از روسازی رخ می‌دهد؛ اما گاهی اوقات فقط در مناطق غیر ترافیکی رخ می‌دهد. تفاوت این خرابی با ترک‌خوردگی خستگی در این است که ترک‌های خستگی از قطعات کوچک‌تر و چندوجهی با زوایای تیز تشکیل می‌دهند.

ترک‌خوردگی بلوکی بر حسب مترمربع سطح اندازه‌گیری می‌شود. ترک‌خوردگی بلوکی معمولاً در یک سطح شدت در یک بخش از روسازی اتفاق می‌افتد. بااین‌حال، اگر مناطق با سطوح شدت مختلف را بتوان به راحتی از یکدیگر متمایز کرد، باید به طور جداگانه اندازه‌گیری و ثبت شوند.

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۴۷ سطوح شدت ترک‌خوردگی بلوکی.

۴-۲-۱۰-۷- افتادگی و برآمدگی

برآمدگی‌ها، جابه‌جایی‌های کوچک، موضعی و روبه‌بالا در سطح روسازی هستند و با جمع‌شدگی تفاوت دارند؛ زیرا جمع‌شدگی‌ها در اثر روسازی ناپایدار ایجاد می‌شوند از سوی دیگر برآمدگی‌ها می‌توانند توسط عوامل مختلفی ایجاد شوند از جمله برآمدگی دال‌های بتنی زیر روکش‌های آسفالتی در روسازی‌های مرکب و همچنین نفوذ و تجمع در یک ترک در ترکیب با بار ترافیکی.

افتادگی‌ها، جابه‌جایی‌های کوچک، موضعی و روبه‌پایین سطح روسازی هستند. اگر بالازدگی‌ها در یک الگوی عمود بر جریان ترافیک ظاهر شوند و در فاصله کمتر از ۳ متر ظاهر شوند به آن پدیده موج افتادگی گفته می‌شود. اعوجاج و جابه‌جایی که در مناطق وسیعی از سطح روسازی رخ می‌دهد و باعث فرورفتگی‌های زیاد یا طولانی در روسازی می‌شود، باید به‌عنوان تورم ثبت شوند.

۱-۴-۲-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): افتادگی‌ها یا بالازدگی باعث کاهش کم‌کیفیت رانندگی می‌شود.
- شدت متوسط (M): افتادگی‌ها یا بالازدگی باعث کاهش متوسط کیفیت رانندگی می‌شود.
- شدت زیاد (H): افتادگی‌ها یا بالازدگی باعث کاهش زیاد کیفیت رانندگی می‌شود.

افتادگی‌ها و برآمدگی‌ها بر حسب متر طول اندازه‌گیری می‌شوند و اگر این خرابی‌ها با ترک‌خوردگی همراه باشند، ترک‌خوردگی‌ها نیز باید ثبت شوند.

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۴۸ سطوح شدت فرورفتگی و برآمدگی.

۵-۲-۱۰-۷- موج افتادگی

موج افتادگی مجموعه‌ای از برآمدگی‌ها و فرورفتگی‌ها با فاصلهٔ نزدیک است که در فواصل نسبتاً منظم، معمولاً کمتر از ۳ متر در امتداد روسازی رخ می‌دهند. این نوع خرابی معمولاً در اثر ترافیک همراه با سطح یا اساس ناپایدار روسازی ایجاد شده و بر اساس مترمربع سطح اندازه‌گیری می‌شود.

۱-۵-۲-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): موج افتادگی باعث کاهش کم‌کیفیت رانندگی می‌شود.

- شدت متوسط (M): موج افتادگی باعث کاهش متوسط کیفیت رانندگی می‌شود.
- شدت زیاد (H): موج افتادگی باعث کاهش زیاد کیفیت رانندگی می‌شود.

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

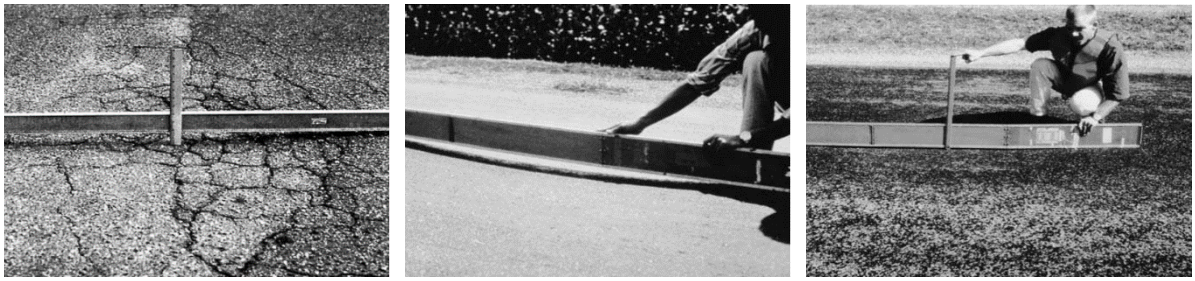
شکل ۴۹ سطوح شدت موج افتادگی.

۶-۲-۱۰-۷- فرورفتگی

فرورفتگی‌ها، سطوحی موضعی با ارتفاع کمی کمتر از سطوح روسازی اطراف هستند. در بسیاری از موارد فرورفتگی‌ها تا زمانی که در اثر بارندگی، آب در آن‌ها جمع نشود، قابل‌شناسایی نیستند. فرورفتگی‌ها در اثر نشست خاک بستر و یا در نتیجه ساخت‌وساز نامناسب ایجاد شده و بر حسب مترمربع سطح اندازه‌گیری می‌شوند.

۱-۶-۲-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): فرورفتگی با عمق ۱۳ تا ۲۵ میلی‌متر.
- شدت متوسط (M): فرورفتگی با عمق ۲۵ تا ۵۰ میلی‌متر.
- شدت زیاد (H): فرورفتگی با عمق بیش از ۵۰ میلی‌متر.



شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۵۰ سطوح شدت فرورفتگی.

۷-۲-۱۰-۷- ترک‌خوردگی لبه

ترک‌های لبه، موازی و معمولاً در ۰/۳ تا ۰/۵ متر از لبه روسازی هستند. این خرابی با بارگذاری ترافیک تسریع می‌یابد و می‌تواند به دلیل ضعیف‌شدن خاک بستر یا اساس در نزدیکی لبه روسازی ایجاد شود. این خرابی بر حسب متر طول اندازه‌گیری می‌شود.

۷-۱-۷-۲-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): ترک‌خوردگی کم یا متوسط، بدون ازهم‌گسیختگی یا شن‌زدگی.
- شدت متوسط (M): ترک‌خوردگی متوسط، به همراه ازهم‌گسیختگی یا شن‌زدگی.
- شدت زیاد (H): ترک‌خوردگی شدید، به همراه ازهم‌گسیختگی یا شن‌زدگی.

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۵۱ سطوح شدت ترک‌خوردگی لبه.

۸-۲-۱۰-۷- ترک‌خوردگی انعکاسی (از درزهای طولی و عرضی دال‌های روسازی بتنی)

این خرابی فقط در روسازی‌های آسفالتی که بر روی دال‌های بتنی اجرا شده‌اند، رخ می‌دهد و شامل ترک‌های انعکاسی از هر نوع اساس دیگر از جمله اساس تثبیت‌شده با سیمان و آهک نمی‌شود.

این ترک‌ها عمدتاً در اثر جابه‌جایی‌های دمایی و رطوبتی دال‌های روسازی بتنی واقع در زیر روسازی بتنی ایجاد می‌شود. این خرابی مستقل از بار است بااین‌حال، بارگذاری ترافیک ممکن است باعث شکسته‌شدن سطح روسازی آسفالتی در نزدیکی ترک شود. آگاهی از ابعاد دال‌های بتنی در زیر روسازی آسفالتی به شناسایی این مشکلات کمک می‌کند.

۱-۸-۲-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): ترک پر نشده با عرض کم‌تر از ۱۰ میلی‌متر یا ترک پرشده با هر عرضی.
- شدت متوسط (M): ترک پر نشده با عرض مساوی یا بزرگ‌تر از ۱۰ میلی‌متر و کم‌تر از ۷۵ میلی‌متر؛ یا ترک پر نشده با عرض کم‌تر از ۷۵ میلی‌متر که توسط ترک‌های ضعیف احاطه شده‌اند؛ و یا ترک‌های پرشده با هر عرضی که توسط ترک‌های ضعیف احاطه شده باشند.
- شدت زیاد (H): ترک پرشده یا پر نشده که توسط ترک‌های با شدت متوسط یا زیاد احاطه شده باشند؛ یا ترک‌های پر نشده با عرض بیش‌تر از ۷۵ میلی‌متر؛ یا ترک‌های با هر عرض دلخواه با خردشدگی روسازی در فاصلهٔ چند سانتی‌متری از آن‌ها.

این خرابی‌ها بر حسب متر طول اندازه‌گیری شده و شدت و طول هر ترک باید به‌صورت جداگانه ثبت شود همچنین اگر یک برآمدگی در ترک انعکاسی وجود داشته باشد باید ثبت شود.

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۵۲ سطوح شدت ترک‌خوردگی انعکاسی.

۹-۲-۱۰-۷- افتادگی شانه

افتادگی شانه، تفاوت در ارتفاع بین لبهٔ روسازی و شانه است. این خرابی در اثر فرسایش شانه یا به‌خاطر ساختن جاده بدون تنظیم سطح شانه اتفاق می‌افتد. این خرابی بر حسب متر طول اندازه‌گیری می‌شود.

۱-۹-۲-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): اختلاف ارتفاع بین لبهٔ روسازی و شانه بین ۲۵ و ۵۰ میلی‌متر.
- شدت متوسط (M): اختلاف ارتفاع بین لبهٔ روسازی و شانه بین ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌متر.

- شدت زیاد (H): اختلاف ارتفاع بین لبهٔ روسازی و شانه بیش‌تر از ۱۰۰ میلی‌متر.

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۵۳ سطوح شدت افتادگی شانه.

۱۰-۲-۱۰-۷- ترک‌های طولی و عرضی (به جز ترک‌های منعکس‌شده از روسازی بتنی)

ترک‌های طولی، ترک‌هایی موازی با خط مرکزی یا در جهت خواب روسازی هستند که ممکن است در اثر عواملی از جمله اجرای نادرست درز خط عبوری یا انقباض سطح رویه بتن آسفالتی در اثر درجه حرارت‌های پایین، سخت‌شدن قیر و چرخه روزانه درجه حرارت و یا ترک‌های انعکاسی ناشی از روسازی‌های ترک‌خورده قدیمی ایجاد شوند. علاوه بر ترک‌های طولی، دستهٔ دیگری از ترک‌ها، ترک‌های عرضی هستند که به‌صورت عمود بر محور مرکزی راه امتداد می‌یابند و معمولاً مستقل از بارگذاری هستند. ترک‌های طولی و عرضی بر حسب متر طول اندازه‌گیری می‌شوند.

۱-۱۰-۲-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): ترک پر نشده با عرض کم‌تر از ۱۰ میلی‌متر یا ترک پرشده با هر عرضی.
- شدت متوسط (M): ترک پر نشده با عرض مساوی یا بزرگ‌تر از ۱۰ میلی‌متر و کم‌تر از ۷۵ میلی‌متر؛ یا ترک پر نشده با عرض کم‌تر از ۷۵ میلی‌متر که توسط ترک‌های ضعیف احاطه شده‌اند؛ و یا ترک‌های پرشده با هر عرضی که توسط ترک‌های ضعیف احاطه شده باشند.
- شدت زیاد (H): ترک پرشده یا پر نشده که توسط ترک‌های با شدت متوسط یا زیاد احاطه شده باشند؛ یا ترک‌های پر نشده با عرض بیش‌تر از ۷۵ میلی‌متر؛ یا ترک‌های با هر عرض دلخواه با خردشدگی روسازی در فاصلهٔ چند سانتی‌متری از آن‌ها.

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۵۴ سطوح شدت ترک‌های طولی و عرضی.

۱۱-۲-۱۰-۷- وصله‌کاری

وصله ناحیه‌ای از روسازی است که برای ترمیم روسازی موجود با مصالح جدید جایگزین شده است. یک وصله مهم نیست که چقدر خوب کار می‌کند در هر حال مقداری ناهمواری با این خرابی همراه است.

۱-۱۱-۲-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): وصله در شرایط خوب و راضی‌کننده است و افت کیفیت رانندگی اندک است.
- شدت متوسط (M): وصله به مقدار ناچیزی مضمحل شده است و افت کیفیت رانندگی متوسط است.
- شدت زیاد (H): وصله به‌شدت مضمحل شده است و افت کیفیت رانندگی شدید است.

وصله برحسب مترمربع سطح اندازه‌گیری می‌شود. با این وجود چنانچه یک وصله تنها دارای نواحی خرابی با شدت‌های گوناگون باشد، این نواحی را باید به‌طور جداگانه اندازه‌گیری و ثبت نمود. اگر محوطه وصله‌شده دچار خرابی‌هایی نظیر کناررفتگی یا ترک‌خوردگی شده باشد در هنگام ارزیابی وضعیت روسازی واحد نمونه این خرابی‌ها را که در داخل وصله به‌وجود آمده‌اند، نباید ثبت نمود بلکه باید ناحیه خراب را به‌عنوان وصله ارزیابی و ثبت نمود. از طرفی چنانچه بخش قابل‌ملاحظه‌ای از روسازی با وصله عمقی بازسازی و ترمیم شده باشد، این بخش را نباید به‌عنوان یک وصله تلقی و ارزیابی کرد؛ بلکه باید به‌عنوان یک روسازی جدید و نو در نظر گرفت.

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

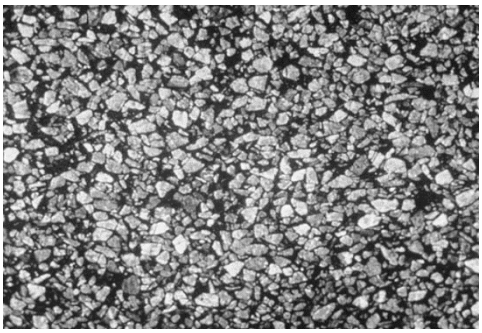
شکل ۵۵ سطوح شدت وصله‌کاری.

۱۲-۲-۱۰-۷- صیقلی‌شدن سنگ‌دانه‌ها

این خرابی در اثر تکرار بارگذاری ترافیک اتفاق می‌افتد. صیقلی‌شدن سنگ‌دانه‌ها باید هنگامی به‌حساب آورده شود که به طور نسبی و در مقایسه با بررسی‌های دقیقی که قبلاً بر روی سطح آسفالت انجام‌شده، درصد دانه‌هایی که ارتفاع رأس آن‌ها از سطح روسازی بیرون است، کمتر باشد و دانه‌های سطح رویه بر اثر تماس با چرخ صاف شده باشند. این نوع خرابی زمانی نمایان و به اثبات می‌رسد که عدد به‌دست‌آمده در آزمایش مقاومت در برابر لغزندگی کوچک باشد و یا نسبت به ارزیابی قبلی به میزان قابل‌ملاحظه‌ای کاهش یافته باشد. این خرابی برحسب مترمربع سطح اندازه‌گیری می‌شود.

۱-۱۲-۲-۱۰-۷- سطوح شدت

در مورد این خرابی هیچ سطحی از شدت تعریف نشده است. بااین‌حال صیقلی‌شدن سنگ‌دانه‌ها را فقط هنگامی می‌توان به‌عنوان یک نارسایی در بررسی وضعیت روسازی وارد نمود که به سطح قابل‌ملاحظه‌ای کاهش یافته باشد.



شکل ۵۶ خرابی وصله‌کاری.

۱۳-۲-۱۰-۷- چاله‌ها

چاله‌ها معمولاً فرورفتگی‌های کاسه‌ای‌شکل کوچک در سطح روسازی هستند و قطری کمتر از ۷۵۰ میلی‌متر دارند. چاله‌ها معمولاً دارای لبه‌های تیز هستند و همچنین هنگامی‌که حفره‌ها در اثر ترک‌خوردگی خستگی با شدت بالا ایجاد شوند، باید آن‌ها را به‌عنوان چاله شناسایی کرد نه هوازدگی.

۱-۱۳-۲-۱۰-۷- سطوح شدت

سطوح شدت چاله‌های با قطر کمتر از ۷۵۰ میلی‌متر در بر اساس قطر و ارتفاع چاله بیان شده است. اگر قطر چاله بیش‌تر از ۷۵۰ میلی‌متر باشد، ابتدا باید مساحت را برحسب مترمربع محاسبه نمود و سپس بر ۰/۵ مترمربع تقسیم کرد تا تعداد چاله‌های معادل به دست بیاید. همچنین اگر عمق چاله برابر یا کوچک‌تر از ۲۵ میلی‌متر کمتر باشد، چاله با شدت متوسط در نظر گرفته می‌شود و اگر عمق چاله بیش‌تر از ۲۵ میلی‌متر باشد باید با شدت زیاد در نظر گرفته شود. چاله‌ها بر اساس تعداد چاله با شدت‌های کم، متوسط و زیاد اندازه‌گیری می‌شوند.

جدول ۵۰ سطوح شدت خرابی چاله.

میانگین قطر (میلی‌متر)			حداکثر عمق چاله
۴۰۰ – ۷۵۰	۲۰۰ – ۴۰۰	۱۰۰ – ۲۰۰	(میلی‌متر)
متوسط	کم	کم	۱۳≤ عمق ≤ ۵۰
زیاد	متوسط	کم	۲۵ < عمق ≤ ۵۰
زیاد	متوسط	متوسط	۵۰ <عمق

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۵۷ سطوح شدت خرابی چاله.

۱۴-۲-۱۰-۷- گذرگاه راه‌آهن

خرابی گذرگاه راه‌آهن عبارت است از تورفتگی‌ها یا برآمدگی‌های اطراف یا مابین خطوط راه‌آهن در محل گذرگاه‌های راه‌آهن. این خرابی برحسب مترمربع سطح اندازه‌گیری می‌شود. چنانچه گذرگاه راه‌آهن بر کیفیت رانندگی تأثیری

نگذارد، نباید آن‌را به‌حساب بیاوریم. هرگونه برآمدگی بزرگی که به‌واسطه خطوط راه‌آهن ایجاد شده باشد را باید به‌عنوان بخشی از گذرگاه راه‌آهن به‌حساب آورد.

۱-۱۴-۲-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): گذرگاه راه‌آهن باعث افت اندک کیفیت رانندگی می‌شود.
- شدت متوسط (M): گذرگاه راه‌آهن باعث افت متوسط کیفیت رانندگی می‌شود.
- شدت زیاد (H): گذرگاه راه‌آهن باعث افت شدید کیفیت رانندگی می‌شود.

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۵۸ سطوح شدت خرابی گذرگاه راه‌آهن.

۱۵-۲-۱۰-۷- شیارشدگی

شیارشدگی یک فرورفتگی سطحی در زیر مسیر عبور چرخ‌ها است. هرچند بالاآمدگی در امتداد دیواره‌های شیار امکان‌پذیر است لیکن در بسیاری از موارد شیارها تنها پس از بارندگی و هنگامی‌که با آب پر شده‌اند قابل تشخیص هستند. شیار یا گود افتادگی در مسیر عبور چرخ‌ها از تغییر شکل دائمی یکی از لایه‌ها یا بستر روسازی (معمولاً به علت تحکیم یا حرکت جانبی مصالح در اثر بار ترافیکی) به وجود می‌آید. شیار قابل‌ملاحظه می‌تواند به گسیختگی سازه‌ای روسازی منجر شود.

گودی مسیر چرخ‌ها برحسب مترمربع (طول × عمق شیار) اندازه‌گیری می‌شود و شدت آن به‌وسیله میانگین عمق شیار تعیین می‌شود. میانگین عمق شیار را می‌توان با قراردادن یک شمشه فلزی یا چوبی بلند در عرض راه و اندازه‌گیری عمق شیار در نقاط مختلف و در طول مسیر به دست آورد.

۱-۱۵-۲-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): میانگین عمق شیار بین ۶ تا ۱۳ میلی‌متر است.
- شدت متوسط (M): میانگین عمق شیار بین ۱۳ تا ۲۵ میلی‌متر است.
- شدت زیاد (H): میانگین عمق شیار بیش‌تر از ۲۵ میلی‌متر است.

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۵۹ سطوح شدت شیار افتادگی.

۱۶-۲-۱۰-۷- جمع‌شدگی (فتیله شدن)

فیتیله‌شدن در واقع یک نوع تغییرشکل موضعی و پلاستیک آسفالت است که بر اثر جریان ترافیک و در جهت عمود بر جهت حرکت وسایل‌نقلیه اتفاق می‌افتد. هنگامی‌که جریان ترافیک نیروی برشی زیادی را به روسازی وارد می‌کند، یک موج کوتاه ناگهانی در روسازی ایجاد می‌شود که عمدتاً به‌دلیل فقدان چسبندگی کافی بین لایه آستر و رویه و ی ناپایدار بودن آسفالت در هوای گرم است.

این خرابی برحسب مترمربع سطح اندازه‌گیری می‌شود. کنارفتگی‌هایی که در محل وصله به وقوع می‌پیوندند، هنگام ارزیابی وصله به‌عنوان یک خرابی جداگانه در نظر گرفته نمی‌شوند.

۱-۱۶-۲-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): جمع‌شدگی باعث افت اندک کیفیت رانندگی می‌شود.
- شدت متوسط (M): جمع‌شدگی باعث افت متوسط کیفیت رانندگی می‌شود.
- شدت زیاد (H): جمع‌شدگی باعث افت شدید کیفیت رانندگی می‌شود.

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

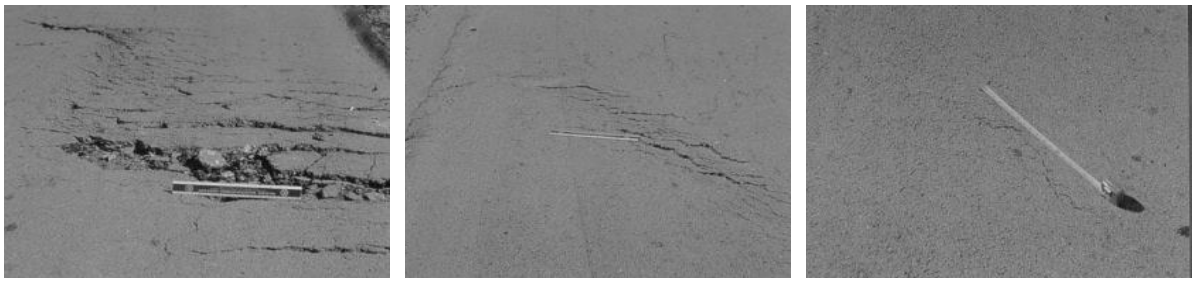
شکل ۶۰ سطوح شدت جمع‌شدگی.

۱۷-۲-۱۰-۷- ترک‌خوردگی لغزشی

ترک‌های لغزشی به ترک‌های هلالی‌شکل اطلاق می‌شود. این ترک‌ها هنگامی به وجود می‌آیند که ترمزگیری یا گردش چرخ‌ها باعث لغزیدن یا تغییرشکل قشر رویه روسازی می‌شوند. این خرابی معمولاً هنگامی اتفاق می‌افتد که پیوستگی بین لایه رویه و لایه زیر آن ضعیف است. وجود موادی از قبیل گرد و خاک، روغن‌های نفتی یا آب که ممکن است به علت عدم دقت در روی سطح راه و قبل از اجرای رویه آسفالتی وجود داشته باشد. می‌تواند منجر به ضعف پیوستگی لایه رویه به لایه زیرین و به‌وجود آمدن این نوع ترک‌ها می‌شود. این خرابی برحسب متر طول اندازه‌گیری شده و براساس بالاترین سطح شدت ناحیه درجه‌بندی می‌شود.

۱-۱۷-۲-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): میانگین عرض ترک کم‌تر از ۱۰ میلی‌متر است.
- شدت متوسط (M): میانگین عرض ترک بین ۱۰ و ۴۰ میلی‌متر است و ناحیه اطراف ترک به‌صورت تکه‌های خردشده به هم فشرده درآمده است.
- شدت زیاد (H): میانگین عرض ترک بیش‌تر از ۴۰ میلی‌متر است و ناحیه اطراف ترک به‌صورت تکه‌های خردشده‌ای که به‌سهولت قابل جداکردن هستند درآمده است.



شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

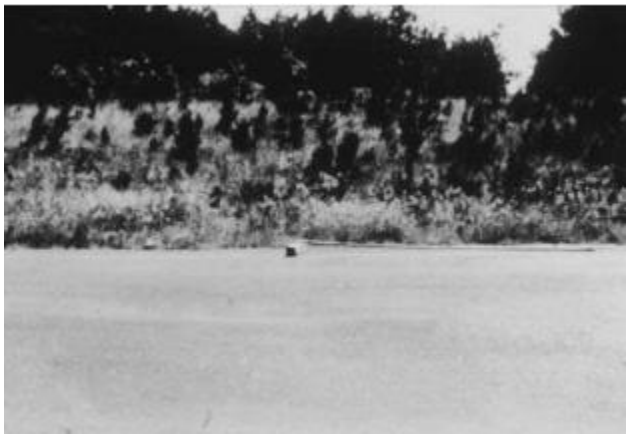
شکل ۶۱ سطوح شدت ترک‌خوردگی لغزشی.

۱۸-۲-۱۰-۷- تورم

تورم به برآمدگی سطح روسازی به سمت بالا اطلاق می‌شود که عبارت است از یک موج بلند تدریجی با بیش از ۳ متر طول. این خرابی معمولاً در اثر یخبندان در بستر و خاک‌های قابل تورم به وجود می‌آید. این خرابی بر حسب مترمربع سطح اندازه‌گیری می‌شود.

۱-۱۸-۲-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): تورم باعث افت اندک کیفیت رانندگی می‌شود.
- شدت متوسط (M): تورم باعث افت متوسط کیفیت رانندگی می‌شود.
- شدت زیاد (H): تورم باعث افت شدید کیفیت رانندگی می‌شود.



شکل ۶۲ خرابی تورم.

۱۹-۲-۱۰-۷- شن‌زدگی

شن‌زدگی عبارت است از جداشدن و از جا درآمدن دانه‌های مصالح سنگی از آسفالت روسازی. این خرابی معمولاً از کناره‌های روسازی شروع و به‌طرف نقاط داخلی آسفالت پیشروی می‌کند. نرم‌شدن سطح روسازی و از جا درآمدن سنگ‌دانه‌ها در اثر روغن‌ریزی نیز در زمره شن‌زدگی وضعیت روسازی محسوب می‌شود. این خرابی بر حسب متر طول اندازه‌گیری می‌شود.

۱-۱۹-۲-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): مصالح سنگی شروع به عریان شدن و یا اینکه قیر شروع به ساییدگی و از دست‌دادن چسبندگی و جداشدن از دانه‌های سنگی نموده است. در برخی نواحی، در سطح روسازی حفره‌هایی در حال تشکیل هستند. در موارد روغن‌ریزی، لکه روغن قابل رویت بوده لیکن، سطح روسازی سفت است و نمی‌توان سکه‌ای را به داخل آن فرو کرد.
- شدت متوسط (M): مصالح سنگی نیمه عریان و به‌کلی ساییده شده‌اند. بافت سطحی نسبتاً هموار و حفره‌دار است. در موارد روغن‌ریزی، سطح روسازی نرم است و می‌توان سکه‌ای را به داخل آن فرو برد.
- شدت زیاد (H): مصالح سنگی کاملاً عریان و یا اینکه چسبنده قیری به طور قابل‌ملاحظه‌ای ساییده و از سنگ‌دانه‌ها جدا شده است. بافت سطحی بسیار ناهموار و به‌شدت حفره‌دار است. قطر نواحی حفره‌دار کمتر از ۱۰ میلی‌متر و عمق آن‌ها کمتر از ۱۳ میلی‌متر است. نواحی حفره‌دار بزرگ‌تر نوعی چاله محسوب می‌شوند. در موارد روغن‌ریزی، چسبنده قیری خاصیت چسبندگی خود را از دست داده و سنگ‌دانه‌ها کنده یا شل شده‌اند.

شدت متوسط

شدت زیاد

شکل ۶۳ سطوح شدت شن زدگی.

۲۰-۲-۱۰-۷- هوازدگی

خرابی هوازدگی به معنای فرسودگی قیر و مصالح سنگی ریزدانه است و در مناطقی با تابش نور آفتاب زیاد با سرعت بیش‌تری رخ می‌دهد. این خرابی برحسب مترمربع سطح اندازه‌گیری می‌شود.

۱-۲۰-۲-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): سطح آسفالت شروع به نشان‌دادن علائم فرسودگی می‌کند که ممکن است توسط شرایط آب و هوایی تسریع شود. این شدت از خرابی در اوایل عمر روسازی (تا ۶ ماه) اتفاق افتاده و با از دست رفتن پوشش قیری و نمایان شدن لبه‌های سنگ‌دانه‌های درشت همراه است.
- شدت متوسط (M): از دست رفتن پوشش قیر و بخش ریزدانه مخلوط قابل توجه است و لبه‌های سنگ‌دانه‌های درشت تا یک‌چهارم بلندترین ضلع سنگ‌دانه نمایان است.
- شدت زیاد (H): از دست رفتن پوشش قیر و بخش ریزدانه مخلوط قابل توجه است و لبه‌های سنگ‌دانه‌های درشت بیش‌تر از یک‌چهارم بلندترین ضلع سنگ‌دانه نمایان است.

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۶۴ سطوح شدت هوازدگی.

۳-۱۰-۷- خرابی‌های روسازی بتنی

۱-۳-۱۰-۷- ترکیدگی/کمانش

ترکیدگی یا کمانش در هوای گرم معمولاً هنگامی به وقوع می‌پیوندد که عرض درز یا ترک عرضی به اندازه کافی نباشد تا دال بتواند منبسط شود. کافی‌نبودن عرض درز معمولاً از نفوذ مواد تراکم‌ناپذیر در داخل درز ناشی می‌شود. در صورتی‌که تنش ناشی از انبساط به اندازه کافی آزاد نشود، لبه‌های دال به‌صورت موضعی به طرف بالا تاب می‌خورد

و یا اینکه، در اطراف درز، دال خرد می‌شود. کمانش و ترکیدگی در محل کنده‌کاری‌ها و ورودی زهکشی‌ها نیز اتفاق می‌افتد.

برای شمارش این خرابی، هرگاه ترکیدگی در محل یک ترک اتفاق بیفتد، برای یک دال ثبت می‌شود. در عین حال چنانچه ترکیدگی در محل یک درز به وقوع بپیوندد و هر دو دال را تحت تأثیر قرار دهد، آنگاه خرابی برای هر دو دال ثبت می‌شود.

۱-۱-۳-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): کمانش یا خردشدگی دال باعث افت اندک کیفیت رانندگی می‌شود.
- شدت متوسط (M): کماش یا خردشدگی دال باعث افت متوسط کیفیت رانندگی می‌شود.
- شدت زیاد (H): کمانش یا خردشدگی دال باعث افت شدید کیفیت رانندگی می‌شود.

شدت کم

شدت متوسط

شدت زیاد

شکل ۶۵ سطوح شدت ترکیدگی/کمانش.

۲-۳-۱۰-۷- شکستگی گوشه

شکستگی گوشه به ترکی اطلاق می‌شود که درزهای دال را نسبت به گوشه دال در فاصله‌ای حداکثر مساوی با نصف طول دال از دو طرف قطع نماید. برای نمونه دالی به ابعاد ۶/۱ × ۷/۳ متر که دارای یک ترک به فاصله ۵/ ۱ متر در یک طرف و به فاصله ۳/۷ متر در یک طرف دیگر است را نمی‌توان به‌عنوان دالی که دچار شکستگی گوشه است، به‌حساب آورد، بلکه این دال دارای یک ترک قطری است. در حالی که ترکی که درزها را به فاصله ۱/۲ متر در یک طرف و به فاصله ۲/۴ متر در طرف دیگر قطع می‌کند را می‌توان به‌عنوان شکستگی گوشه به‌حساب آورد.

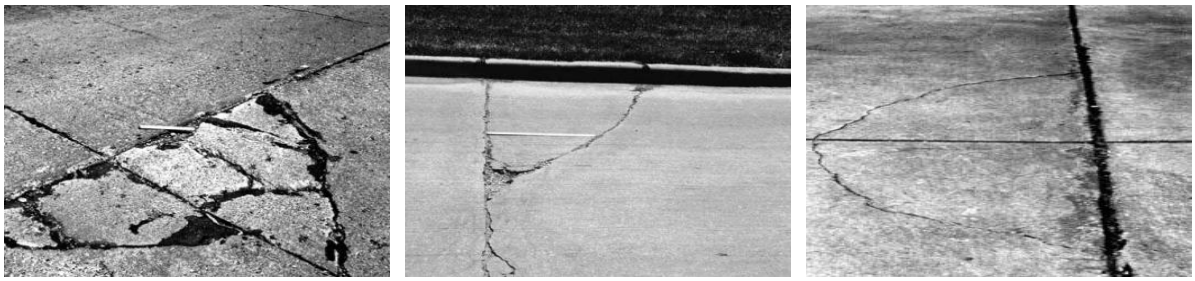
معمولاً تکرار بارگذاری همراه با ازبین‌رفتن تکیه‌گاه و تنش‌های ناشی از تابیدگی باعث ایجاد شکستگی گوشه می‌شوند.

برای شمارش این خرابی، دالی را که دچار خرابی شده است، تحت شرایط زیر به‌عنوان یک دال شمارش می‌شود:

- دارای یک شکستگی گوشه باشد؛
- دارای بیش از یک شکستگی گوشه با شدن معین باشد؛
- دارای دو شکستگی یا بیشتر با شدت‌های گوناگون باشد. در این حالت باید بالاترین سطح شدت ثبت شود. برای نمونه دالی که هم دارای شکستگی گوشه با شدت کم و هم شدت متوسط است، باید به‌عنوان یک دال با شکستگی متوسط گوشه شمارش شود.

۱-۲-۳-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): شکستگی به‌وسیله یک ترک با شدت کم مشخص می‌شود و ناحیه بین شکستگی و درزها یا اصلاً بدون ترک‌خوردگی است و یا ممکن است دارای ترک‌خوردگی کم باشد.
- شدت متوسط (M): شکستگی به‌وسیله یک ترک با شدت متوسط مشخص می‌شود و یا ناحیه بین شکستگی و درزها دارای یک ترک متوسط است.
- شدت زیاد (H): شکستگی به‌وسیله یک ترک با شدت زیاد مشخص می‌شود و یا ناحیه بین شکستگی و درزها دارای ترک‌خوردگی زیاد است.



شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۶۶ سطوح شدت شکستگی گوشه.

۳-۳-۱۰-۷- تقسیم دال

در این نوع خرابی، دال در اثر بارگذاری بیش از حد و یا تکیه‌گاه ناکافی، به‌وسیله ترک‌های به ۴ تکه یا بیشتر تقسیم می‌شود. چنانچه کلیه ترک‌ها در داخل یک شکستگی گوشه قرار گرفته باشند، این خرابی به‌عنوان شکستگی

شدید گوشه طبقه‌بندی می‌شود. سطوح شدت این خرابی در جدول ۵۱ تعریف شده است. در شمارش این خرابی، چنانچه شدت تقسیم دال متوسط یا زیاد باشد، خرابی‌های دیگر به‌حساب آورده نمی‌شوند.

جدول ۵۱ سطوح شدت خرابی تقسیم دال.

تعداد تکه‌ها در دال ترک‌خورده			شدت اکثریت ترک‌ها
۸ یا بیشتر	۶ – ۸	۴ – ۵	
متوسط	کم	کم	کم
زیاد	متوسط	متوسط	متوسط
زیاد	زیاد	متوسط	زیاد

شدت کم

شدت متوسط

شدت زیاد

شکل ۶۷ سطوح شدت تقسیم دال.

۴-۳-۱۰-۷- ترک‌خوردگی دوام (نوع D)

ترک‌خوردگی نوع D، به علت انبساط سنگ‌دانه‌های بزرگ در اثر یخبندان / ذوب یخ به وجود می‌آید که در طول زمان به‌تدریج به از هم پاشیدن بتن می‌انجامد. این خرابی معمولاً به‌صورت الگوی از ترک‌ها که به موازات و در مجاورت یک درز یا ترک خطی امتداد می‌یابند، ظاهر می‌شود. از آنجایی که بتن در نزدیکی درزها و ترک‌ها اشباع می‌شود، معمولاً در اطراف ترک‌های ریز نوع D، رسوبات تیره رنگی یافت می‌شوند. این نوع خرابی ممکن است در نهایت به از هم پاشیدن تمامی دال منجر شود.

برای شمارش خرابی، در صورتی که خرابی با یک سطح شدت درجه‌بندی شده باشد، آن را به‌عنوان یک دال شمارش می‌کنند. چنانچه بیش از یک سطح شدت وجود داشته باشد، سطح شدت بالاتر را در نظر می‌گیرند.

۱-۴-۳-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): ترک‌های نوع D که کمتر از ۱۵ درصد سطح دال را در بر می‌گیرند. اغلب ترک‌ها محکم و بدون حرکت هستند. با این وجود ممکن است تکه‌های محدودی از جای خود بیرون آمده باشند.
- شدت متوسط (M):
- ترک‌های نوع D که کمتر از ۱۵ درصد سطح دال را در بر می‌گیرند. اغلب تکه‌ها از جای خود بیرون آمده یا به آسانی قابل بیرون آورند هستند.
- ترک‌های نوع D که بیشتر از ۱۵ درصد سطح دال را در بر می‌گیرند. اغلب محکم و بدون حرکت هستند؛ ولی ممکن است تکه‌های معدودی از جای بیرون آمده یا به آسانی قابل بیرون آوردن باشند.
- شدت زیاد (H): ترک‌های نوع D که بیش از ۱۵ درصد سطح دال را در بر می‌گیرند و اغلب تکه‌ها از جا بیرون زده و یا به آسانی قابل بیرون آوردن هستند.

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۶۸ سطوح شدت ترک‌خوردگی دوام نوع D.

۵-۳-۱۰-۷- پلکانی شدن

پلکانی شدن عبارت است از اختلاف ارتفاع بین دو طرف یک درز. برخی از علل متداول برای پلکانی شدن عبارت‌انداز:

- نشست در اثر ضعیف بودن بستر؛
- مکش یا فرسایش مصالح از زیر دال؛
- تابیدگی لبه‌های دال در اثر تغییرات درجه حرارت و رطوبت.

این نوع خرابی معمولاً در روسازی‌هایی اتفاق می‌افتد که هیچ وسیله انتقال باری در درزهای آن‌ها وجود نداشته باشد. پلکانی شدن درزها موجب کاهش کیفیت رانندگی می‌شود.

۱-۵-۳-۱۰-۷- سطوح شدت

سطوح شدت این نوع خرابی بر حسب اختلاف ارتفاع در دو طرف درز یا ترک بیان می‌شود که در جدول ۵۲ ارائه شده است.

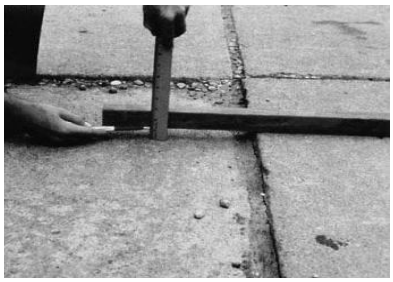
جدول ۵۲ سطوح شدت برای خرابی پلکانی شدن.

اختلاف ارتفاع (میلی‌متر)	سطح شدت
۳-۱۰	L
۱۰-۱۹	M
>۱۹	H

نحوه شمارش این خرابی به این صورت است که پلکانی‌شدن هر درز به‌عنوان یک دال شمارش می‌شود و تنها دال‌هایی شمارش می‌شود که دچار خرابی شده باشد. پلکانی‌شدن ترک‌ها به‌عنوان خرابی محسوب نمی‌شود، بلکه هنگام تعریف شدت ترک مورد ملاحظه قرار می‌گیرد.

شدت کم

شدت متوسط



شدت زیاد

جدول ۵۳ سطوح شدت خرابی پلکانی شدن.

۶-۳-۱۰-۷- آسیب‌دیدگی درزگیر

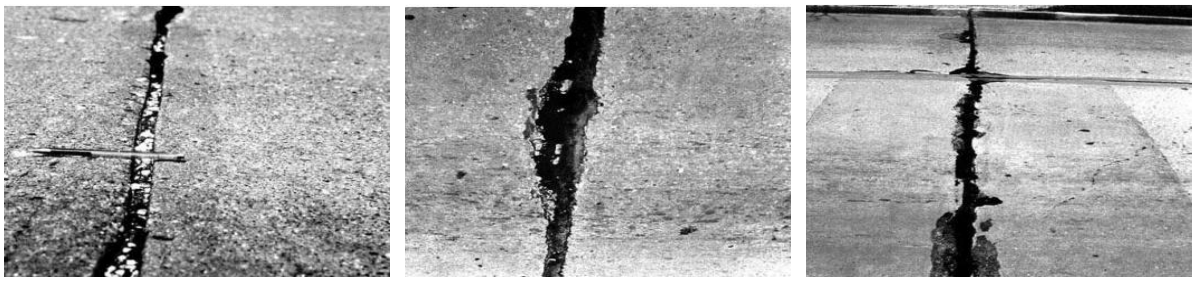
آسیب‌دیدگی درزگیر به هر وضعیتی اطلاق می‌شود که موجب انباشته‌شدن خاک یا سنگ‌ریزه در درون درزها شود و امکان نفوذ قابل‌ملاحظه آب را به داخل درز به وجود بیاورد. انباشت مواد تراکم‌ناپذیر، مانع از منبسط‌شدن دال در محل درز می‌شود و ممکن است به کمانش، خردشدگی، منجر شود.

یک پرکننده انعطاف‌پذیر که با لبه‌های دال پیوستگی داشته باشد، درزها را در مقابل انباشت مواد محافظت و از نفوذ آب به پایین و نرم‌شدن خاک بستر تکیه‌گاه دال جلوگیری می‌کند. انواع متعارف آسیب‌دیدگی درزگیر عبارتنداز:

۱. خالی‌شدن درزگیر؛
۲. خارج‌شدن درزگیر تحت‌فشار؛
۳. رشد گیاهان هرز؛
۴. سفت‌شدن مواد پرکننده؛
۵. از بین‌رفتن پیوستگی درزگیر با لبه دال؛
۶. کمبود و یا نبود درزگیر در داخل درز.

۱-۶-۳-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): وضعیت عمومی درزگیر در سرتاسر قطعه خوب است. درزگیر به نحو مطلوب عمل می‌کند و تنها آسیب مختصری مشاهده می‌شود. در این وضعیت نیاز به اقدام خاصی نیست.
- شدت متوسط (M): وضعیت عمومی درزگیر در سرتاسر قطعه متوسط است و دارای یک یا چند نوع آسیب‌دیدگی در حد متوسط است. درزگیر باید در طی دو سال آینده تعویض شود.
- شدت زیاد (H): وضعیت عمومی درزگیر در سرتاسر قطعه بد است و دارای یک یا چند نوع از آسیب‌دیدگی‌های مربوط به درزگیر است که در حد شدید ظاهر می‌شوند. درزگیر فوراً باید تعویض شود.



شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۶۹ سطوح شدت آسیب‌دیدگی درزگیر.

۷-۳-۱۰-۷- پایین‌افتادگی شانه

پایین‌افتادگی شانه عبارت است از اختلاف ارتفاع بین شانه‌ای که دچار نشست یا فرسایش شده است و لبه خط عبوری روسازی. این اختلاف ارتفاع علاوه بر افزایش نفوذ آب می‌تواند خطری برای ایمنی به وجود آورد. میانگین افتادگی شانه با معدل گرفتن از حداکثر و حداقل افتادگی در امتداد طول دال محاسبه می‌شود. هر دالی که نشان دهنده خرابی باشد به طور جداگانه اندازه‌گیری شده و به‌عنوان یک دال با سطح شدت مقتضی شمارش می‌شود.

۱-۷-۳-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): اختلاف ارتفاع بین لبه روسازی و شانه بین ۲۵ تا ۵۰ میلی‌متر است.
- شدت متوسط (M): اختلاف ارتفاع بین لبه روسازی و شانه بین ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر است.
- شدت زیاد (H): اختلاف ارتفاع بین لبه روسازی و شانه بیش از ۱۰۰ میلی‌متر است.

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۷۰ سطوح شدت افتادگی شانه.

۸-۳-۱۰-۷- ترک‌خوردگی خطی (ترک‌های طولی، عرضی و قطری)

این ترک‌ها که دال‌ها را به دو یا سه تکه تقسیم می‌کنند، معمولاً در اثر ترکیبی از عوامل از جمله تکرار بارگذاری ترافیکی، تابیدگی ناشی از تغییرات دما و تکرار بارگذاری ناشی از رطوبت به وجود می‌آیند (دال‌هایی که به چهار تکه یا بیشتر تقسیم شده‌اند به‌عنوان دال تقسیم‌شده شمارش می‌شوند). ترک‌های با شدت کم معمولاً از تابیدگی یا اصطکاک ناشی می‌شوند و به‌عنوان خرابی اصلی سازه‌ای به‌حساب نمی‌آیند. ترک‌های با شدت متوسط یا زیاد معمولاً ترک‌های فعال هستند و به‌عنوان خرابی سازه‌ای محسوب می‌شوند. ترک‌های تار مویی که تنها چند متر طول دارند و در سرتاسر طول دال امتداد نمی‌یابند به‌عنوان ترک‌های انقباضی محسوب می‌شوند.

نحوه شمارش این خرابی بدین صورت است که پس از آنکه یکی از سطوح شدت تشخیص داده شد، خرابی به‌عنوان یک دال ثبت می‌شود. چنانچه در داخل یک دال ۲ ترک با شدت متوسط وجود داشته باشد، این دال برای یک ترک با شدت زیاد شمارش می‌شود. دال‌هایی که به ۴ تکه یا بیشتر تقسیم شده‌اند، به‌عنوان دال تقسیم شده حساب می‌شوند. در دال‌های مسلح ترک‌های با عرض کمتر از ۳ میلی‌متر به‌عنوان ترک‌های انقباضی محسوب می‌شوند. دال‌هایی که طول آن‌ها بیش‌تر از ۹ متر است به دال‌هایی تقریباً با طول‌های مساوی برای درزهایی که بی‌عیب‌ونقص هستند، تقسیم می‌شوند.

۱-۸-۳-۱۰-۷- سطوح شدت – دال‌های غیرمسلح

- شدت کم (L): ترک‌های پر نشده، کوچک‌تر یا مساوی ۱۳ میلی‌متر یا ترک‌های پر شده با هر عرض که مصالح پرکننده در وضع رضایت بخشی قرار داشته و پلکانی‌شدن به چشم نخورد.
- شدت متوسط (M): یکی از شروط زیر برقرار باشد:
  ۱. ترک پر نشده با عرض بین ۱۳ تا ۵۰ میلی‌متر؛
  ۲. ترک پر نشده با عرض تا ۵۰ میلی‌متر و پلکانی‌شدن کمتر از ۱۰ میلی‌متر؛
  ۳. ترک پر شده با هر عرض و پلکانی‌شدن کمتر از ۱۰ میلی‌متر.
- شدت زیاد (H): یکی از شروط زیر برقرار باشد:
  ۱. ترک پر نشده به عرض بزرگ‌تر از ۵۰ میلی‌متر؛
  ۲. ترک پرشده یا پرنشده با هر عرض و پلکانی‌شدن بیشتر از ۱۰ میلی‌متر.

۲-۸-۳-۱۰-۷- سطوح شدت – دال‌های مسلح

- شدت کم (L): ترک‌های پر نشده به عرض ۳ تا ۲۵ میلی‌متر، ترک‌های پرشده با هر عرض و مصالح پرکننده در وضعیت رضایت‌بخش و عدم پلکانی شدن.
- شدت متوسط (M): یکی از شروط زیر برقرار باشد:
  ۱. ترک پر نشده بین ۲۵ و ۷۵ میلی‌متر؛
  ۲. ترک پر نشده با هر عرض تا ۷۵ میلی‌متر و پلکانی‌شدن کمتر از ۱۰ میلی‌متر؛
  ۳. ترک پرشده با هر عرض و پلکانی‌شدن کمتر از ۱۰ میلی‌متر

- شدت زیاد (H): یکی از شروط زیر برقرار باشد:

۱. ترک پرنشده به عرض بزرگ‌تر از ۷۵ میلی‌متر؛

۲. ترک پرشده یا پر نشده بدون درنظرگرفتن عرض و پلکانی شدن بیشتر از ۱۰ میلی‌متر.

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

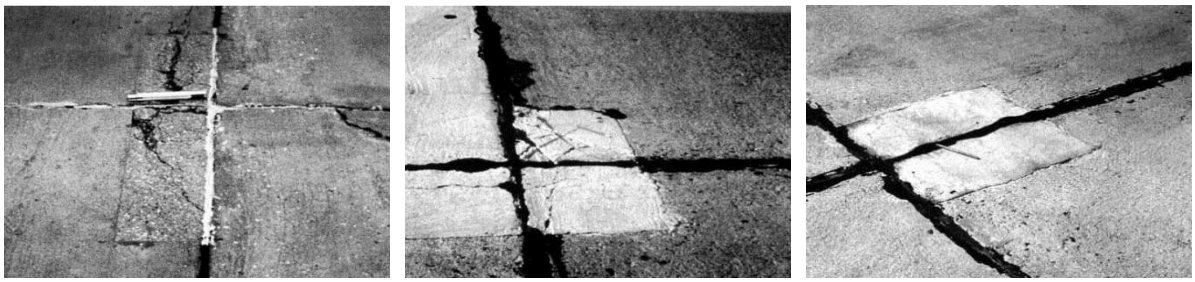
شکل ۷۱ سطوح شدت ترک‌خوردگی خطی.

۹-۳-۱۰-۷- وصله کوچک (کمتر از ۰/۵ مترمربع)

وصله عبارت است از سطحی که در آن روسازی اولیه برداشته شده و به‌وسیله مصالح پرکننده جایگزین شده است. برای شمارش این خرابی، چنانچه در یک دال، یک یا چند وصله با شدت یکسان باشد، به‌عنوان یک دال دارای این خرابی شمارش می‌شود. چنانچه در یک دال، بیش از یک سطح شدت وجود داشته باشد، به‌عنوان یک دال با سطح شدت بالاتر شمارش می‌شود.

۱-۹-۳-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): وصله به‌خوبی انجام وظیفه کرده و اضمحلال کمی داشته و یا بدون اضمحلال است
- شدت متوسط (M): وصله تا حدی دچار اضمحلال شده است، مصالح وصله را می‌توان با تلاش زیاد از جای خود بیرون آورد.
- شدت زیاد (H): وصله به شدت مضمحل شده است. گستردگی اضمحلال تعویض دال را ایجاب می‌کند.



شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۷۲ سطوح شدت وصله کوچک.

۱۰-۳-۱۰-۷- وصله‌کاری در سطح وسیع (بیشتر از ۰/۵ مترمربع) و کنده‌کاری

وصله به سطحی اطلاق می‌شود که در آن قسمتی از روسازی اولیه برداشته شده و به‌وسیله مصالح پرکننده جایگزین می‌شود. کنده‌کاری عبارت از وصله‌ای است که به‌جای روسازی اولیه، پس از آنکه عملیات نصب یا نگهداری تأسیسات زیرزمینی انجام شده قرار گرفته است. برای شمارش این خرابی، چنانچه در یک دال، یک یا چند وصله با شدت یکسان باشد، آن دال به‌عنوان یک دال دارای این خرابی شمارش می‌شود. چنانچه در یک دال، بیش از یک سطح شدت وجود داشته باشد، آن دال به‌عنوان یک دال با سطح شدت بالاتر شمارش می‌شود.

۱-۱۰-۳-۱۰-۷- سطوح شدت

سطوح شدت کنده‌کاری همان سطوح شدت برای وصله‌کاری است.

- شدت کم (L): وصله به‌خوبی انجام وظیفه کرده و اضمحلال کمی داشته و یا بدون اضمحلال است
- شدت متوسط (M): وصله تا حدی دچار اضمحلال شده است و یا در اطراف لبه‌ها، خردشدگی متوسط به چشم می‌خورد. مصالح وصله را می‌توان با تلاش زیاد از جای خود بیرون آورد.
- شدت زیاد (H): وصله به شدت مضمحل شده است. گستردگی اضمحلال تعویض دال را ایجاب می‌کند.

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۷۳ سطوح شدت وصله بزرگ و کنده‌کاری.

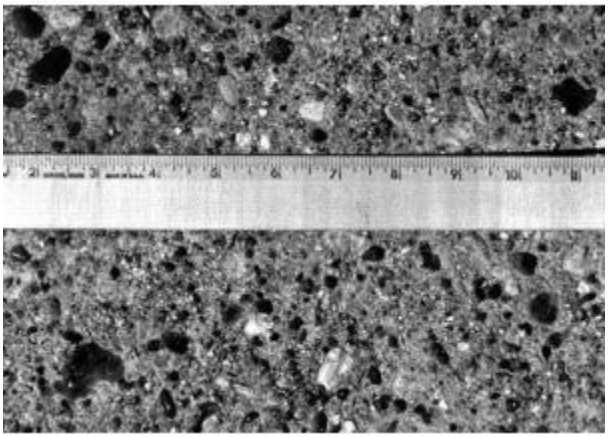
۱۱-۳-۱۰-۷- صیقلی‌شدن سنگ‌دانه‌ها

این خرابی در اثر تکرار بارگذاری ترافیکی به وجود می‌آید. در صورتی که سطح دانه‌ها صاف باشند، اصطکاک آن‌ها با چرخ‌های وسایل نقلیه به طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش پیدا می‌کند. در این نوع خرابی، درصد دانه‌های صیقلی شده‌ای که نوک آن از سطح بتن بیرون می‌زند، کم است و سنگ‌دانه‌های سطح بتن صاف بوده و اصطکاک کمی دارند. هنگامی که عدد به‌دست‌آمده در یک آزمایش مقاومت در برابر لغزندگی کوچک باشد و یا به میزان قابل‌ملاحظه‌ای نسبت به ارزیابی قبلی کاهش‌یافته باشد، می‌توان گفت که این نوع خرابی بروز کرده است.

برای شمارش این نوع خرابی، هر دال دارای دانه‌های صیقلی شده، به‌عنوان یک دال شمارش می‌شود.

۱-۱۱-۳-۱۰-۷- سطوح شدت

هیچ‌گونه درجه‌بندی برای شدت این نوع خرابی تعریف نشده است. بااین‌وجود درجه صیقلی‌شدن برای آنکه بتوان آن را در بررسی وضعیت دخالت داد، باید به حد قابل‌ملاحظه‌ای باشد.



شکل ۷۴ خرابی صیقلی‌شدن سنگ‌دانه‌ها.

۱۲-۳-۱۰-۷- بیرون‌پریدگی

بیرون‌پریدگی هنگامی به وقوع می‌پیوندد که یخ‌بندان – ذوب همراه با انبساط دانه‌ها، باعث کنده‌شدن تکه‌های کوچک بتن از سطح روسازی شود. قطر یک بیرون پریدگی معمولاً ۲۵ تا ۱۰۰ میلی‌متر و عمق آن ۱۳ تا ۵۰ میلی‌متر است.

تراکم بیرون‌پریدگی‌ها باید اندازه‌گیری شود. چنانچه کم‌ترین شکی در این‌که میانگین تراکم بیش‌تر از ۳ بیرون-پریدگی در هر مترمربع است وجود داشته باشد، باید حداقل به طور تصادفی ۳ سطح ۱ مترمربعی کنترل شود. درصورتی‌که میانگین به‌دست‌آمده بزرگ‌تر از این باشد، این دال باید شمارش شود.

۱-۱۲-۳-۱۰-۷- سطوح شدت

سطوح شدت این خرابی تعریف نشده است با این وجود بیرون‌پریدگی‌ها باید گسترش زیادی پیدا کرده باشند تا بتوان آن‌ها را به عنوان یک خرابی محسوب کرد. بیرون‌پریدگی‌ها باید در سرتاسر دال بالغ بر ۳ بیرون‌پریدگی به ازای یک مترمربع سطح دال باشند.

شکل ۷۵ خرابی بیرون پریدگی.

۱۳-۳-۱۰-۷- مکش (پامپینگ)

مکش (پامپینگ) عبارت است از خروج مصالح بستر دال، از میان درزها یا ترک‌ها. علت این پدیده، تغییر شکل دال در اثر عبور بار است. به محض آنکه باری از روی یک درز عبور می‌کند، ابتدا آب موجود در زیر دال تحت فشار قرار گرفته و سپس با فشار به زیر دال مجاور رانده می‌شود. این عمل باعث فرسایش و در نهایت جابه‌جایی و خروج ذرات خاک به همراه آب از زیر دال و ایجاد حفره در زیر دال شده و به نحو فزاینده‌ای به از بین رفتن تکیه‌گاه روسازی منجر می‌شود.

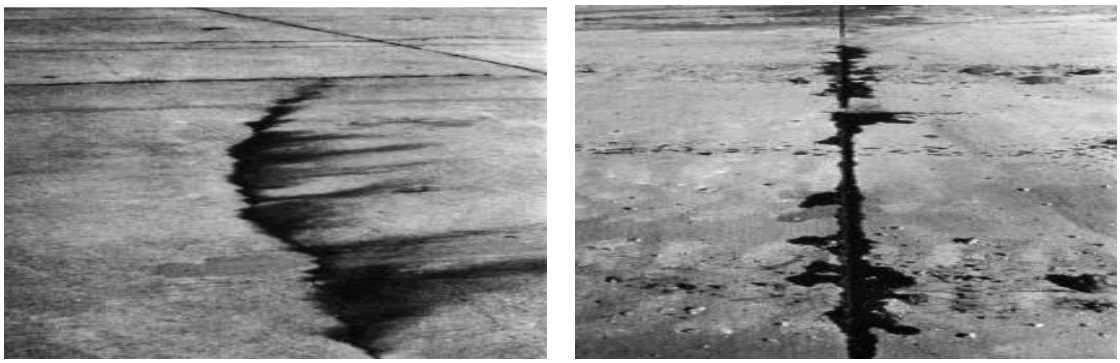
مکش را می‌توان از طریق لکه‌هایی که در سطح روسازی به وجود می‌آید و ظاهر شدن مصالح زیراساس یا بستر بر روی سطح روسازی در نزدیکی درزها یا ترک‌ها تشخیص داد. مکش در نزدیکی درزها در اثر سستی مصالح درزگیر به

وجود می‌آید و نشانه‌ای برای از میان رفتن تکیه‌گاه است. در این حالت تکرار بارگذاری ممکن است، باعث به‌وجودآمدن ترک شود. مکش در امتداد لبه دال نیز می‌تواند به وقوع بپیوندد و باعث از میان‌رفتن تکیه‌گاه شود.

برای شمارش این خرابی، هر درز مکنده بین دو دال به‌عنوان دو دال شمارش می‌شود. در هر حال چنانچه درزهای باقیماندهٔ اطراف دال نیز دچار مکش شده باشند، به‌ازای هر درز اضافی یک دال اضافه می‌شود.

۱-۱۳-۳-۱۰-۷- سطوح شدت

هیچ‌گونه سطح شدتی برای این خرابی تعریف نمی‌شود. تشخیص وجود این نوع خرابی به تنهایی کفایت می‌کند.



شکل ۷۶ خرابی مکش.

۱۴-۳-۱۰-۷- سوراخ‌شدگی

این خرابی عبارت است از یک منطقه محدود از دال که به‌صورت تکه‌تکه در آمده باشد. سوراخ‌شدگی می‌تواند، در شکل‌ها و فرم‌های گوناگون ظاهر شود. ولی معمولاً به‌وسیله یک ترک یا درز و یا دو ترک به فاصلهٔ کمی از یکدیگر (معمولاً ۱/۵ متر) مشخص می‌شود. این خرابی در اثر تکرار بارگذاری سنگین، ناکافی بودن ضخامت دال، از میان رفتن تکیه‌گاه و یا یک عیب موضعی ناشی از اجرای نامناسب بتن به وجود می‌آید. سطوح شدت این خرابی بر اساس شدت ترک‌ها در جدول ۵۴ تعریف شده‌اند.

برای شمارش این خرابی، چنانچه دال دارای یک یا چند سوراخ‌شدگی باشد، سوراخ‌شدگی با شدیدترین سطح برای آن دال منظور و دال شمارش می‌شود.

جدول ۵۴ سطوح شدت خرابی سوراخ‌شدگی.

تعداد تکه‌ها			شدت اکثریت ترک‌ها
بیشتر از ۵	۵ – ۴	۳ – ۲	
متوسط	کم	کم	کم
زیاد	متوسط	کم	متوسط
زیاد	زیاد	متوسط	زیاد

شدت کم

شدت متوسط

شدت زیاد

شکل ۷۷ سطوح شدت سوراخ‌شدگی.

۱۵-۳-۱۰-۷- گذرگاه راه‌آهن

خرابی گذرگاه راه‌آهن به‌وسیله تورفتگی‌ها یا برآمدگی‌های کناره‌های خط آهن مشخص می‌شود. برای شمارش این خرابی، تعداد دال‌هایی که به‌وسیله خطوط راه‌آهن قطع می‌شوند، مدنظر قرار می‌گیرند. هر برآمدگی بزرگی که به‌وسیله خطوط راه‌آهن به‌وجود آمده باشند، باید به‌عنوان جرئی از خرابی شمارش شود.

۱-۱۵-۳-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): گذرگاه راه‌آهن موجب افت کم در کیفیت رانندگی می‌شود.
- شدت متوسط (M): گذرگاه راه‌آهن موجب افت متوسط در کیفیت رانندگی می‌شود.
- شدت زیاد (H): گذرگاه راه‌آهن موجب افت زیاد در کیفیت رانندگی می‌شود.

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۷۸ سطوح شدت خرابی گذرگاه راه‌آهن.

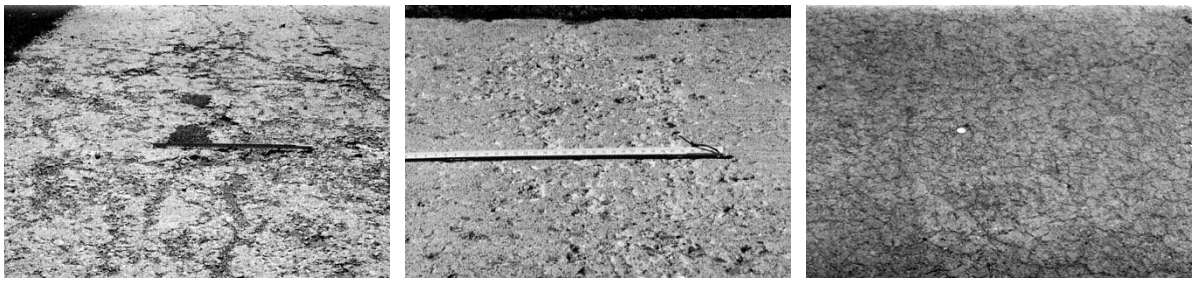
۱۶-۳-۱۰-۷- ترک‌خوردگی ریزسطحی / شن زدگی

ترک‌خوردگی ریزسطحی عبارت است از شبکه‌ای از ترک‌های ریز کم‌عمق که تنها در قسمت فوقانی رویه بتنی گسترش پیدا می‌کنند. این ترک‌ها یکدیگر را با زاویه‌ای حدوداً ۱۲۰ درجه قطع می‌کنند. ترک‌خوردگی ریزسطحی معمولاً در اثر پرداخت بیش از حد سطح بتن به وجود می‌آید و ممکن است به شن‌زدگی منجر شود. شن‌زدگی همچنین می‌تواند در اثر پاشیدن نمک به‌منظور ذوب کردن یخ‌ها، اجرای نادرست، چرخه‌های یخ‌بندان – ذوب یخ و نامرغوب بودن جنس سنگ‌دانه‌ها به وقوع بپیوندد. چنانچه علت شن‌زدگی ترک‌خوردگی نوع D باشد، آن را باید تنها تحت آن خرابی به‌حساب آورد.

نحوهٔ شمارش این خرابی به این صورت است که هر دال شن‌زده به‌عنوان یک دال شمارش می‌شود. ترک‌خوردگی ریز سطحی با شدت کم، تنها هنگامی باید شمارش شود که احتمال شن‌زدگی وجود داشته باشد و یا چندتکه کوچک از سطح دال بیرون زده باشد.

۱-۱۶-۳-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): ترک‌خوردگی ریز سطحی بیشتر سطح دال را فرا گرفته است، سطح دال در وضعیت خوبی قرار دارد و تنها به مقدار ناچیزی، شن‌زده است.
- شدت متوسط (M): کمتر از ۱۵ درصد دال شن‌زده است
- شدت زیاد (H): بیشتر از ۱۵ درصد دال شن‌زده است.



شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

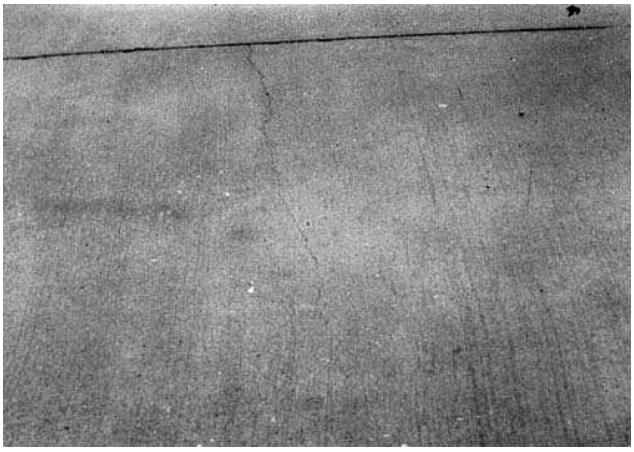
شکل ۷۹ سطوح شدت خرابی ترک‌خوردگی ریز سطحی / شن زدگی.

۱۷-۳-۱۰-۷- ترک‌خوردگی انقباضی

ترک‌های انقباضی عبارت‌اند از ترک‌های تار مویی که معمولاً طول کمتر از ۲ متر دارند و در سرتاسر طول دال امتداد نمی‌یابند. آن‌ها در طی گیرش و عمل‌آوری بتن شکل می‌گیرند و معمولاً در کل ضخامت دال گسترش پیدا نمی‌کنند. چنانچه یک یا چند ترک انقباضی در یک دال معین وجود داشته باشند، دال به‌عنوان یک دال دارای ترک انقباضی شمارش می‌شود.

۱-۱۷-۳-۱۰-۷- سطوح شدت

برای این نوع خرابی سطح شدت مشخصی تعریف نمی‌شود، بلکه تشخیص نوع خرابی به‌تنهایی کفایت می‌کند.



شکل ۸۰ خرابی ترک‌خوردگی انقباضی.

۱۸-۳-۱۰-۷- خردشدگی گوشه

خردشدگی گوشه عبارت است گسیختگی دال تا فاصله ۰/۵ متری از گوشه آن. تفاوت خردشدگی گوشه با شکستگی گوشه در آن است که خردشدگی معمولاً به طور افقی گسترش می‌یابد و در را تحت یک زاویه معین قطع می‌کند، درحالی‌که شکستگی به طور عمودی در عمق دال گسترش پیدا می‌کند. خردشدگی‌هایی که فاصله ترک تا گوشه در آن‌ها در دو طرف کمتر از ۱۳۰ میلی‌متر است، نباید شمارش شود. خردشدگی‌هایی که سطح آن‌ها از ترک تا گوشه در هر دو طرف کمتر از ۶۵۰۰ میلی‌متر مربع است، نباید به‌حساب آورده شود.

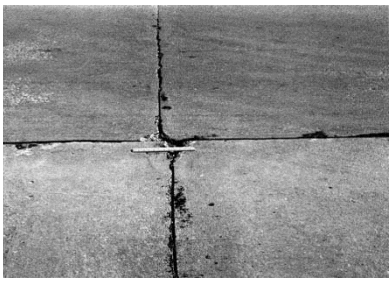
چنانچه در یک دال یک یا چند خردشدگی گوشه با شدت یکسان وجود داشته باشد، این دال به عنوان یک دال با خردشدگی گوشه شمارش می‌شود چنانچه بیش از یک سطح شدت وجود داشته باشد، آن دال به عنوان یک دال با بالاترین سطح شدت شمارش می‌شود.

۱-۱۸-۳-۱۰-۷- سطوح شدت

سطوح شدت این نوع خرابی در جدول ۵۵ تعریف شده‌اند.

جدول ۵۵ سطوح شدت برای خردشدگی گوشه.

ابعاد اضلاع خردشدگی (میلی‌متر)		عمق خردشدگی (میلی‌متر)
>۳۰۰×۳۰۰	۱۳۰×۱۳۰ تا ۳۰۰×۳۰۰	
کم	کم	<۲۵
متوسط	کم	۲۵-۵۰
زیاد	متوسط	>۵۰



شدت کم

شدت متوسط

شدت زیاد

شکل ۸۱ سطوح شدت خرابی خردشدگی گوشه.

۱۹-۳-۱۰-۷- خردشدگی درز

خردشدگی درز عبارت است از گسیختگی لبه‌های دال تا فاصله ۰/۵ متر از درز. خردشدگی درز معمولاً به طور عمودی در عمق ضخامت دال گسترش پیدا نمی‌کند، بلکه درز را به‌صورت مورب قطع می‌کند. خردشدگی از عوامل زیر ناشی می‌شود:

۱. تنش بیش از حد در محل درز در اثر بارگذاری ترافیکی یا در اثر نفوذ مصالح تراکم‌ناپذیر؛
۲. ضعیف‌شدن بتن در محل درز در اثر قرار گرفتن به مدت زیاد در معرض بارهای وارده؛
۳. انباشته‌شدن آب در داخل درز و عمل یخ‌بندان – ذوب یخ.

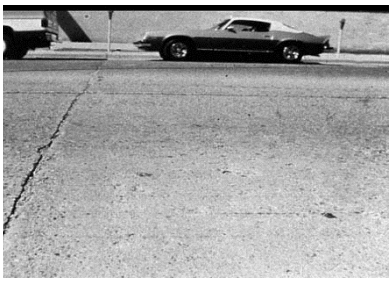
چنانچه خردشدگی در امتداد لبه یک دال ظاهر شود، آن دال به‌عنوان یک دال دارای خردشدگی درز شمارش می‌شود. چنانچه در امتداد بیش از یک لبه درز ظاهر شود، درز با بالاترین سطح شدت شمارش و به‌عنوان یک دال ثبت می‌شود. خردشدگی درز می‌تواند در امتداد لبه‌های دو دال مجاور نیز به وقوع بپیوندد. در این حالت هر یک از دال‌ها به فرض آنکه دارای خردشدگی درز است، به طور جداگانه شمارش می‌شود.

۱-۱۹-۳-۱۰-۷- سطوح شدت

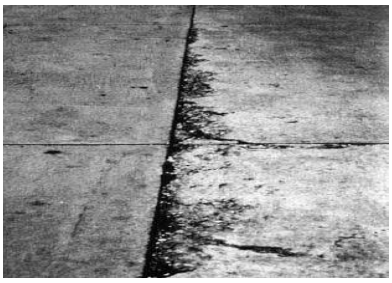
سطوح شدت این خرابی در جدول ۵۶ تعریف شده‌اند. شدت فرسایش یک درز که در آن بتن در امتداد کل آن ساییده شده باشد، به‌عنوان کم درجه‌بندی می‌شود.

جدول ۵۶ سطوح شدت خردشدگی درز.

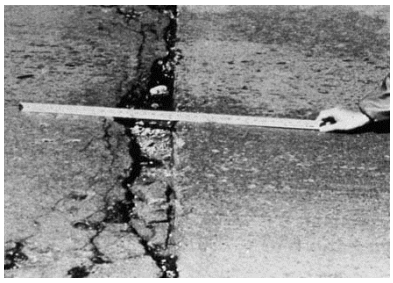
طول خردشدگی (متر)		عرض خردشدگی (میلی‌متر)	وضعیت تکه‌های خردشدگی
> ۰/۵	< ۰/۵		
کم	کم	<۱۰۰	به‌هم‌چسبیده – به‌آسانی قابل جدا کردن نیستند (ممکن است تعدادی از تکه‌های مفقود و سر جای خود نباشند)
کم	کم	>۱۰۰	
متوسط	کم	<۱۰۰	سست – قابل جدا کردن هستند و برخی از تکه‌های سر جای خود نیستند. چنانچه اغلب یا تمامی تکه‌ها مفقود باشند، خردشدگی کم‌عمق است (کمتر از ۲۵ میلی‌متر)
متوسط	کم	>۱۰۰	
متوسط	کم	<۱۰۰	اغلب یا تمامی تکه‌ها جدا شده‌اند.
زیاد	متوسط	>۱۰۰	



شدت کم



شدت متوسط



شدت زیاد

شکل ۸۲ سطوح شدت خرابی خردشدگی درز.

۴-۱۰-۷- خرابی‌های روسازی بلوکی بتنی

۱-۴-۱۰-۷- آسیب‌دیدگی بلوک‌ها

آسیب‌دیدگی بلوک‌ها وضعیت بلوک‌های روسازی را توصیف می‌کند. خرابی بلوک‌ها شامل خرابی‌هایی ازجمله ترک‌خوردگی، ورق‌های شدن و شکستن بلوک است. خرابی بلوک نشان‌دهندهٔ آسیب‌های ناشی از بارگذاری است که به علت عدم تکیه‌گاه مناسب باعث گسیختگی برشی و غیره می‌شود. این خرابی برحسب مترمربع سطح رویه حساب می‌شود.

۱-۱-۴-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): یک یا دو ترک بدون جداشدگی، پوسته شدن در بلوک‌ها.
- شدت متوسط (M): ترک‌های پیشرفته بدون جداشدگی و پوست شدن در بلوک‌ها و همچنین بلوک‌ها متلاشی نشده‌اند.
- شدت زیاد (H): بلوک‌ها به قطعات متعدد ترک‌خورده و در اثر ترک‌خوردگی، متلاشی شده‌اند.

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۸۳ سطوح شدت آسیب‌دیدگی بلوک‌ها.

۲-۴-۱۰-۷- تورفتگی بلوک‌ها (نشست موضعی)

فرورفتگی‌ها مناطقی از سطح روسازی هستند که دارای ارتفاع کم‌تر نسبت به نواحی اطراف هستند. فرورفتگی‌ها در اثر نشست خاک بستر یا اساس دانه‌ای ایجاد می‌شوند. فرورفتگی‌ها می‌توانند باعث ناهمواری در سطح روسازی شوند و زمانی که با آب پر شوند، می‌توانند باعث هیدروپلنینگ وسایل‌نقلیه شوند. بررسی‌های چشمی همیشه روش قابل‌اعتمادی به‌خصوص برای فرورفتگی‌هایی با شدت کم نیست. مطمئن‌ترین روش برای شناسایی تورفتگی‌ها استفاده از شمشه‌های ۳ متری است. این خرابی برحسب مترمربع سطح رویه اندازه‌گیری می‌شود.

۱-۲-۴-۱۰-۷- سطوح شدت

سطوح شدت این خرابی در جدول ۵۷ تعریف شده‌اند.

جدول ۵۷ سطوح شدت تورفتگی بلوک‌ها.

شدت	حداکثر عمق فرورفتگی (میلی‌متر)
کم	۵ – ۱۳
متوسط	۱۳ - ۲۵
زیاد	بیشتر از ۲۵

شدت کم

شدت متوسط

شدت زیاد

شکل ۸۴ سطوح شدت تورفتگی بلوک‌ها.

۳-۴-۱۰-۷- عدم مهار جانبی بلوک‌ها

نوارهای کناری، شکلی از مهارهای جانبی هستند که به‌عنوان تکیه‌گاه جانبی برای روسازی‌های بلوکی عمل می‌کنند. مهار جانبی برای مقاومت در برابر حرکت جانبی، به‌حداقل‌رساندن ازبین‌رفتن شن و ماسه بستر و جلوگیری از چرخش بلوک‌ها ضروری است. نوارهای کناری می‌توانند شامل قطعات پیش‌ساخته، نوارهای بتنی و غیره باشند. فقدان این نوارها و جدول‌ها، باعث افزایش پهنای درزها در لبه‌های بیرونی روسازی، چرخش افقی و قائم بلوک‌ها و همچنین نشست بلوک‌ها می‌شود. این خرابی‌ها با بارگذاری ترافیک تسریع می‌شوند.

۱-۳-۴-۱۰-۷- سطوح شدت

سطوح شدت این خرابی در جدول ۵۸ تعریف شده‌اند.

جدول ۵۸ سطوح شدت خرابی عدم مهار جانبی

شرح خرابی	سطح شدت
درزهایی با عرض ۶ تا ۱۳ میلی‌متر بدون چرخش بلوک‌ها.	کم
درزهایی با عرض ۱۰ تا ۱۳ میلی‌متر به همراه چرخش بلوک‌ها.	متوسط
درزهایی با عرض بیش از ۱۳ میلی‌متر همراه با چرخش بلوک‌ها و نشست.	زیاد

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۸۵ سطوح شدت عدم مهار جانبی بلوک‌ها.

۴-۴-۱۰-۷- تغییر عرض درز بین بلوک‌ها

پهنای بیش از حد درزهای بین بلوک‌ها یکی از ویژگی‌های خرابی سطحی است. افزایش پهنای درزها می‌تواند از عوامل زیر ناشی شود:

- ساختار اولیه ضعیف؛
- فقدان شن و ماسه درز؛
- مهار ضعیف لبه‌ها؛
- و غیره.

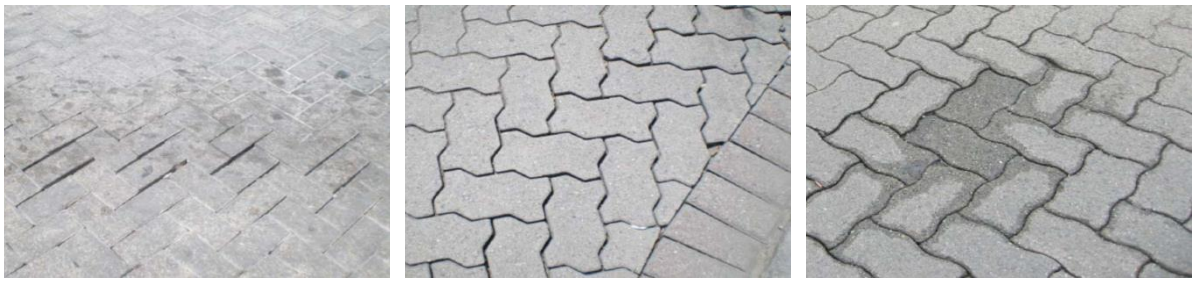
پهنای درزها نباید از ۳ تا ۴ میلی‌متر بیش‌تر شود. پهنای درزها در حین اجرا، باید برابر با پهنای اسمی (که توسط سازنده آن بلوک‌ها مشخص می‌شود)، باشد.

۱-۴-۴-۱۰-۷- سطوح شدت

سطوح شدت این خرابی در جدول ۵۹ تعریف شده‌اند.

جدول ۵۹ سطوح شدت خرابی تغییر پهنای درز.

میانگین پهنای درزها	سطح شدت
۱۰-۶ میلی‌متر	کم
۱۳-۱۰ میلی‌متر	متوسط
بیش‌تر از ۱۳ میلی‌متر	زیاد



شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۸۶ سطوح شدت تغییر پهنای درز بلوک‌ها.

۵-۴-۱۰-۷- پلکانی شدن بلوک‌ها

پلکانی‌شدن به مناطقی از سطح روسازی گفته می‌شود که ارتفاع بلوک‌های مجاور در آن‌ها متفاوت است. عواملی مانند جابه‌جایی ذرات لایهٔ ماسه‌های زیر بلوک‌ها و همچنین غیریکنواختی تراکم لایهٔ ماسه‌های، می‌توانند باعث به‌وجودآمدن افت ناگهانی در ارتفاع بلوک‌ها شوند.

۱-۵-۴-۱۰-۷- سطوح شدت

سطوح شدت این خرابی در جدول ۶۰ تعریف شده‌اند.

جدول ۶۰ سطوح شدت خرابی پلکانی شدن بلوک‌ها

حداکثر عمق تورفتگی	سطح شدت
۶-۳ میلی‌متر	کم
۱۰-۶ میلی‌متر	متوسط
بیش‌تر از ۱۰ میلی‌متر	زیاد

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۸۷ سطوح شدت پلکانی بلوک‌ها.

۶-۴-۱۰-۷- تورم یا بالازدگی بلوک‌ها

بالازدگی زمانی تعریف می‌شود که ارتفاع مناطقی از سطح روسازی دارای ارتفاعی بیشتر از نواحی اطراف باشند. این خرابی معمولاً براثر ذوب - یخبندان، در بستر روسازی یا در خاک‌های متورم شونده به وجود می‌آید.

۱-۶-۴-۱۰-۷- سطوح شدت

سطوح شدت این خرابی در جدول ۶۱ تعریف شده‌اند.

جدول ۶۱ سطوح شدت خرابی تورم بلوک‌ها

حداکثر ارتفاع موج (بالازدگی)	سطح شدت
۱۳-۶ میلی‌متر	کم
۲۵-۱۳ میلی‌متر	متوسط
بیش‌تر از ۲۵ میلی‌متر	زیاد

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۸۸ سطوح شدت تورم بلوک‌ها.

۷-۴-۱۰-۷- خزش افقی بلوک‌ها

خزش افقی جابه‌جایی طولی روسازی است که در اثر بار ترافیکی ایجاد می‌شود. عواملی مانند شتاب‌گیری، ترمزگیری یا گردش به طرفین وسایل نقلیه، توأم با خروج ماسه از بین درزها می‌توانند باعث این نوع خرابی شوند. خزش می‌تواند عامل بازشدن درزها و تسریع خرابی‌ها شود.

۱-۷-۴-۱۰-۷- سطوح شدت

سطوح شدت این خرابی در جدول ۶۲ تعریف شده‌اند.

جدول ۶۲ سطوح شدت خرابی خزش افقی بلوک‌ها

حرکت افقی	سطح شدت
۶-۱۳ میلی‌متر	کم
۱۳-۲۰ میلی‌متر	متوسط
بیش‌تر از ۲۰ میلی‌متر	زیاد

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۸۹ سطوح شدت خزش افقی بلوک‌ها.

۸-۴-۱۰-۷- مکش و از دست رفتن ماسه درزها

خارج‌شدن ماسه درز پرکن می‌تواند منجر به خرابی در روسازی‌های بلوکی شود. عواملی مانند شتاب‌گیری، ترمزگیری یا گردش به طرفین وسایل نقلیه، توأم با خروج ماسه از بین درزها می‌توانند باعث این نوع خرابی شوند. همچنین خزش می‌تواند عامل بازشدن درزها و تسریع خرابی‌ها شود.

۱-۸-۴-۱۰-۷- سطوح شدت

سطوح شدت این خرابی در جدول ۶۳ ۰تعریف شده‌اند.

جدول ۶۳ سطوح شدت خرابی از دست رفتن ماسه درزها

عمق ماسه ازدست‌رفته	سطح شدت
کم‌تر از ۱۳ میلی‌متر	کم
۱۳-۲۵ میلی‌متر	متوسط
بیش‌تر از ۲۵ میلی‌متر	زیاد

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۹۰ سطوح شدت مکش و از دست رفتن ماسه درزها.

۹-۴-۱۰-۷- شیارشدگی

خرابی شیارشدگی، تورفتگی سطحی در مسیر چرخ است. شیارشدگی مناطقی از سطح روسازی هستند که دارای ارتفاعات کم‌تر از نواحی اطراف هستند. شیارشدگی معمولاً در اثر نشست در لایه‌های اساس دانه‌ای و خاک بستر تحت بارگذاری ترافیکی اتفاق می‌افتد. تورفتگی می‌تواند باعث ناهمواری در روسازی شده و هنگامی‌که با آب پر شود، می‌تواند باعث پدیده هیدروپلنینگ شود.

۱-۹-۴-۱۰-۷- سطوح شدت

سطوح شدت این خرابی در جدول ۶۴ تعریف شده‌اند.

جدول ۶۴ سطوح شدت خرابی شیارشدگی.

عمق شیارشدگی	سطح شدت
۶-۱۳ میلی‌متر	کم
۱۳-۲۵ میلی‌متر	متوسط
بیش‌تر از ۲۵ میلی‌متر	زیاد

شدت کم

شدت متوسط

شدت زیاد

شکل ۹۱ سطوح شدت شیارشدگی.

۱۰-۴-۱۰-۷- از بین رفتن (فقدان) بلوک

ازبین‌رفتن بلوک‌ها همان‌طور که از نامش پیدا است، به بخش‌هایی از روسازی گفته می‌شود که ممکن است در نتیجه حذف یا آسیب‌دیدگی بلوک‌ها ایجاد شده باشد. بلوک‌های از دست‌رفته یکپارچگی ساختار روسازی را به خطر می‌اندازد و ناهمواری سطح را مشابه چاله‌ها در روسازی انعطاف‌پذیر افزایش می‌دهند.

۱-۱۰-۴-۱۰-۷- سطوح شدت

سطوح شدت این خرابی در جدول ۶۵ تعریف شده‌اند.

جدول ۶۵ سطوح شدت خرابی ناشی از فقدان بلوک‌ها.

شرح	سطح شدت
فقدان بلوک به‌صورت تصادفی	کم
فقدان ۲ یا تعداد بیشتر بلوک در یک ناحیه و بدون تأثیر بر کیفیت رانندگی	متوسط
فقدان ۱۰ یا تعداد بیشتر بلوک در یک ناحیه به همراه تأثیر بر کیفیت رانندگی	زیاد

شدت کم شدت متوسط شدت زیاد

شکل ۹۲ سطوح شدت خرابی ناشی از فقدان بلوک‌ها.

۱۱-۴-۱۰-۷- وصله‌کاری

وصله‌کاری به بخش‌هایی از روسازی اطلاق می‌شود که روسازی‌های موجود در آن قسمت وجود ندارد و با مواد غیرمشابه بازسازی شده‌اند. کیفیت وصله می‌تواند یکپارچگی ساختار روسازی را به خطر بیندازد و زبری سطح را مشابه چاله‌ها در روسازی‌های انعطاف‌پذیر افزایش دهد.

۱-۱۱-۴-۱۰-۷- سطوح شدت

سطوح شدت این خرابی در جدول ۶۶ تعریف شده‌اند.

جدول ۶۶ سطوح شدت خرابی وصله‌کاری.

شرح	سطح شدت
وصله در شرایط خوبی قرار دارد و بر کیفیت رانندگی تأثیری نمی‌گذارد.	کم
وصله در شرایط متوسط تا خوبی قرار دارد و کیفیت رانندگی در حال تضعیف شدن است.	متوسط
وصله در شرایط بدی قرار دارد و بر کیفیت رانندگی تأثیرگذار است.	زیاد

۵-۱۰-۷- خرابی‌های روسازی شنی

۱-۵-۱۰-۷- چین‌خوردگی یا موج عرضی

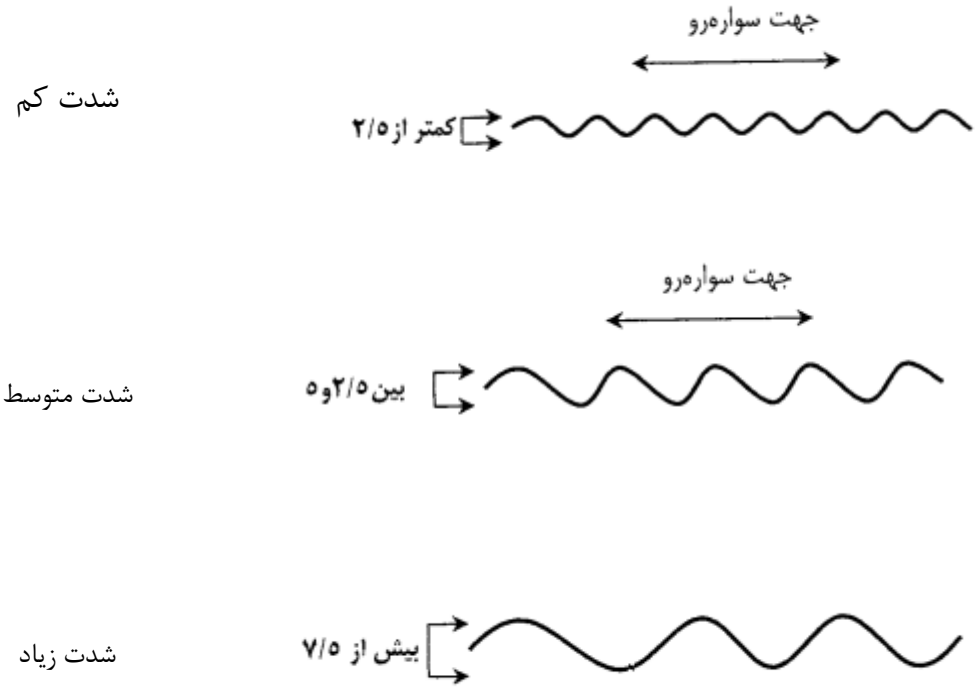
این خرابی معمولاً در اثر جابه‌جاشدن مصالح قشر رویه شنی در تمام عرض راه به دلیل اثر ترکیبی وزن، فشار چرخ و سرعت وسایل نقلیه ایجاد می‌شود. در مناطق گرم و خشک چین‌خوردگی رویه‌های شنی عمدتاً به دلیل ضعف قشر رویه شنی پوشش راه اتفاق می‌افتد. در این مناطق معمولاً چین‌خوردگی قشر رویه شنی به فواصل تقریبی نیم تا یک متر و به عمق حداکثر ۳ تا ۵ سانتی‌متر عمود بر محور راه و بعضاً با زاویه کمتر از ۹۰ درجه اتفاق می‌افتد. وجود هرگونه ناهمواری در سطح رویه شنی می‌تواند منجر به چین‌خوردگی قشر رویه شود.

موج عرضی برحسب مترمربع سطح رویه به ازاء هر مترمربع واحد اندازه‌گیری می‌شود. این مقدار نمی‌تواند از سطح کل واحد نمونه تجاوز کند.

۱-۱-۵-۱۰-۷- سطوح شدت

شدت موج در رویه‌های شنی بستگی مستقیم به نوع مصالح قشر رویه شنی و میزان ترافیک دارد.

- شدت کم (L): ارتفاع موج کمتر از ۲/۵ سانتی‌متر است.
- شدت متوسط (M): ارتفاع موج بین ۲/۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر است.
- شدت زیاد (H): ارتفاع موج بیشتر از ۷/۵ سانتی‌متر است.



شکل ۹۳ سطوح شدت خرابی چین‌خوردگی.

۲-۵-۱۰-۷- چاله‌ها

این خرابی به گودی‌هایی که در اثر خرد و کنده شدن قسمتی از مصالح رویه و زیر اساس روسازی‌های شنی به وجود می‌آیند، اطلاق می‌شود. معمولاً چاله‌ها بیشتر در بخش‌هایی از رویه‌های شنی که فاقد شیب عرضی کافی برای دفع آب‌های سطحی هستند و یا مناطقی که تراکم لایه کافی نیست، اتفاق می‌افتند. در نزدیکی آبروهای کشاورزی و یا پل‌های تیپ که شیب عرضی روسازی کاهش پیدا می‌کند و یا در محل‌هایی که تغییر جهت مسیر به‌صورت مارپیچ است و همچنین در تقاطع‌هایی که تأمین شیب عرضی برای دفع آب‌های سطحی فراهم نیست، مانداب‌های موضعی و نقاط سست ایجاد می‌شود که جریان ترافیک این نقاط را تبدیل به چاله‌های کوچک و بزرگ می‌نماید.

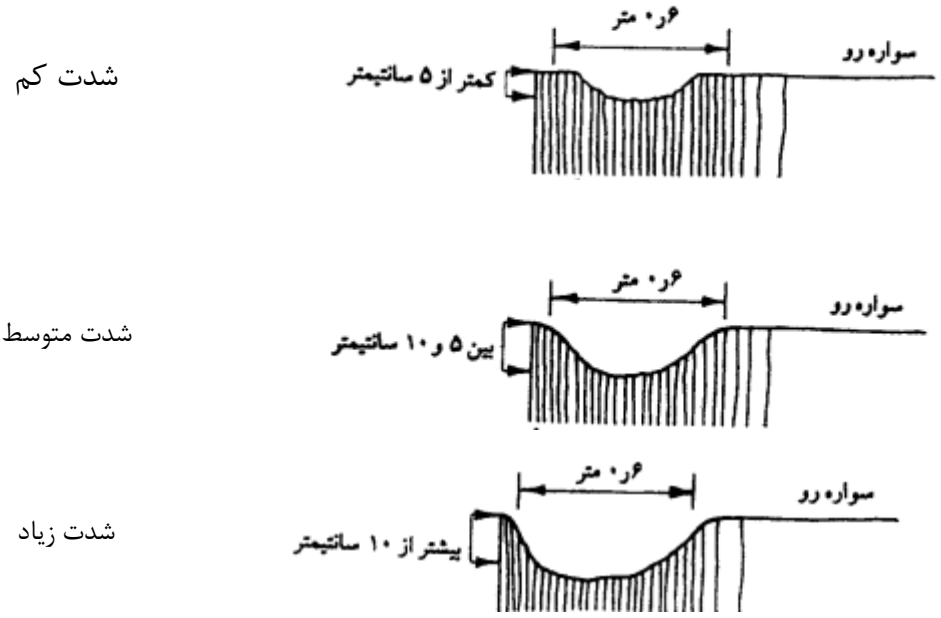
چاله‌های را از طریق شمارش تعداد آن‌ها با شدت‌های کم، متوسط و زیاد در یک واحد نمونه و ثبت آن‌ها به طور جداگانه به تفکیک سطح شدت اندازه‌گیری می‌کنند.

۱-۲-۵-۱۰-۷- سطوح شدت

سطوح شدت این نوع خرابی هم بر اساس قطر و هم بر اساس عمق چاله در جدول ۶۷ تعریف شده‌اند.

جدول ۶۷ سطوح شدت خرابی چاله.

میانگین قطر چاله				
بیشتر از ۱ متر	از ۰/۶ تا ۱ متر	بین ۰/۳ تا ۰/۶ متر	کمتر از ۰/۳ متر	حداکثر عمق چاله
متوسط	متوسط	کم	کم	از ۱/۳ تا ۵ سانتی‌متر
زیاد	زیاد	متوسط	کم	از ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر
زیاد	زیاد	زیاد	متوسط	بیشتر از ۱۰ سانتی‌متر



شکل ۹۴ سطوح شدت خرابی چاله.

۳-۵-۱۰-۷- شیار یا گود افتادگی در مسیر عبور چرخ‌ها

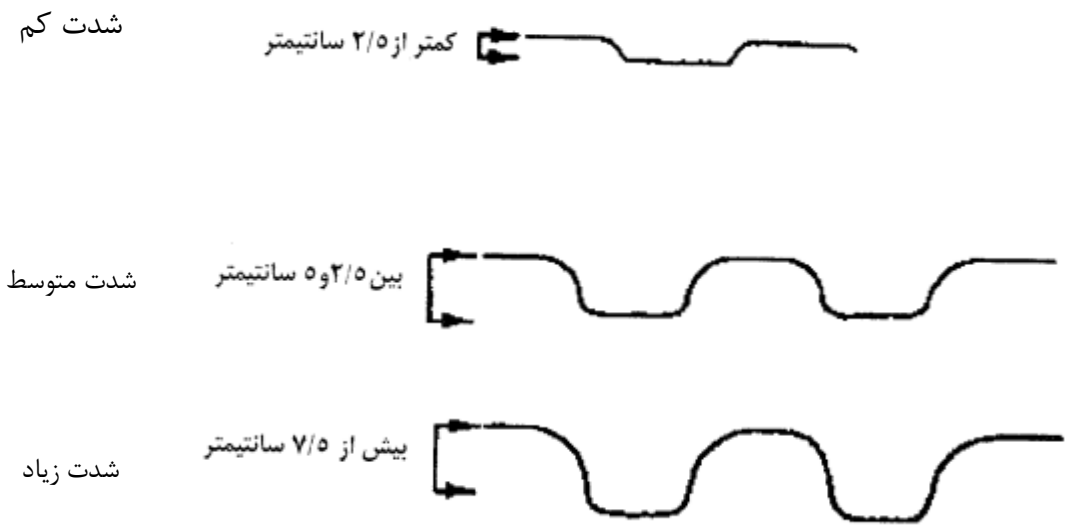
شیار یا گود افتادگی در مسیر عبور چرخ‌ها به موجی عرضی که در سطح رویه‌های شنی و در امتداد طول راه در اثر رفت و آمد وسایل‌نقلیه به وجود می‌آید، اطلاق می‌شود. نامناسب‌بودن دانه‌بندی مصالح رویه شنی، عدم تراکم کافی لایه‌ها و ... از جمله عوامل به‌وجودآورنده این نوع خرابی هستند.

گود افتادگی یا شیار بر حسب مترمربع سطح رویه به ازاء هر مترمربع واحد نمونه بازرسی اندازه‌گیری می‌شود.

۱-۳-۵-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): عمق گود افتادگی کمتر از ۲/۵ سانتی‌متر است.

- شدت متوسط (M): عمق گود افتادگی بین ۲/۵ تا ۷/۵ سانتی‌متر است.
- شدت زیاد (H): عمق گود افتادگی بیشتر از ۷/۵ سانتی‌متر است.



شکل ۹۵ سطوح شدت خرابی گود افتادگی.

۷-۱۰-۵-۴- لغزندگی

استفاده از خاک‌هایی که حاوی مواد ریزدانه رسی هستند در قشر رویه باعث لغزنده شدن رویه‌های شنی می‌شود. استفاده از مصالح رودخانه‌ای گرد گوشه و یا مصالح سنگی که دارای سختی کافی نیستند و در اثر جریان ترافیک خرد می‌شوند و یا سطحشان صیقلی می‌شود، موجب لغزنده‌شدن سطح راه می شود. علاوه بر موارد فوق حمل مواد ریزدانه و خارجی توسط باد و باران به روی رویه‌های شنی ساخته‌شده با مصالح شنی خوب دانه‌بندی شده نیز می‌تواند منجر به لغزنده‌شدن سطح راه‌های با رویه شنی شود.

۷-۱۰-۵-۴-۱- سطوح شدت

برای این نوع خرابی سطح شدت مشخصی تعریف نمی‌شود، بلکه تشخیص نوع خرابی به‌تنهایی کفایت می‌کند.

۷-۱۰-۵-۵- گردوخاک

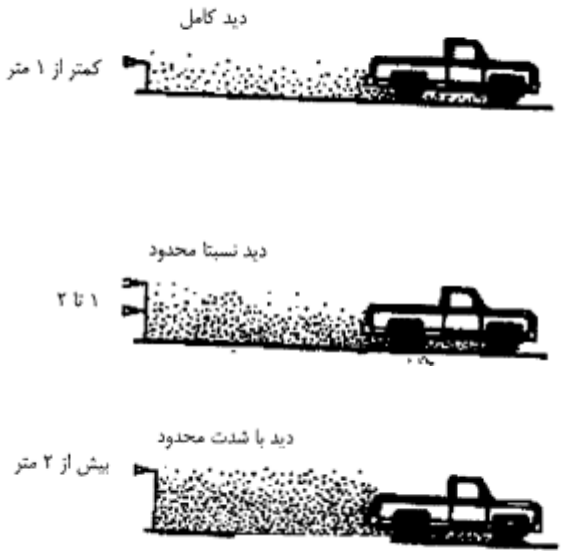
جریان ترافیک در راه‌هایی که دارای رویه‌های شنی هستند باعث می‌شود که بخشی از مواد ریزدانه قشر رویه شنی از سطح راه جدا و در هوا پراکنده شوند. این عمل ضمن ایجاد گردوخاک و تقلیل دید ترددکنندگان باعث آلوده‌شدن

محیط اطراف راه و همچنین فرسایش زودرس رویه شنی می‌شود. عدم جلوگیری از جداشدن دانه‌های ریز موجب افزایش نفوذپذیری، ظاهرشدن دانه‌های درشت‌تر، کنده و پراکنده شدن آن‌ها، ناهموارشدن سطح راه و همچنین کاهش کیفیت رانندگی رویه‌های شنی می‌شود.

به‌منظور اندازه‌گیری این خرابی بازرس باید با سرعت ۴۰ کیلومتر در ساعت با یک وسیله نقلیه رانندگی و ابر و گردوغبار ایجاد شده را ملاحظه کند. غبار برای واحد نمونه با شدت‌های کم، متوسط و زیاد اندازه‌گیری می‌شود.

۱-۵-۵-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): جریان ترافیک گردوغبار رقیقی ایجاد می‌کند که مانع دید نمی‌شود (ارتفاع گردوغبار کمتر از ۱ متر است).
- شدت متوسط (M): جریان ترافیک گردوغبار رقیقی ایجاد می‌کند که دید راننده را قدری محدود نموده و باعث کاهش سرعت جریان ترافیک می‌شود (ارتفاع گردوغبار بین ۱ تا ۲ متر است).
- شدت زیاد (H): جریان ترافیک گردوغبار رقیقی ایجاد می‌کند که به‌شدت باعث محدود شدن دید راننده شده و به طور محسوس سرعت جریان ترافیک را کاهش می‌دهد و باعث متوقف‌شدن وسیله‌نقلیه می‌شود (ارتفاع گردوغبار بیشتر از ۲ متر است).



شکل ۹۶ سطوح شدت گردوخاک.

۶-۵-۱۰-۷- جداشدن دانه‌ها

جداشدن دانه‌ها در رویه‌های شنی معمولاً به دلیل جریان ترافیک و ایجاد گرد و خاک و کمبود مصالح چسبنده اتفاق می‌افتد. جداشدن و پراکنده‌شدن دانه‌های درشت مصالح سنگی به‌مرورزمان و در اثر جریان ترافیک ضمن ایجاد ناهمواری و کاهش کیفیت رانندگی خطرات ناشی از پرتاب سنگ به اطراف را نیز به همراه دارد. جداشدن دانه‌ها موجب تغییر دانه‌بندی رویه شنی، تغییر در تحدب راه و همچنین افزایش هزینه‌های ناشی از تأمین مصالح ازدست‌رفته می‌شود.

جداشدن دانه‌ها برحسب متر و به‌موازات محور راه در واحد نمونه بازرسی اندازه‌گیری می‌شود و همچنین هر تل به طور جداگانه اندازه‌گیری می‌شود.

۱-۶-۵-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): دانه‌های جداشده بر روی سطح راه و یا کناره‌ها پله ایجاد نموده و یا اینکه به‌صورت تلی از دانه‌ها به ارتفاع کمتر از ۵ سانتی‌متر انباشته شده‌اند.
- شدت متوسط (M): تلی از دانه‌ها به ارتفاع ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر بر روی شانه‌ها و یا مناطق با تردد کمتر از سطح راه انباشته و خاک‌های ریزتر در سطح سواره‌رو نمایان و مشاهده می‌شوند.
- شدت زیاد (H): تلی از دانه‌ها به ارتفاع بیشتر از ۱۰ سانتی‌متر بر روی شانه‌ها و یا مناطق با تردد کمتر از سطح راه انباشته و خاک‌های ریزدانه در سطح سواره‌رو نمایان و مشاهده می‌شوند.

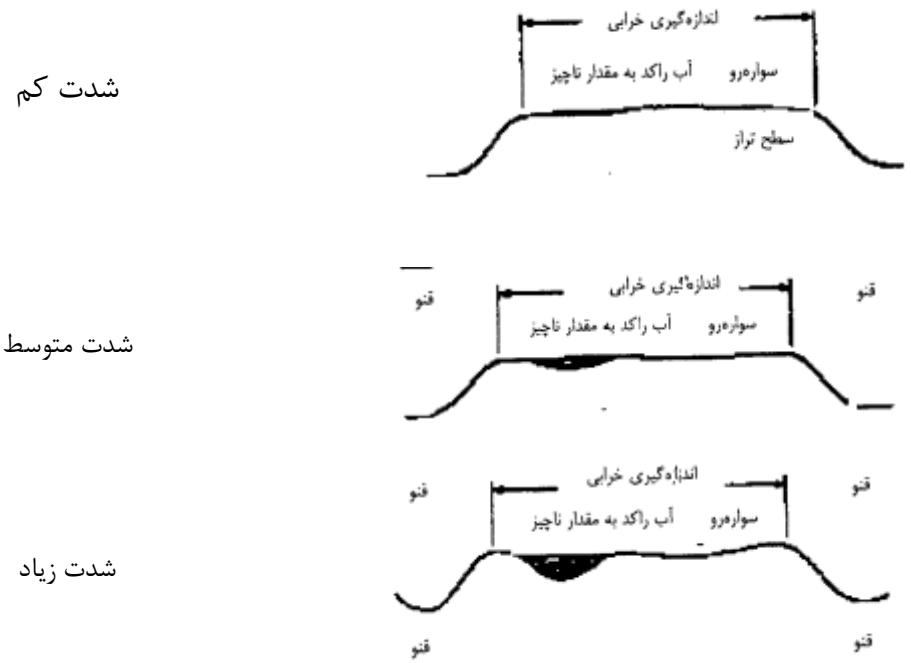
۷-۵-۱۰-۷- تحدب و تسطیح

به‌منظور رفع ناهمواری‌ها و همچنین برقراری تحدب سطح راه به‌منظور زهکشی و دفع سریع آب‌های ناشی از نزولات جوی ضرورت دارد که هر از گاهی سطح راه تسطیح و پروفیله شود. در مواقعی که سطح راه ناهموار و فاقد شیب عرضی کافی باشد ماندآب و جریان ترافیک باعث ایجاد چاله در سطح راه می‌شود.

مقطع عرضی نامناسب برحسب متر به ازاء هر واحد نمونه اندازه‌گیری می‌شود. مقطع عرضی در تمام عرض راه بررسی و ارزیابی می‌شود. این احتمال وجود دارد که در درون یک واحد نمونه ارزیابی سطوح شدت گوناگونی وجود داشته باشد همچنین حداکثر طول بایستی برابر با طول واحد نمونه باشد.

۱-۷-۵-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): مقدار کمی آب راکد یا آثاری از آن روی سطح راه به چشم می‌خورد و یا اینکه سطح راه فاقد شیب عرضی است.
- شدت متوسط (M): مقدار متوسطی آب راکد یا آثاری از آن بر روی سطح راه به چشم می‌خورد و یا اینکه سطح راه حالت تقعر پیدا کرده است
- شدت زیاد (H): مقدار زیادی آب راکد یا آثاری از آن بر روی سطح راه به چشم می‌خورد و یا اینکه سطح راه مقعر شده است.



شکل ۹۷ سطوح شدت مقطع عرضی نامناسب.

۸-۵-۱۰-۷- زهکشی جانبی نامناسب

تأمین زهکشی به‌منظور دفع آب‌های سطحی و زیرزمینی یکی از مهم‌ترین ارکان در طراحی مسیرها به منظور حفظ ساختار راه و روسازی آن است. نفوذ آب به جسم راه باعث تخریب زودرس روسازی بالاخص رویه‌های شنی می‌شود. زهکشی جانبی هنگامی مشکل‌آفرین می‌شود که تعداد آبروها و آبگذرها در طرح اولیه کافی نبوده و یا اینکه

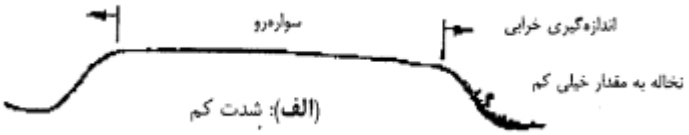
در اثر تجدید شن‌ریزی یا عدم نگهداری صحیح و مستمر، آبروها مسدود شده باشند. عدم تخلیه آبروها باعث می‌شود که نزولات جوی و جریانات سطحی به‌خوبی هدایت نشوند و جسم راه از نفوذ آب مصون نباشد. تجمع سنگ، برف، یخ و مواد زائد در ورودی آبروها باعث کاهش کارایی آن‌ها می‌شود.

مسائل مربوط به زهکشی به‌موازات محور راه و برحسب متر به ازاء هر متر قطعه اندازه‌گیری می‌شود. حداکثر طول انتخاب نباید بیشتر از دو برابر طول واحد نمونه ارزیابی باشد.

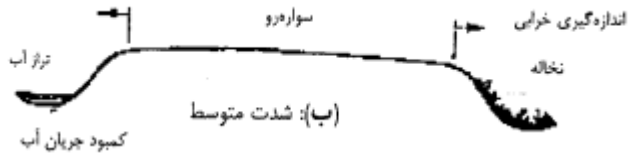
۱-۸-۵-۱۰-۷- سطوح شدت

- شدت کم (L): مقدار کمی آب راکد یا آثاری از آن در آبروها به چشم می‌خورد و یا رشد بیش از حد گیاهان یا نخاله‌ها در آبروها مشاهده می‌شود.
- شدت متوسط (M): مقادیر متوسطی آب راکد یا آثاری از آن در آبروها به چشم می‌خورد و یا رشد بیش از حد گیاهان یا نخاله‌ها در آبروها و یا فرسایش و آبشستگی آبروها به‌طرف شانه‌ها یا سواره‌رو مشاهده می‌شود.
- شدت زیاد (H): مقادیر زیادی آب راکد یا آثاری از آن در آبروها به چشم می‌خورد و یا اینکه آب از روی سطح راه عبور می‌کند و یا رشد بیش از حد گیاهان یا نخاله‌ها در آبروها ملاحظه می‌شود و یا فرسایش و آبشستگی آبروها به‌طرف شانه‌ها یا سواره‌روها مشاهده می‌شود.

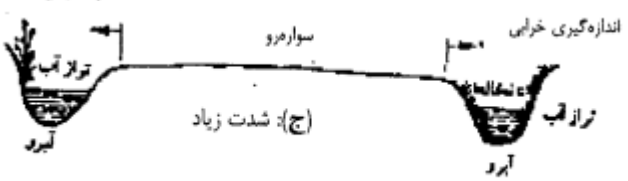
شدت کم



شدت متوسط



شدت زیاد

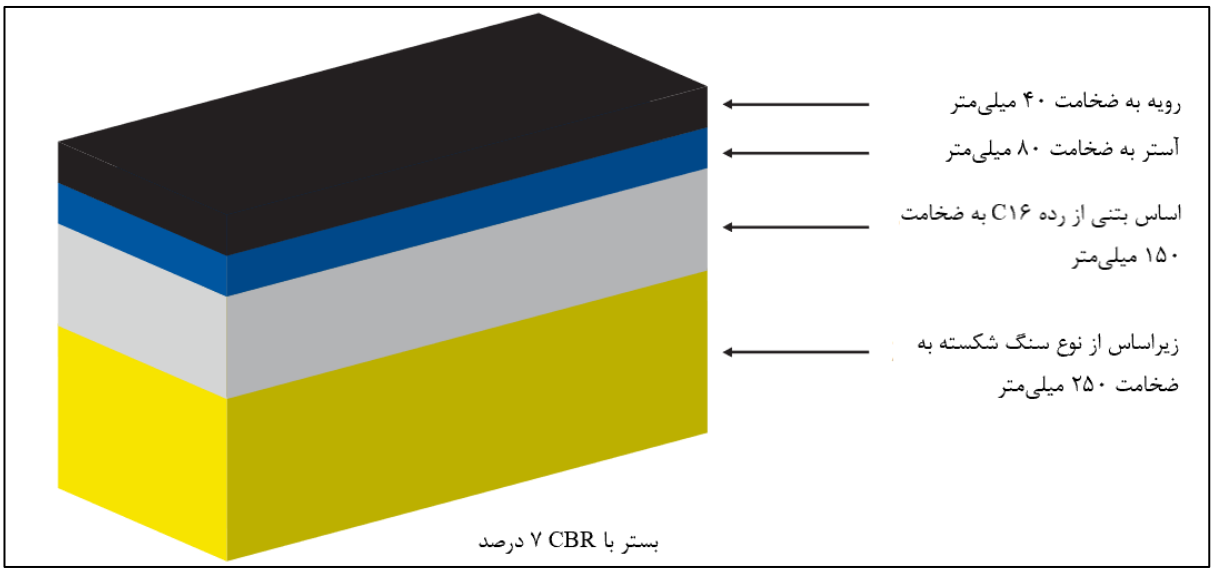


شکل ۹۸ سطوح شدت زهکشی جانبی ناکافی.

۱۱-۷- پیوست شماره ۱۱: مثال‌هایی از ارزیابی وضعیت روسازی و طراحی روکش

۱-۱۱-۷- مثال ۱

سطح مقطع یک روسازی مستطیلی با ابعاد ۴۰ در ۱۰۰ متر در شکل ۹۹ نشان داده شده است که در آن خرابی از نوع شیارشدگی به اندازه ۳۵ میلیمتر به دلیل شکست برشی در اساس بتنی از رده C16 ایجاد شده است. همچنین این لایه بر روی زیراساس دانه‌ای (ویژه محوطه بندری) قرار گرفته است. رویه و آستر آسفالتی دارای ترک‌خوردگی جزئی هستند. مشخصات مذکور بر اساس ضعیف‌ترین نمونه‌های حاصل از مغزه‌گیری به‌دست آمده است.



شکل ۹۹ ساختار روسازی طراحی روکش (مثال۱)

در جدول ۶۸ ضخامت هر لایه روسازی با استفاده از ضریب شرایط ۱ و ۲ به لایه بتن C8 متناظر آن تبدیل شده است. محاسبات نشان می‌دهد که این روسازی معادل ۲۵۵ میلیمتر اساس بتنی با رده C8 است.

جدول ۶۸ مشخصات ساختار روسازی در ضعیف‌ترین نمونه‌های مغزه‌گیری‌شده (مثال۱)

لایه	ضخامت لایه (میلیمتر)	ضریب هم ارز	ضریب شرایط-۱	ضریب شرایط-۲	ضخامت مؤثر معادل با اساس بتنی از رده C8 (میلیمتر)
رویه	۴۰	۱	۰/۸	۰/۶	۲۰
آستر	۸۰	۱	۰/۸	۰/۶	۳۸
اساس بتنی از رده C16	۱۵۰	۰/۷۹	۱	۰/۶	۱۱۴
زیراساس دانه‌ای (ویژه بندر)	۲۵۰	۳	۱	۱	۸۳
بستر با CBR ۷ درصد					
مجموع					۲۵۵

در نمونه‌های دیگر خرابی شیارشدگی مشاهده نشد، درحالی‌که حالت مشابهی از ترک‌خوردگی در روکش آسفالتی را داشتند. مشخصات ساختار روسازی در نمونه‌های بدون شیارشدگی در جدول ۶۹ ارائه شده است. محاسبات نشان می‌دهد که این روسازی معادل ۳۶۹ میلیمتر اساس بتنی با رده C8 است.

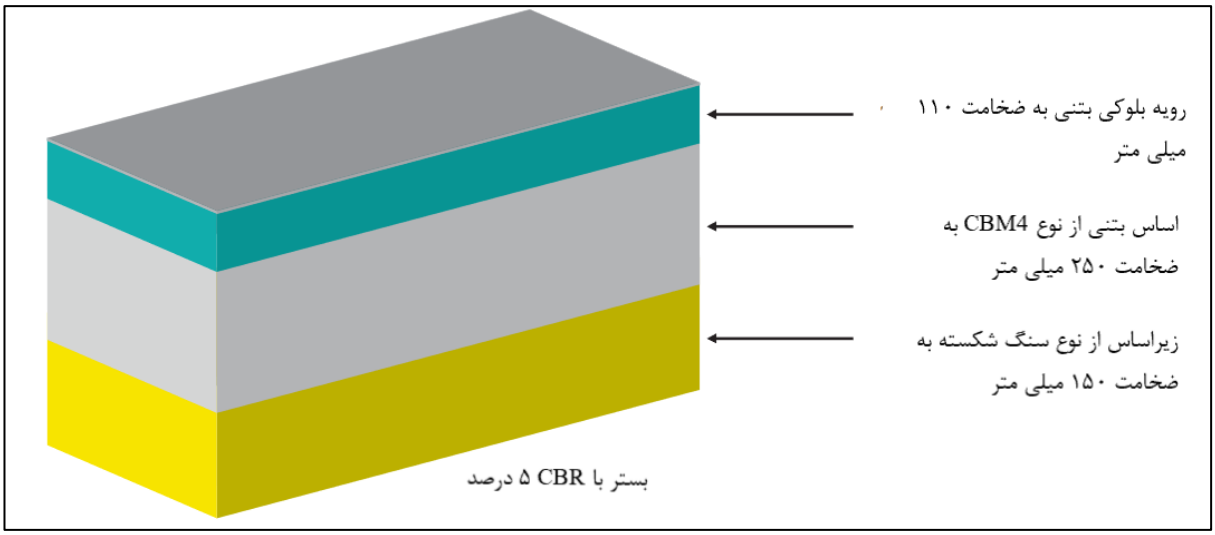
جدول ۶۹ مشخصات ساختار روسازی در نمونه‌های مغزه‌گیری‌شده بدون شیارشدگی (مثال۱)

لایه	ضخامت لایه (میلیمتر)	ضریب هم ارز	ضریب شرایط-۱	ضریب شرایط-۲	ضخامت مؤثر معادل با اساس بتنی از رده C8 (میلیمتر)
رویه	۴۰	۱	۰/۸	۱	۳۲
آستر	۸۰	۱	۰/۸	۱	۶۴
اساس بتنی از رده C16	۱۵۰	۰/۷۹	۱	۱	۱۹۰
زیراساس دانه‌ای (ویژه بندر)	۲۵۰	۳	۱	۱	۸۳
بستر با CBR ۷ درصد					
مجموع					۳۶۹

برای نواحی با خرابی و شرایط متفاوت باید محاسبات بطور جداگانه انجام شود، چرا که برای نواحی با شیارشدگی و بدون شیارشدگی قابلیت طرح روکش با ضخامت‌های مختلف وجود دارد. همچنین در نواحی با خرابی کمتر در صورت صلاحدید می‌توان از اجرای روکش صرف‌نظر کرد.

۲-۱۱-۷- مثال ۲

مقطع عرضی از یک مسیر با عرض ۸ متر به طول ۲۰۰ متر در شکل ۱۰۰ نشان داده شده است. در ساختار این روسازی، از اساس بتنی از نوع CBM4 بکار رفته است. همچنین نشست در بستر روسازی منجر به تغییر شکل موضعی به اندازه ۱۰۰ میلیمتر شده است که در همه لایه‌ها مشهود است. هیچ ترک‌خوردگی یا پوسته‌پوسته شدن در سطح روسازی رخ نداده است، اگرچه اساس بتنی به‌طور قابل توجهی دارای ترک‌خوردگی است.



شکل ۱۰۰ ساختار روسازی طراحی روکش (مثال ۲)

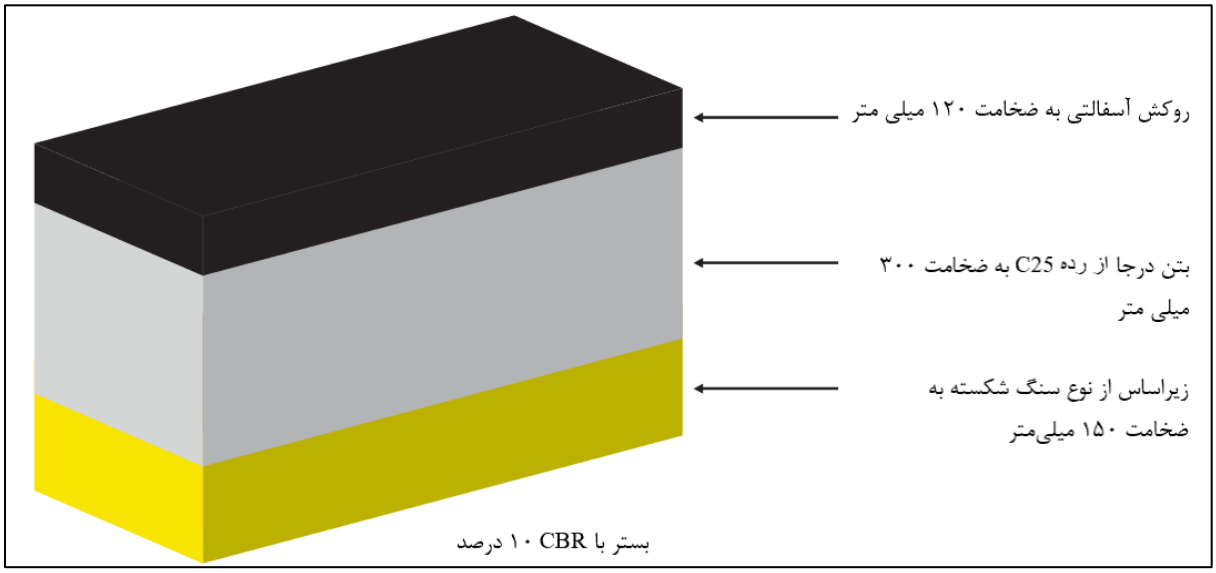
در جدول ۷۰ ضخامت هر لایه روسازی با استفاده از ضریب شرایط ۱ و ۲ به لایه بتن C8 متناظر آن تبدیل شده است. محاسبات نشان می‌دهد که این روسازی معادل ۹۵ میلیمتر اساس بتنی با رده C8 است.

جدول ۷۰ مشخصات ساختار روسازی (مثال۲)

لایه	ضخامت لایه (میلیمتر)	ضریب هم ارز	ضریب شرایط-۱	ضریب شرایط-۲	ضخامت مؤثر معادل با اساس بتنی از رده C8 (میلیمتر)
رویه بلوکی بتنی	۱۱۰	۱	۱	۰/۳	۳۳
اساس سیمانی از نوع CBM4	۲۵۰	۰/۸	۰/۵	۰/۳	۴۷
زیراساس دانه‌ای (ویژه بندر)	۱۵۰	۳	۱	۰/۳	۱۵
بستر با CBR ۲ درصد					
مجموع					۹۵

۳-۱۱-۷- مثال ۳

یک روسازی بتنی درجا از رده C25، به علت وجود خرابی در سطح، یکبار روکش آسفالتی شده است. با این حال، در آینده قرار است این روسازی موجود در بندر بارهای سنگین‌تری را تجربه کند، در نتیجه روسازی باید برای بارهای آتی تقویت شود. در طی عملیات اولیه مقاوم‌سازی این روسازی، عکس‌های گرفته‌شده از بتن نشان می‌دهد که ترک‌خوردگی لبه و دال میانی به صورت قابل توجه وجود دارد (عدم وجود ترک‌خوردگی کامل سطح و پوسته‌پوسته شدن). همچنین ترک‌خوردگی انعکاسی با شدت کم بروی روکش آسفالتی مشاهده شده و خرابی شیارشدگی وجود ندارد. مقطع عرضی روسازی مورد نظر مطابق شکل ۱۰۱ است.



شکل ۱۰۱ ساختار روسازی طراحی روکش مثال ۳

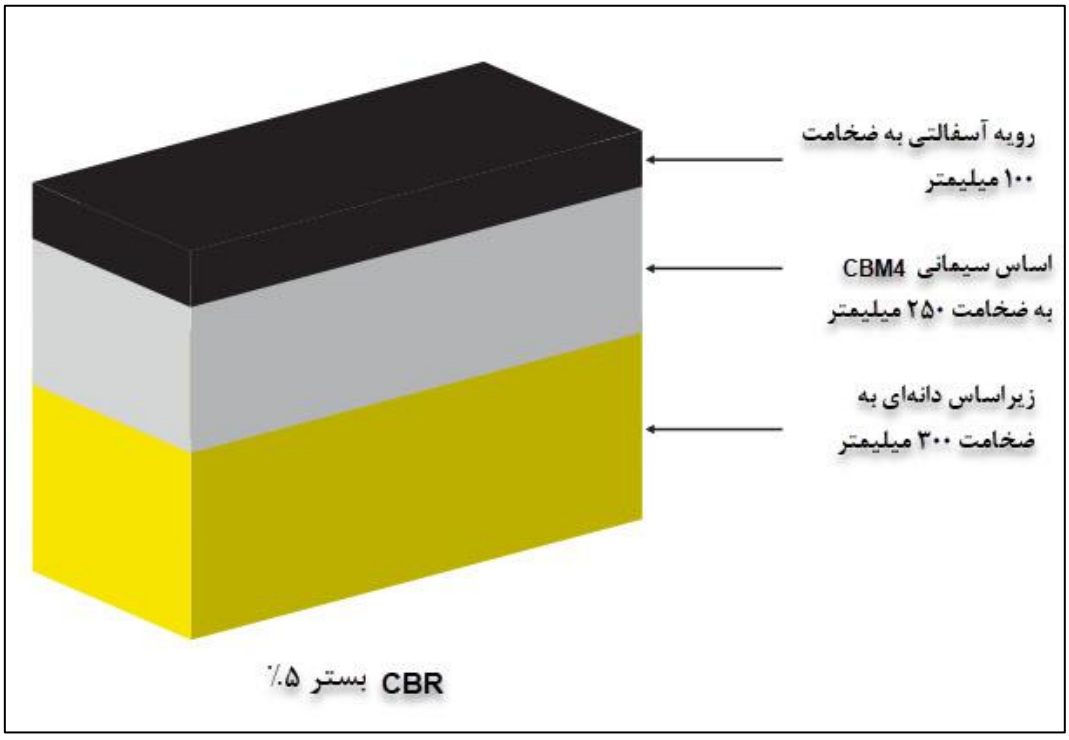
در جدول ۷۱ ضخامت هر لایه روسازی با استفاده از ضریب شرایط ۱ و ۲ به لایه بتن C8 متناظر آن تبدیل شده است. محاسبات نشان می‌دهد که این روسازی معادل ۳۶۷ میلیمتر اساس بتنی با رده C8 است.

جدول ۷۱ مشخصات ساختار روسازی (مثال۳)

لایه	ضخامت لایه (میلیمتر)	ضریب هم ارز	ضریب شرایط-۱	ضریب شرایط-۲	ضخامت مؤثر معادل با اساس بتنی از رده C8 (میلیمتر)
رویه آسفالتی	۱۲۰	۱	۰/۸	۱	۹۶
بتن درجا C25	۳۰۰	۰/۶۸	۰/۵	۱	۲۲۱
زیراساس دانه‌ای (ویژه بندر)	۱۵۰	۳	۱	۱	۵۰
بستر با CBR ۱۰ درصد					
مجموع					۳۶۷

۴-۱۱-۷- مثال ۴

روسازی موجود در شکل ۱۰۲ نشان داده شده است. این روسازی در ابتدا به مدت ۱۵ سال طراحی شده بود و در این مدت، روسازی محل بهره‌برداری استرادل‌کریر بوده است. مقدار بار چرخ منفرد هم‌ارز (SEWL) برای استرادل‌کریر برابر ۳۴۰ کیلو نیوتن است و این روسازی روزانه ۱۵۰ بار در معرض بار ناشی از رفت‌وآمد استرادل کریر قرار می‌گیرد. این روسازی به جز شیارهای عمیق ۱۵ میلیمتری که در روکش آسفالتی رخ داده است، از شرایط مناسبی برخوردار است.



شکل ۱۰۲ ساختار روسازی موجود مثال ۴

پیشنهاد شده است که استرادل‌کریرها را با لیفت‌تراک‌های جلو برنده با بار چرخ منفرد هم‌ارز برابر ۶۷۵ کیلو نیوتن جایگزین شوند. در اینصورت، بیشترین ترافیک در این روسازی روزانه ۱۷۰ بار عبور لیفتراک خواهد بود. روسازی جدید باید به مدت ۱۲ سال (هر سال ۳۰۰ روز کاری) قابل استفاده باشد.

تعداد رفت‌وآمد لیفتراک جلو برنده =۶۱۲,۰۰۰ (۱۲×۳۰۰×۱۷۰)

با استفاده از نمودار طراحی روسازی جدید، ضخامت لایه اساس بتنی از رده C8 مورد نیاز ۵۷۰ میلیمتر است (با درون‌یابی بین ۲۵۰ هزار و ۱/۵ میلیون تکرار بار منحنی). ضخامت مؤثر باقیمانده روسازی موجود در جدول ۷۲ ارائه شده است.

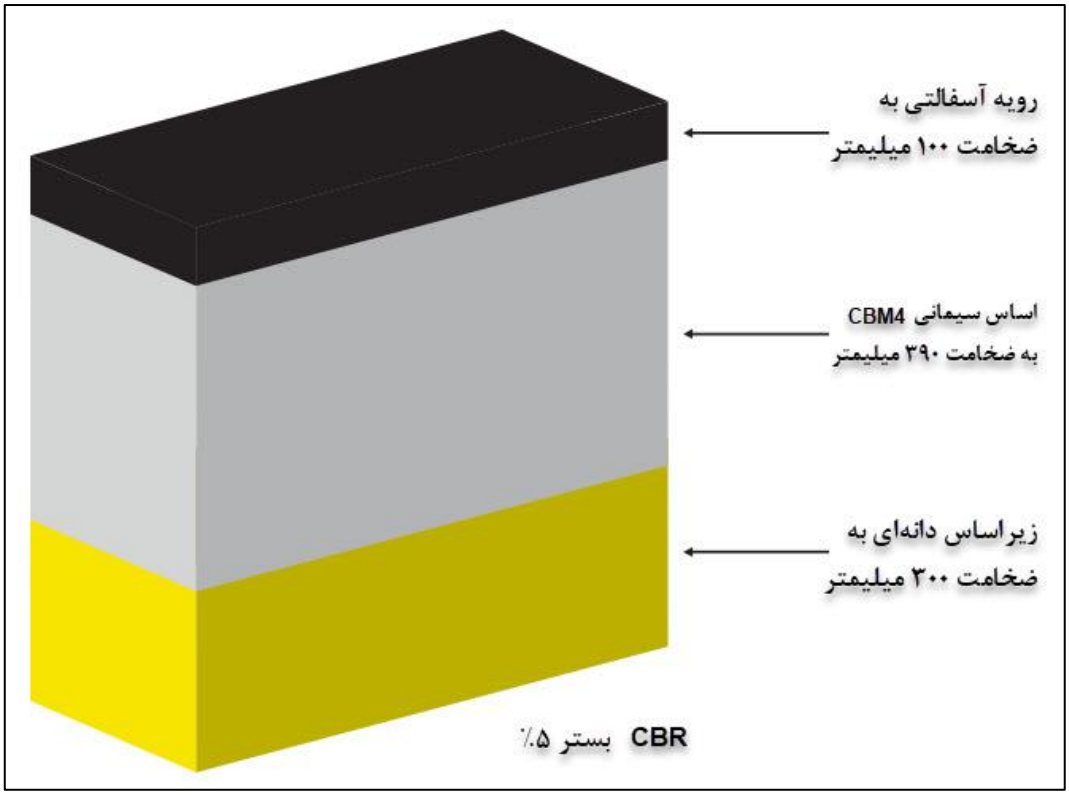
جدول ۷۲ ضخامت مؤثر باقیمانده روسازی موجود (مثال۴)

لایه	ضخامت لایه (میلیمتر)	ضریب هم ارز	ضریب شرایط-۱	ضریب شرایط-۲	ضخامت مؤثر معادل با اساس بتنی از رده C8 (میلیمتر)
روکش آسفالتی	۱۰۰	۱	۱	۰/۹	۹۰
اساس سیمانی CBM4	۲۵۰	۰/۸	۱	۱	۳۱۲
مجموع					۴۰۲

بنابراین ضخامت روکش مورد نیاز عبارت است از:

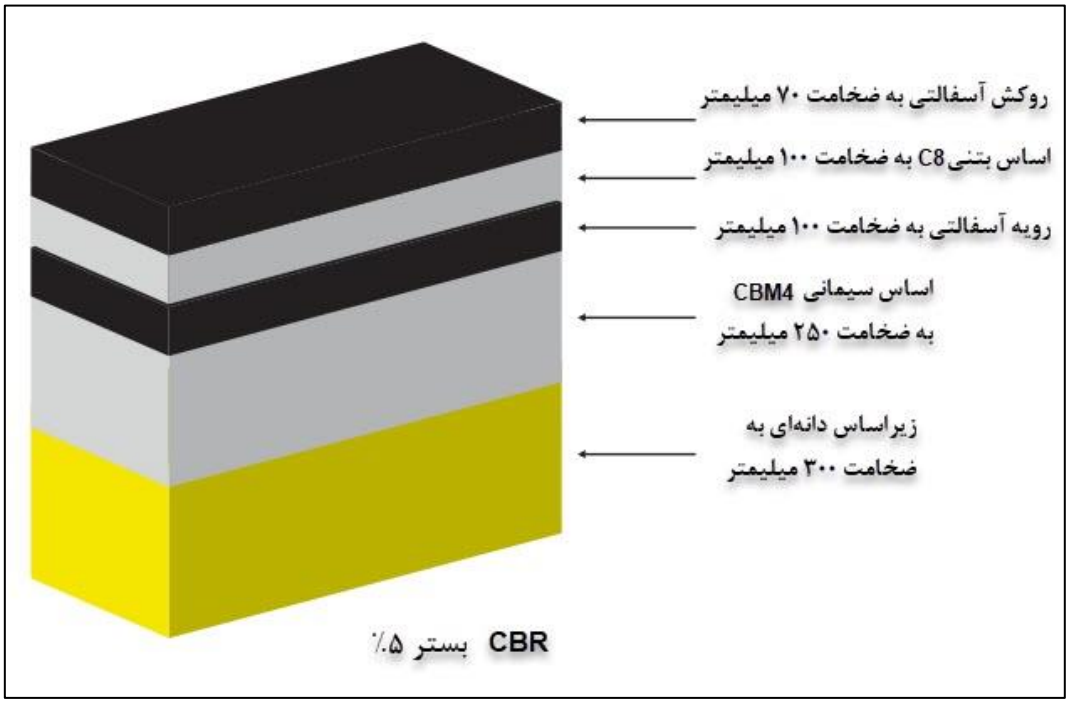
۵۷۰-۴۰۲=۱۶۸ میلیمتر

یک راه‌حل تئوری این است که مطابق شکل ۱۰۳ به میزان ۱۴۰ میلیمتر (۱۶۸×۰/۸) به ضخامت اساس بتنی CBM4 اضافه شود.



شکل ۱۰۳ راه‌حل تئوری برای طرح روکش (مثال ۴)

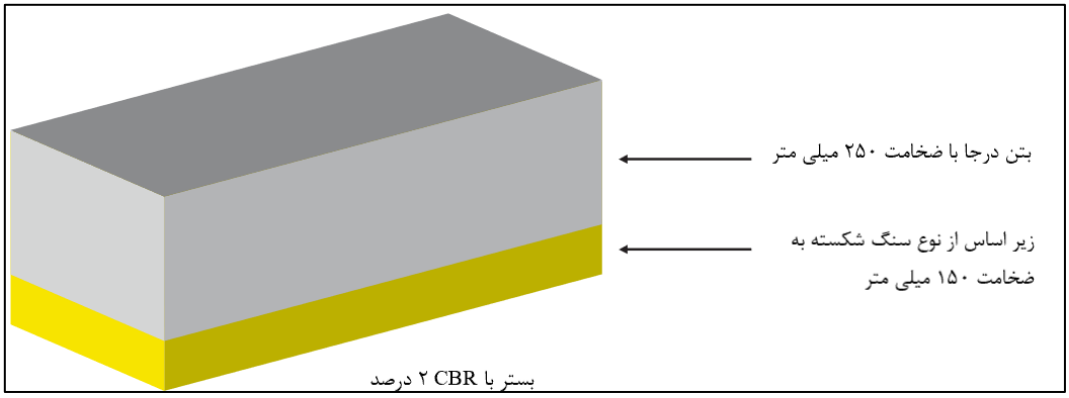
باید توجه داشت که این یک راه‌حل عملی نیست، اما می‌توان بر اساس این راه‌حل و جدول ۷۲ پیشنهادهای مناسب‌تری ارائه کرد. یک راه‌حل عملی این است که شکل ۱۰۴ از یک لایه اساس بتنی بهمراه یک روکش آسفالتی روی رویه موجود استفاده شود.



شکل ۱۰۴- راه‌حل عملی برای طرح روکش (مثال ۴)

۵-۱۱-۷- مثال ۵

روسازی موجود مطابق با شکل ۱۰۵، شامل یک دال بتنی درجا از رده C25 با ترک‌خوردگی قابل توجه است که بر روی زیراساس دانه‌ای با ضخامت ۱۵۰ میلیمتر قرار دارد. بر روی این روسازی بار ناشی از تریلرها به مقدار بار چرخ منفرد هم‌ارز برابر ۳۷۵ کیلو نیوتون وارد می‌شود. این روسازی روزانه ۷۰۰ بار در معرض بار ناشی از رفت‌وآمد تریلرها قرار دارد و خرابی شیارشدگی مشاهده نشد.



شکل ۱۰۵ ساختار روسازی موجود (مثال ۵)

پیشنهاد شده است که همین روند بهره‌برداری از روسازی ادامه یابد و دو طرح ۵ سال و ۲۵ ساله با ۳۰۰ روز کاری در سال مورد نیاز است.

- تعداد تردد تریلرها در ۵ سال=۱,۰۵۰,۰۰۰ (۵×۳۰۰×۷۰۰)
- تعداد تردد تریلرها در ۲۵ سال=۵,۲۵۰,۰۰۰ (۲۵×۳۰۰×۷۰۰)

با استفاده از گراف‌های طراحی روسازی جدید و ضخامت لایه اساس بتنی از رده C8 مورد نیاز به ترتیب ۴۱۵ و ۵۴۵ میلیمتر است.

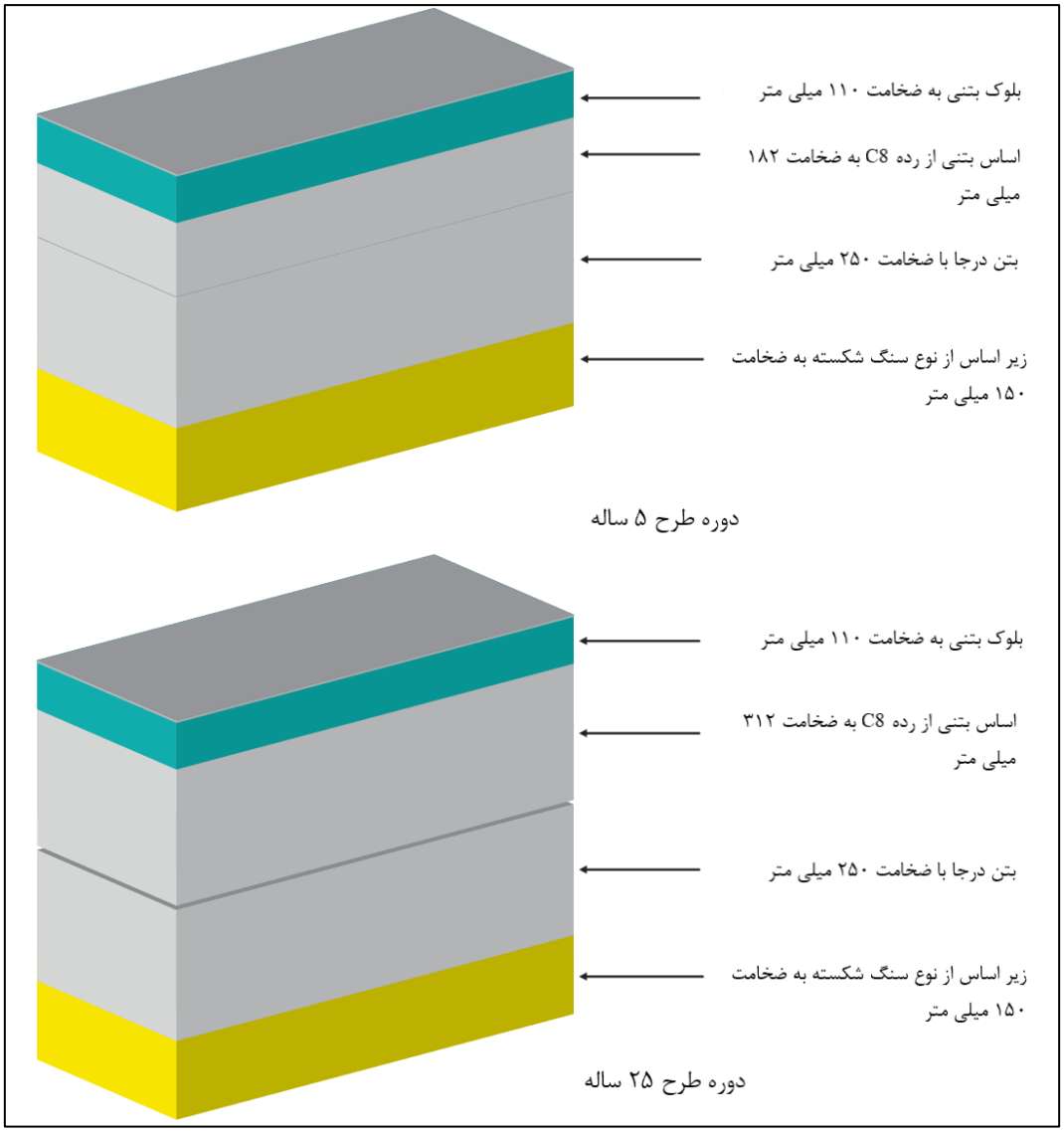
جدول ۷۳ ضخامت مؤثر باقیمانده روسازی موجود (مثال۵)

لایه	ضخامت لایه (میلیمتر)	ضریب هم ارز	ضریب شرایط-۱	ضریب شرایط-۲	ضخامت مؤثر معادل با اساس بتنی از رده C8 (میلیمتر)
روسازی بتن درجا با رده C25	۲۵۰	۰/۶۸	۰/۵	۱	۱۸۳
زیراساس دانه‌ای (ویژه بندر)	۱۵۰	۳	۱	۱	۵۰
بستر با CBR کمتر از ۵ درصد					
مجموع					۲۳۳

در نتیجه ضخامت معادل اساس بتنی از رده C8 برای دوره‌های طرح ۵ و ۲۵ ساله متفاوت و برابر با مقادیر زیر است.

- دوره طرح ۵ ساله:۱۸۲ میلی‌متر (۲۳۳-۴۱۵)
- دوره طرح ۲۵ ساله:۳۱۲ میلی‌متر (۲۳۳-۵۴۵)

هر دو روکش پیشنهادی برای روسازی مورد نظر در شکل ۱۰۶ نشان‌داده شده‌است.



شکل ۱۰۶- طراحی روکش پیشنهادی (مثال ۵) برای دوره طرح ۵ و ۲۵ ساله

مراجع

- ,۳۳۰A. C. (2008). Guide for the Design and Construction of Concrete Parking Lots: American Concrete Institute.
- AfPA. (2021). *Guide to the Structural Design of Flexible Pavements for Ports and Container Terminals*: Australian flexible Pavements Association.
- ARRB. (2020). Guide for Unsealed Roads (edition 2 ed.). Australian Government: ARRB Group Ltd.
- ASCE. (2016). *Design of Marine Facilities-chapter4* (Third Edition ed.): ASCE
- Association, T. C. M. (2009). Concrete Block Paving. In S. a. Installation (Ed.).
- Austroads. (2009a). Guide to Pavement Technology Part 6: Unsealed Pavements. Australia: Austroads Ltd.
- Austroads. (2009b). *Guide to Pavement Technology Part 8: Pavement Construction.* Australia: Austroads Ltd.
- Austroads. (2019). *Guide to Pavement Technology Part 5: Pavement Evaluation and Treatment Design*. Australia: Austroads Ltd.
- Böse, J. W. (2020). *Handbook of terminal planning* (second edition ed. Vol. Volume 64). Switzerland: Springer.
- Estado, P. d. (1994). *Guidlines for the design and construction of Port Pavements*
- FHWA. (2006). Geotechnical Aspects of Pavements *NHI Course No. 132040*: National Highway Institute.
- FHWA. (2015). Gravel Roads Construction & Maintenance Guide: Federal Highway Administration FHWA.
- Interpave. (2008). *THE STRUCTURAL DESIGN OF HEAVY DUTY PAVEMENTS FOR PORTS AND OTHER INDUSTRIES*: British Precast Concrete Federation.
- Interpave. (2012). Concrete Block Paving *guide to the properties design, construction, reinstatement and maintenance of concrete block pavements* (edition 2 ed.).
- IOWA. (2019). Integrated Materials and Construction Practices for Concrete Pavement: A State of the Practice Manual. National Concrete Pavement Technology Center: IOWA State University.
- Knapton, J. (2012). Port and Industrial Pavement Design with Concrete Pavers (Second Edition ed.). ICPI.
- Knapton, J., & Smith, D. R. (1998). *The North American port pavement design manual.* Paper presented at the Proceedings of the 3rd International Workshop on Concrete Block Paving, Cartagena de Indias, Colombia.
- LTAP, F–.S. (2000). Gravel Roads-Maintenance and Design Manual (F. H. Administration, Trans.): South Dakota Local Transportation Assistance Program (SD LTAP).
- M.Y.Shahin. (1994). Pavement management for airport, road and parking lots (second edition ed.). Springer.

- MINCAD. (2007). *Heavy duty industrial pavement design guide*. Australia.
- NAPA. (2019). Design & Construction of Heavy-Duty Pavements *Quality Improvement Series 123* (second edition ed.). National Asphalt Pavement Association.
- NATION, U. *Container Terminal Pavement Management*.
- PCA. (2010). *Guide for roller-compacted concrete pavements*: IOWA State University & Portland Cement Association.
- PIANC. (2015). *Design and Maintenance of Container Terminal Pavements*: MARITIME NAVIGATION COMMISSION.
- PortPave. Terminal Pavement Design & Management. from https://portpavement.com/
- Thoresen. (2003). *Port designer's handbook* (First published ed.).
- USACE. (1984). *rigid pavements for roads, streets, walks and open storage area*: DEPARTMENT OF THE ARMY CORPS OF ENGINEERS OFFICE OF THE CHIEF OF ENGINEERS.

- آبا. (۱۴۰۰). آیین نامه بتن ایران: سازمان برنامه و بودجه کشور.
- آیین نامه ملی پایایی بتن در محیط خلیج فارس و دریای عمان. (۱۳۸۴) ضابطه شماره ۴۲۸: مرکز تحقیقات راه ، مسکن و شهرسازی.
- آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران. (۱۳۹۰). پژوهشکده حمل و نقل.
- آیین‌نامه طراحی بنادر و سازه‌های دریایی ایران. (۱۳۸۵). سازمان برنامه و بودجه کشور- پژوهشکده حمل و نقل.
- دستورالعمل ساخت و اجرای بتن در کارگاه. (۱۳۸۵) نشریه شماره ۳۲۷. سازمان برنامه و بودجه کشور.
- دستورالعمل طراحی، اجرا و نگهداری روسازی بتنی راه‌ها (۱۳۹۶). سازمان برنامه و بودجه کشور- مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی.
- راهنمای بهسازی رویه‌های آسفالتی و شنی. (۱۳۸۳) نشریه شماره ۲۹۶. سازمان برنامه و بودجه کشور.
- راهنمای طراحی روسازی بنادر. (۱۳۸۶). پژوهشکده حمل و نقل.
- راهنمای طراحی روسازی فرودگاه. (۱۳۸۵) نشریه شماره ۳۵۳. پژوهشکده حمل و نقل.
- راهنمای طراحی و اجرای بتن غلتکی در روسازی راه‌های کشور. (۱۳۸۸) نشریه شماره ۳۵۴. سازمان برنامه و بودجه کشور.
- ف.مقدس‌نژاد. (۱۳۹۷). طراحی و اجرای روسازی بلوکی بتنی برای راه‌ها، بنادر و فرودگاه‌ها. مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی.
- کشور, س. م. و. ب. ر. (۱۳۸۳). راهنمای بهسازی رویه های آسفالتی و شنی نشریه ۲۹۶: وزارت راه و ترابری.
- کشور, س. م. و. ب. ر. (a۱۳۸۵). مشخصات فنی اجرایی بازیافت سرد آسفالت نشریه ۳۳۹: وزارت راه و ترابری.
- کشور, س. م. و. ب. ر. (b۱۳۸۵). مشخصات فنی اجرایی بازیافت گرم آسفالت نشریه ۳۴۱: وزارت راه و ترابری.
- مشخصات فنی عمومی راه. (۱۳۹۲) نشریه شماره ۱۰۱ (ویرایش دوم ed.). سازمان برنامه و بودجه کشور.

- میرمحمدعلی-طاحونی. (۱۳۸۶). طراحی روسازی کف‌های صنعتی و باراندازها برای بارهای سنگین (شامل روسازی‌های آسفالتی، بتنی، بتن غلتکی و بلوکی).

Islamic Republic of Iran

Plan and Budget Organization

Design guidelines, implementation and maintenance criterias for port pavements

IR-Code 884

Deputy of Production,Technical and Infrastructure

Department of Technical and Executive Affairs

Nezamfanni.ir

Ports & Maritime Organization

Department of Technical and Infrastructure Development Affairs

www.pmo.ir

2024

این ضابطه

به روسازی بنادر از جنبه‌های متعدد مانند: نوع بارگذاری از لحاظ تنوع بارهای دینامیکی (انواع تجهیزات بارگیری و جابجایی کالا نظیر استرادل‌کاریر، لیفتراک، گانتری‌کرین) و بارهای استاتیکی (نظیر آهن‌آلات، مواد معدنی فله، غلات، کانتینرها، پالت‌ها) و همچنین مقدار بار، مدت و تناوب بارگذاری می‌پردازد.