روسازی بتن غلتکی

رشته مهندسی عمران

مولفان:

مهندس روح‌اله (کسری) براتی

کارشناس ارشد مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد

مهندس محمد کریمی گوغری

کارشناس ارشد مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس

دکتر سید علی صحاف

عضو هیات علمی دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

سرشناسه :	براتی، روح‌اله، ۱۳۶۳ -
عنوان و نام پدیدآور:	روسازی بتن غلتکی: رشته مهندسی عمران/مولفان روح اله (کسری) براتی، محمد کریمی گوغری، سیدعلی صحاف.
مشخصات نشر:	تهران : نوآور، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری:	۱۷۶ ص.
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۴۱۰-۴
وضعیت فهرست نویسی:	فیپا
موضوع:	روسازی با بتن
موضوع:	Pavements, Concrete
موضوع:	بتن غلتکی
موضوع:	Roller compacted Concrete
موضوع:	روسازی
موضوع:	Pavements
شناسه افزوده:	کریمی گوغری، محمد، ۱۳۶۶ -
شناسه افزوده:	صحاف، سیدعلی، ۱۳۵۱ -
رده بندی کنگره:	TE۲۷۸/ب۴,۹ ۱۳۹۷
رده بندی دیویی:	۸۴/۶۲۵
شماره کتابشناسی ملی:	۵۳۶۲۱۱۶

روسازی بتن غلتکی

مولفان: مهندس روحاله براتی، مهندس محمد کریمی گوغری
دکتر سید علی صحاف

ناشر: نوآور
شمارگان: ۵۰۰ نسخه
نوبت چاپ:
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۴۱۰-۴
قیمت:

نشرنوآور

مرکز پخش:

نوآور، تهران، خیابان انقلاب، خیابان فخررازی، خیابان شهدای ژاندارمری نرسیده به خیابان دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸، طبقه دوم، واحد ۶ تلفن: ۹۲ـ ۶۶۴۸۴۱۹۱، www. noavarpub. com

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان مصوب سال ۱۳۴۸ برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلق به نشر نوآور می‌باشد. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب (از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، عکس‌برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی‌دی، دی‌وی‌دی، فیلم فایل صوتی یا تصویری و غیره) بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع بوده و شرعاً حرام است و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

فـهرست مطالب

فصل اول: کلیات ۱۳
اهداف فصل اول ۱۳
۱-۱- معرفی ۱۳
۱-۲- بتن غلتکی ۱۴
۱-۳- تاریخچه بتن غلتکی ۱۶
۱-۴- روسازی‌های بتنی ۱۷
۱-۵- انواع روسازی بتنی ۱۸
۱-۵-۱- روسازی بتنی ساده درزدار (JPCP) ۱۸
۱-۵-۲- روسازی بتنی مسلح درزدار (JRCP) ۱۹
۱-۵-۳- روسازی بتنی پیوسته (CRCP) ۱۹
۱-۵-۴- روسازی بتنی پیش تنیده (PCP) ۲۰
۱-۶- جایگاه بتن غلتکی در روسازی‌های بتنی ۲۰
۱-۷- روسازی بتن غلتکی ۲۱
۱-۷-۱- کاربردهای روسازی بتن غلتکی ۲۱
۱-۷-۲- مزایای روسازی بتن غلتکی ۲۲
۱-۷-۳- معایب روسازی بتن غلتکی ۲۲
خلاصه فصل اول ۲۳
سؤالات فصل اول ۲۴

فصل دوم: مصالح مصرفی و مواد افزودنی ۲۵
اهداف فصل دوم ۲۵
۲-۱- معرفی ۲۵
۲-۲- سنگدانه ۲۵
۲-۳- مواد سیمانی ۲۷
۲-۴- آب ۲۷
۲-۵- افزودنی‌ها ۲۸
۲-۵-۱- خاکستر بادی ۲۸
۲-۵-۲- دوده سیلیس ۲۸
خلاصه فصل دوم ۲۹
سؤالات فصل دوم ۳۰

فصل سوم: خواص و عملکرد روسازی بتن غلتکی ۳۱
اهداف فصل سوم ۳۱

۳-۱- معرفی ۳۱
۳-۲- مقاومت‌های مکانیکی ۳۱
۳-۲-۱- مقاومت فشاری ۳۲
۳-۲-۲- مقاومت کششی برزیلی ۳۴
۳-۲-۳- مقاومت خمشی ۳۴
۳-۲-۴- مقاومت برشی ۳۵
۳-۳- مدول الاستیسیته ۳۵
۳-۴- رفتار خستگی ۳۵
۳-۵- نفوذپذیری و مقاومت در برابر یخ‌زدگی ۳۶
۳-۶- انتقال بار ۳۶
۳-۷- اتصال بین لایه‌ها (مقاومت چسبندگی بین لایه‌ها) ۳۷
۳-۸- بافت سطحی ۳۸
۳-۹- کارآیی ۳۸
۳-۱۰- جرم حجمی و درجه تراکم ۳۸
۳-۱۱- همواری ۴۱
خلاصه فصل سوم ۴۱
سؤالات فصل سوم ۴۳

فصل چهارم: طرح اختلاط ۴۴
اهداف فصل چهارم ۴۴
۴-۱- معرفی ۴۴
۴-۲- طرح اختلاط بتن غلتکی روسازی ۴۵
۴-۳- الزامات کلی طرح اختلاط بتن غلتکی روسازی ۴۶
۴-۳-۱- تعیین مقاومت مشخصه طرح ۴۶
۴-۳-۲- تعیین دانه‌بندی مصالح سنگی ۴۷
۴-۳-۳- تعیین چگالی اشباع، درصد جذب آب مصالح و درصد رطوبت قابل تبخیر مصالح سنگی ۴۸
۴-۳-۴- تعیین عیار سیمان طرح ۴۸
۴-۳-۵- تعیین نسبت آب به سیمان ۴۹
۴-۴- طرح اختلاط با استفاده از آزمایش روانی بتن ۵۰
۴-۴-۱- مقدمه ۵۰
۴-۴-۲- مراحل طرح اختلاط ۵۱
۴-۵- طرح اختلاط با استفاده از روش تراکم خاک ۵۳
۴-۵-۱- مقدمه ۵۳
۴-۵-۲- مراحل طرح اختلاط ۵۴
خلاصه فصل چهارم ۵۶
سؤالات فصل چهارم ۵۸

فصل پنجم: دستورالعمل‌های آزمایشگاهی و استانداردهای بررسی خواص بتن غلتکی روسازی..... ۵۹
اهداف فصل پنجم..... ۵۹
۵-۱- معرفی..... ۵۹
۵-۲- تعیین درصد رطوبت قابل تبخیر مصالح سنگی بر اساس استاندارد ASTM C۵۶۶-۹۷..... ۶۰
۵-۳- تعیین کارآیی و زمان VB نمونه‌های بتن غلتکی روسازی (با استفاده از میز لرزان) بر اساس استاندارد ASTM C۱۱۷۰..... ۶۲
۵-۴- ساخت نمونه‌های استوان‌های بتن غلتکی روسازی (با استفاده از میز لرزان) بر اساس استاندارد ASTM C۱۱۷۶..... ۶۴
۵-۵- تعیین نسبت آب به سیمان بتن غلتکی روسازی به روش تراکم اصلاح شده بر اساس استاندارد ASTM D۱۵۵۷..... ۶۷
۵-۶- آزمایش‌های مورد استفاده در بحث روسازی بتن غلتکی..... ۶۹
خلاصه فصل پنجم..... ۷۲
سؤالات فصل پنجم..... ۷۳

فصل ششم: روش‌های طراحی ضخامت روسازی بتن غلتکی..... ۷۴
اهداف فصل ششم..... ۷۴
۶-۱- معرفی..... ۷۴
۶-۲- طراحی ضخامت به روش ارتش آمریکا..... ۷۵
۶-۲-۱- انتقال بار..... ۷۵
۶-۲-۲- متغیرهای طراحی..... ۷۵
۶-۲-۳- طراحی ضخامت روسازی..... ۷۵
۶-۲-۴- تعیین مدول عکس‌العمل بستر (k)..... ۷۷
۶-۲-۵- ترافیک..... ۷۸
۶-۲-۵-۱- اثر ترافیک بر روی طراحی ضخامت روسازی..... ۷۸
۶-۲-۵-۲- ارزیابی ترافیک..... ۷۹
۶-۲-۶- وسایل نقلیه زنجیردار..... ۸۲
۶-۲-۷- طراحی ضخامت روسازی چند لایه‌ای..... ۸۲
۶-۳- طراحی ضخامت به روش PCA..... ۸۴
۶-۳-۱- مقاومت مشخصه..... ۸۴
۶-۳-۲- مقاومت خمشی – مدول گسیختگی..... ۸۴
۶-۳-۳- مدول الاستیسیته..... ۸۵
۶-۳-۴- رفتار خستگی..... ۸۵
۶-۳-۵- اصول طراحی..... ۸۶
۶-۳-۶- مراحل طراحی ضخامت..... ۸۶
۶-۳-۷- طراحی برای ترافیک ترکیبی..... ۹۵

۶-۳-۸- اصلاح ضخامت برای محورهای مرکب (تاندوم) ۹۵
۶-۳-۹- اثر تغییرات مدول الاستیسیته ۹۶
۶-۴- طراحی ضخامت به روش آشتو (برای سطوح صلب) ۹۶
۶-۴-۱- عوامل مؤثر در طرح روسازی ۹۶
۶-۴-۲- طراحی ضخامت روسازی ۱۰۱
۶-۴-۲-۱- تعیین مدول مؤثر عکس‌العمل بستر ۱۰۱
۶-۴-۲-۲- تعیین ضخامت صفحه بتنی ۱۰۳
۶-۵- طراحی ضخامت به روش ACI ۱۱۰
۶-۵-۱- مقدمه ۱۱۰
۶-۵-۲- تنش‌های روسازی ۱۱۱
۶-۵-۳- بارهای ترافیکی ۱۱۲
۶-۵-۴- تقویت بستر ۱۱۲
۶-۵-۵- ویژگی‌های بتن ۱۱۳
۶-۵-۶- طراحی ضخامت ۱۱۴
۶-۵-۶-۱- اساس طراحی ۱۱۴
۶-۵-۶-۲- منبع جداول ضخامت ۱۱۶
خلاصه فصل ششم ۱۲۲
سؤالات فصل ششم ۱۲۳

فصل هفتم: ساخت، اجرا و بهره‌برداری روسازی بتن غلتکی ۱۲۴
اهداف فصل هفتم ۱۲۴
۷-۱- تولید بتن غلتکی روسازی ۱۲۵
۷-۱-۱- معرفی ۱۲۵
۷-۱-۲- کنترل و نگهداری مواد و مصالح بتن غلتکی روسازی ۱۲۵
۷-۱-۳- جداشدگی و بررسی مصالح دانه‌ای ۱۲۷
۷-۱-۴- کارخانه‌های اختلاط بتن غلتکی روسازی ۱۲۷
۷-۱-۴-۱- تولید منقطع ۱۲۸
۷-۱-۴-۲- کارخانه‌های جریان پیوسته ۱۲۹
۷-۱-۵- بچینگ و نظارت ۱۳۱
۷-۱-۶- سطوح تولید ۱۳۱
۷-۲- اجرای بتن غلتکی روسازی ۱۳۲
۷-۲-۱- معرفی ۱۳۲
۷-۲-۲- آماده‌سازی بستر، زیر اساس و لایه اساس ۱۳۲
۷-۲-۳- انتقال بتن غلتکی روسازی ۱۳۳
۷-۲-۴- آزمون‌های آزمایشگاهی و صحرایی ۱۳۵
۷-۲-۵- ساخت آزمایشی (نوارهای تست) ۱۳۶

۷-۲-۶- پخش بتن غلتکی روسازی ۱۳۷
۷-۲-۷- تراکم ۱۴۰
۷-۲-۸- اجرای منهول‌ها ۱۴۲
۷-۲-۹- الگوهای غلتک زنی – تراکم باند اول ۱۴۳
۷-۲-۱۰- درز ساخت طولی ۱۴۴
۷-۲-۱۰-۱- غلتک زنی درز ساخت طولی تازه ۱۴۴
۷-۲-۱۰-۲- غلتک زنی درز ساخت طولی سرد ۱۴۵
۷-۲-۱۱- درز ساخت عرضی ۱۴۷
۷-۲-۱۲-ایجاد درز (برش) در سطح روسازی ۱۴۸
۷-۲-۱۳- عمل‌آوری و محافظت روسازی ۱۴۹
۷-۲-۱۳-۱- عمل‌آوری ۱۴۹
۷-۲-۱۳-۲- عمل‌آوری و حفاظت در آب و هوای سرد ۱۵۰
۷-۲-۱۳-۳- حفاظت از روسازی در مقابل باران ۱۵۱
۷-۲-۱۴- توان افتتاح زود هنگام روسازی بر روی ترافیک ۱۵۱
۷-۲-۱۵- تضمین کیفیت و کنترل کیفیت ۱۵۱
خلاصه فصل هفتم ۱۵۲
سؤالات فصل هفتم ۱۵۳

فصل هشتم: خرابی‌ها، تعمیر و نگهداری روسازی بتن غلتکی ۱۵۴
اهداف فصل هشتم ۱۵۴
۸-۱- معرفی ۱۵۴
۸-۲- خرابی‌ها ۱۵۴
الف) ترکیدگی/ کمانش ۱۵۴
ب) شکستگی گوشه ۱۵۵
ج) پکیدگی گوشه ۱۵۶
د) پکیدگی لبه ۱۵۷
ه) ترک خوردگی دوام (نوع "D") ۱۵۸
و) پلکانی شدن ۱۵۸
ز) آسیب دیدگی درزگیری ۱۵۹
ح) ترک خوردگی خطی (ترک‌های طولی، عرضی و قطری) ۱۶۰
ط) صیغلی شدن دانه‌ها ۱۶۱
ی) بیرون پریدگی ۱۶۲
ک) پامپینگ ۱۶۲
ل) سوراخ شدگی ۱۶۳
م) پوسته پوسته شدن، ترک خوردگی سطحی و شن زدگی ۱۶۴
ن) ترک انقباضی ۱۶۵

۸-۳- درزبندی ۱۶۵
۸-۳-۱- درزبندی درزها و اتصالات ۱۶۵
۸-۳-۲- درزبندی زیرین روسازی و تسطیح ۱۶۶
الف) درزبندی زیرین روسازی ۱۶۶
ب) تسطیح ۱۶۷
۸-۴- تعمیر عمقی روسازی بتنی ۱۶۷
الف) تعیین مکان تعمیر ۱۶۷
ب) آماده‌سازی ناحیه تعمیر ۱۶۷
ج) اجرای بتن ۱۶۸
۸-۵- روکش ۱۶۸
۸-۶- تمهیدات ویژه پاکسازی و محافظت سطح روسازی پارکینگ‌ها ۱۶۹
الف) پاشیدن مواد ساینده ۱۶۹
ب) تمیزکننده‌های شیمیایی ۱۶۹
۸-۷- ایجاد بافت سطحی روسازی ۱۶۹
۸-۷-۱- مقدمه ۱۶۹
۸-۷-۲- تراش سطح روسازی ۱۷۰
۸-۷-۲-۱- مقدمه ۱۷۰
۸-۷-۲-۲- مزایای تراش سطح ۱۷۲
مزایای تراش ریز ۱۷۲
مزایای تراش درشت ۱۷۲
۸-۷-۲-۳- معایب و محدودیت‌های تراش سطح ۱۷۲
خلاصه فصل هشتم ۱۷۳
سؤالات فصل هشتم ۱۷۴
مراجع ۱۷۵
مراجع لاتین ۱۷۵
مراجع فارسی ۱۷۶

پیشگفتار

صنعت حمل و نقل نقش بسزایی در رشد و شکوفایی کشورها دارد. امروزه این صنعت، جزء لاینفک و رکن اصلی توسعه اقتصادی هر کشور محسوب می‌گردد. از این رو، بدون وجود شبکه حمل و نقل مناسب و به روز، تصور توسعه اقتصادی همه جانبه ممکن نمی‌باشد. بر اساس آمار و اطلاعات موجود، سهم ارزش افزوده بخش حمل و نقل در تولید ناخالص داخلی رقم قابل توجهی بوده و طی سالیان گذشته روند رو به رشدی داشته است. در این میان سهم ارزش افزوده زیر بخش حمل و نقل جاده‌ای بیش از سایر زیر بخش‌ها بوده و همواره بیش از نود درصد سهم ارزش افزوده آن را به خود اختصاص داده است.

انتخاب نوع روسازی راه‌ها، محوطه‌های صنعتی و پارکینگ‌ها هیچ‌گاه دستوری الزام‌آور نداشته است. اما برای انتخاب نوع روسازی باید فاکتورهای فنی و اقتصادی از قبیل نوع و حجم ترافیک، هزینه ساخت، مقاومت خاک، شرایط آب و هوایی، مواد و مصالح مورد استفاده، ملاحظات ساخت، تعمیر و نگهداری و مسائل زیست محیطی در نظر گرفته شود.

یکی از انواع روسازی که امروزه در بسیاری از کشورهای جهان مورد استفاده قرار گرفته است، روسازی بتن غلتکی می‌باشد. در ایران به دلیل ارزان بودن قیر و مواد نفتی، این روسازی تاکنون مورد توجه فعالان بخش ساخت و توسعه راه‌های کشور قرار نداشته است. با این حال با توجه به کم شدن منابع نفتی و حذف یارانه‌ی قیر و در نتیجه افزایش هزینه روسازی آسفالتی، لزوم استفاده از روسازی‌های بتنی در کشور نیاز به بررسی و توجهی ویژه دارد. از این رو، کمبود منابع داخلی معتبر در زمینه روسازی بتن غلتکی و نیاز دانشجویان به اطلاعات به روز در این زمینه، انگیزه‌ای بزرگ برای جمع‌آوری و نگارش این مهم گردیده است.

روسازی بتن غلتکی نوعی روسازی بتنی می‌باشد که از مخلوطی سفت و نسبتاً خشک از سنگ‌دانه‌ها، مواد سیمانی و آب تشکیل می‌شود. این مخلوط توسط دستگاه‌های متداول روسازی آسفالتی پخش و پس از آن توسط غلتک ویبره‌ای کوبیده و متراکم می‌گردد که مخلوط پخش شده، سرانجام بعد از سخت شدن در اثر واکنش هیدراتاسیون سیمان، به بتن تبدیل می‌شود.

کتاب حاضر که در هشت فصل تدوین گردیده، فصل اول به آشنایی با کلیات و مفاهیم اولیه روسازی بتن غلتکی پرداخته است. پس از معرفی مواد و مصالح مورد نیاز در فصل دوم، فصل سوم خواص و عملکرد این روسازی را تشریح نموده که در ادامه، فصل چهارم نیز به نحوه طرح اختلاط این روسازی اختصاص یافته است. در فصل پنجم دستورالعمل‌های آزمایشگاهی ارائه گردیده و فصل ششم نحوه طراحی سازه‌ای (ضخامت) روسازی بتن غلتکی به روش‌های مختلف را بیان کرده است. فصل هفتم ساخت، اجرا و بهره‌برداری روسازی بتن غلتکی را به صورت مفصل ارائه نموده که در انتها، فصل هشتم به معرفی انواع خرابی‌های این روسازی و نحوه تعمیر و نگهداری آن اختصاص داده شده است.

در پایان خداوند بزرگ و بی‌همتا را سپاس می‌گوییم که در گردآوری این مجموعه یاریمان نمود. امید است کتاب حاضر مورد توجه و استفاده دانشجویان، اساتید و علاقه‌مندان محترم قرار گیرد و با پیشنهادهای اصلاحی خود، موجبات غنای بیشتر این مجموعه را در چاپ‌های بعدی فراهم نمایند.

روح‌اله (کسری) براتی
Info@noavarpub.com

فصل اول

کلیات

اهداف فصل اول

آنچه در فصل جاری به آن پرداخته شده است:

- آشنایی با بتن غلتکی (RCC)[1] و بتن غلتکی روسازی (RCCP)[2]
- مقایسه مشخصات فنی بتن غلتکی روسازی و سد سازی
- نحوه توزیع تنش در روسازی‌های انعطاف‌پذیر و روسازی صلب
- شناخت انواع روسازی بتنی و دسته‌بندی آن‌ها
- شناخت کاربردهای روسازی بتن غلتکی
- آشنایی با مزایا و معایب روسازی بتن غلتکی

۱-۱- معرفی

شبکه حمل و نقل هر کشور، شریان حیاتی آن کشور و از عظیم‌ترین سرمایه‌های ملی آن محسوب می‌شود. برای آنکه این شبکه کارآیی مناسب را داشته باشد، لازم است که در آن تمامی اجزاء نقش خود را به خوبی ایفا کنند. فرودگاه‌ها، پایانه‌های مسافربری و باربری، بندرگاه‌ها و راه‌ها را می‌توان به عنوان اجزاء اصلی این شبکه برشمرد. در حالی که بخش اعظمی از درآمد دولت‌ها صرف ساخت و تعمیر و نگهداری راه‌ها می‌شود، در حال حاضر با توجه به توسعه زیرساخت‌های حمل و نقل، راه‌ها نقش مهمی در کارآیی شبکه ایفا می‌کنند. بدین منظور بخشی از این هزینه‌ها صرف لایه‌های روسازی می‌گردد که عملکرد نامناسب آن، اتلاف این سرمایه‌ها را به همراه خواهد داشت. از این رو می‌توان گفت روسازی‌ها از عوامل مؤثر در قابلیت سرویس‌دهی و هزینه بهره‌برداری راه‌ها می‌باشند.

رعایت استانداردها در طرح و ساخت روسازی‌ها تأثیر بسزایی در تعمیر و نگهداری آن در طول عمر سرویس‌دهی خواهد داشت. هر چه نوع روسازی تناسب بیشتری با بار وارده، شرایط آب و هوایی و مصالح منطقه داشته باشد، عمر سرویس‌دهی آن افزایش یافته و هزینه‌های نگهداری آن نیز کاهش خواهد یافت. در کشور ما اکثر روسازی‌های اجرا شده از نوع آسفالتی بوده که دلیل این امر را می‌توان وجود منابع نفتی (قیری) فراوان دانست. این مسئله ارزانی آسفالت را به همراه داشته و استفاده آن را توجیه نموده است. علاوه بر این، استفاده طولانی مدت از این نوع روسازی و در نتیجه داشتن تجربه کافی برای اجرا و ارائه نشدن جایگزین مناسب برای آن، از عوامل دیگر تأثیرگذار در استفاده از روسازی

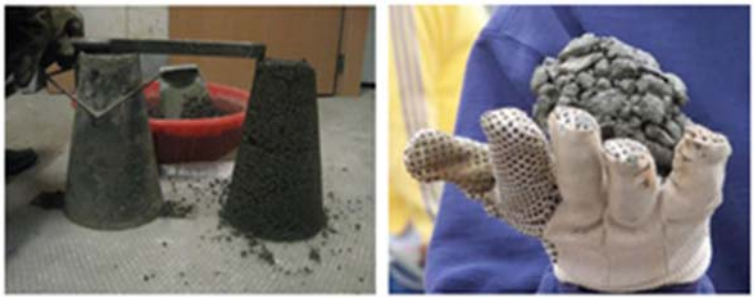
۱- Roller Compacted Concrete
۲- Roller Compacted Concrete Pavement

بتن آسفالتی در کشور بوده است. اما این نوع روسازی علیرغم فراگیر شدن و سهل الاجرا بودن، معایبی به همراه دارد که مشخصه بارز آن مقاومت پایین در برابر بارهای ترافیکی سنگین (توزیع تنش نامناسب)، تغییر خواص روسازی با دما، وابستگی عملکردی فراوان به انتخاب قیر (مناسب و متناسب با منطقه طرح) و غیره می‌باشد.

خرابی رویه‌های آسفالتی راه‌ها نه تنها کیفیت عبور و مرور را کاهش می‌دهد، بلکه موجب خرابی سایر قشرهای روسازی و جسم خاکریز راه شده و خسارات بیشتری را بوجود می‌آورد. از این رو، این نوع رویه نیاز به نگهداری مداوم دارد. خرابی‌های متنوعی همچون خط افتادگی چرخ، ترک‌های طولی و عرضی، جمع شدگی و ترک‌های هلالی و نیز خرابی‌های ناشی از خستگی (در اثر ترافیک بالا، بستر ضعیف و مخلوط نامناسب) مانند ترک پوست سوسماری از جمله خرابی‌های متداول رویه‌های آسفالتی است. این خرابی‌ها باعث افت خدمت‌دهی روسازی در کوتاه مدت شده و نیاز به اجرای روکش را به همراه خواهد داشت که هزینه مضاعفی تحمیل می‌نماید. در این زمینه، یک راه حل مناسب و جایگزین و یا استفاده در کنار روسازی‌های بتن آسفالتی، استفاده از رویه‌های بتن سیمانی می‌باشد که خواص آن مانند روسازی‌های آسفالتی وابستگی به دما ندارد. همچنین در این روسازی‌ها تغییر شکل‌های دائمی نیز مانند روسازی آسفالتی رخ نمی‌دهد. از بین انواع رویه‌های بتنی، روسازی بتن غلتکی به دلایلی از جمله قابلیت اجرا توسط ماشین آلات متداول در روسازی بتن آسفالتی، افزایش سرعت اجرا و در نتیجه صرفه جویی مالی در مقایسه با سایر روسازی‌ها، عدم نیاز به استفاده از داول در درزها و عدم نیاز به تقویت سازه‌ای با فولاد، اجازه عبور زودتر ترافیک نسبت به سایر روسازی‌های بتنی (به دلیل استحکام سازه‌ای بعد از تراکم) و مصرف کمتر سیمان، بیشتر مورد استقبال قرار گرفته است.

۲-۱- بتن غلتکی

بتن غلتکی یک ترکیب بتنی سیمان پرتلند با اسلامپ صفر است (شکل ۱-۱) که توسط ماشین‌آلات مخصوص و نیز ماشین آلات متداول در بحث بتن آسفالتی پخش گردیده و به وسیله غلتک‌های فلزی چرخ لاستیکی و غلتک‌های ویبره‌ای، متراکم می‌گردد (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۱. نمایش اسلامپ صفر برای مخلوط بتن غلتکی

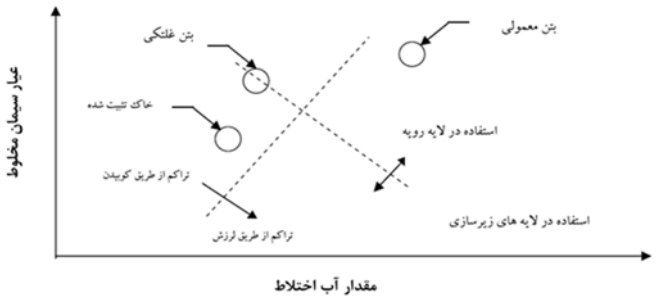
شکل ۱-۲. تخلیه و پخش بتن غلتکی روسازی

این بتن علاوه بر روسازی راه، در هسته سدهای خاکی نیز استفاده دارد. در سدهای خاکی بتن غلتکی به عنوان جایگزینی برای رس بکار می‌رود. مقایسه‌ای بین مشخصات بتن مصرفی در این دو حالت در جدول شماره ۱-۱ آمده است.

جدول ۱-۱. مقایسه مشخصات بتن غلتکی روسازی و بتن غلتکی سدسازی

مشخصات	سدسازی	روسازی
مقدار سیمان (کیلوگرم بر مترمکعب)	۶۰-۲۵۰	۲۱۰-۳۵۰
نسبت آب به سیمان	۴/۸-۰/۰	۳/۴۵-۰/۰
حداکثر قطر دانه‌ها (mm)	۷۵	۲۵
مقاومت فشاری ۲۸ روزه (Mpa)	۱۵	۴۵
زمان VB (ثانیه)	۱۰-۲۵	۳۰-۴۵

اغلب خواص مهندسی بتن غلتکی روسازی (RCCP) مشابه روسازی‌های بتنی متعارف می‌باشد. بتن غلتکی مورد استفاده در راهسازی یک فناوری در حال پیشرفت است، به طوریکه در حدود دو دهه اخیر پروژه‌های متعددی از این روسازی در آمریکا، کشورهای اروپایی نظیر فرانسه، اسپانیا و آلمان، کشور هندوستان، استرالیا و ژاپن اجرا شده و روند استفاده از آن همچنان در حال گسترش می‌باشد. جایگاه این نوع مخلوط بتنی در مقایسه با سایر مخلوط‌های سیمانی در شکل (۳-۱) به نمایش گذاشته شده است.



شکل ۱-۳. جایگاه بتن غلتکی در مقایسه با سایر مخلوط‌های سیمانی

۳-۱- تاریخچه بتن غلتکی

ساخت روسازی بتن غلتکی روشی نوین در راستای توسعه و تکامل مصالحی نظیر خاک تثبیت شده با سیمان[۱] و یا اساس اصلاح شده با سیمان (CTB)[۲] می‌باشد که مدت‌های مدیدی به عنوان زیراساس و اساس در طراحی و ساخت روسازی‌ها کاربرد داشته‌اند. این گونه کاربردهای اولیه در بسیاری از کشورها قبل از جنگ جهانی اول مورد استفاده قرار گرفته است. مهندسین کانادایی در ایالت بریتیش کلمبیا[۳] در سال ۱۹۷۰ به منظور ایجاد لایه‌های اساس با کیفیت بالاتر، کاربرد سنگدانه با مقدار بالاتری سیمان را آغاز نمودند. در ادامه توسعه استفاده از بتن غلتکی، در نظر گرفتن روسازی این مخلوط به عنوان روسازی کامل و بدون نیاز به لایه روکش بوده است که اولین بار در همان سال، در ساخت محوطه یک کارخانه چوب و الوار با بارگذاری سنگین در ونکوور[٤] کانادا مورد استفاده قرار گرفت. عملکرد این روسازی در این محوطه که تحت بارگذاری سنگین و همچنین سایش شدید قرار داشت، بسیار موفقیت‌آمیز بود. به نحوی که از آن زمان رویه بتن غلتکی برای ساخت روسازی محوطه‌های صنعتی در کانادا کاربرد وسیعی پیدا نمود.

اولین نمونه استفاده از این روسازی در اروپا را کشور اسپانیا در سال ۱۹۷۰ برای جاده‌های با حجم ترافیک کم به خود اختصاص داد و کاربرد آن در آمریکا، ساخت یک جاده دسترسی در ایستگاه مطالعاتی ارتش آمریکا در میسیسیپی[٥] سال ۱۹۷۵ بوده است. لیکن اولین کاربرد واقعی و مهم بتن غلتکی روسازی در آمریکا احداث محوطه وسیع پارکینگ برای تانک‌ها و وسایل نقلیه نظامی سنگین در پایگاه هود تگزاس[٦] در سال ۱۹۸۴ می‌باشد. بعد از این کاربرد موفقیت‌آمیز تعداد قابل توجهی روسازی برای بارهای سنگین توسط بخش دولتی، نظامی و همچنین بخش خصوصی آمریکا صورت گرفت. این کاربردها شامل روسازی پارکینگ وسایل نقلیه نظامی سنگین، روسازی بندرگاه‌ها و پایانه‌های مبادله بارهای کانتینری بود. از این میان دو پروژه بزرگ که در سال‌های ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۰ اجرا شدند، یکی روسازی جاده و محل پارکینگ وسایل نقلیه چرخ زنجیری به مساحت ۳۲۴,۰۰۰ مترمربع در پایگاه درام نزدیک نیویورک و دومی روسازی پارکینگ اتومبیل برای شرکت جنرال موتور در ایالت تنسی[۷] به مساحت ۴۰۵,۰۰۰ مترمربع قابل ذکر می‌باشد. اما در سال ۱۹۹۲ نیز شرکت سیف‌وی[۸] برای روسازی محوطه انبار خود در کالیفرنیا ۲۲۶,۰۰۰ مترمربع روسازی بتن غلتکی اجرا نمود که دلیل این انتخاب، سرعت ساخت بالا، دوام مناسب تحت بارهای سنگین و هزینه نگهداری پائین آن گزارش گردید.

اولین روسازی بتن غلتکی اندونزی در سال ۱۹۸۵ ساخته شد و علیرغم رضایت بخش نبودن اولین تجربه آن‌ها، تا سال ۱۹۹۰ بیش از ۵۵۰,۰۰۰ مترمربع از این نوع روسازی در آن کشور اجرا گردید. پس از آن از جمله کشورهایی که به این نوع روسازی روی آورد، کشور ژاپن بود که اولین روسازی بتن غلتکی آن در سال ۱۹۸۷ به بهره‌برداری رسید و تا سال ۱۹۹۷ حدود ۱,۸۰۰,۰۰۰ مترمربع از این روسازی در این کشور ساخته شد. مالزی نیز اولین روسازی بتن غلتکی را در سال ۱۹۹۰ برای یک

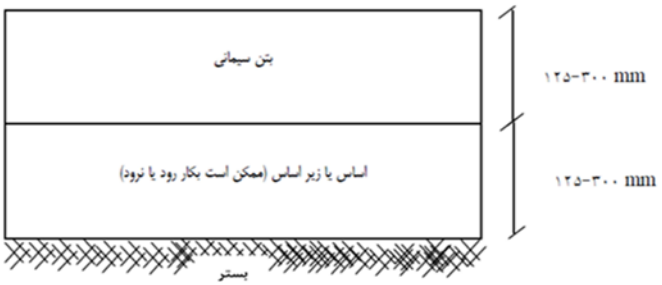
۱- Soil Cement
۲- Cement Treated Base
۳- British Colombia
٤- Vancouver
٥- Mississippi
٦- Hood
۷- Tennessee
۸- Safeway

جاده ایالتی و به طور آزمایشی احداث نمود.

علاوه بر کشورهای فوق، کشورهای فرانسه، نروژ، فنلاند، دانمارک، آلمان، استرالیا و آرژانتین بعد از سال ۱۹۸۰ شروع به ساخت این نوع روسازی نمودند که استفاده هر یک از آن‌ها در حدود ۱۰۰,۰۰۰ مترمربع بوده است. همچنین در هفت کشور شیلی، اروگوئه، مکزیک، کلمبیا، اکوادور، ایسلند و آفریقای جنوبی نیز کاربرد این روسازی به میزان محدود و یا به صورت آزمایشی صورت گرفته است. در این راستا تا پایان سال ۱۹۹۰ سطح کل روسازی بتن غلتکی در دنیا از مرز دوازده میلیون مترمربع تجاوز نمود که از این میزان، بیش از نصف آن در اسپانیا ساخته شده است. در حدود یک میلیون و پانصد هزار مترمربع از این سطح برای بزرگراه‌ها و راه‌های اصلی به همراه یک لایه آسفالت در بالای آن جهت بهبود کیفیت تردد به کار رفته است و باقیمانده ده میلیون و پانصد هزار مترمربع آن در روسازی‌های با سرعت کم، نظیر راه‌های درجه دو و نواحی صنعتی و نظامی بدون پوشش، مورد استفاده قرار گرفت.

٤-١- روسازی‌های بتنی

روسازی‌های بتنی از بتن حاوی سیمان پرتلند ساخته می‌شوند. اولین روسازی بتنی در دیترویت میشیگان[1] در آمریکا به سال ۱۹۰۸ ساخته شد. برای طراحی روسازی‌های بتنی بجای تئوری لایه‌ها که در طراحی روسازی انعطاف پذیر (آسفالتی) استفاده می‌شود از تئوری صفحات استفاده می‌گردد. تئوری صفحه در واقع همان حالت ساده شده تئوری لایه‌ها می‌باشد که فرض می‌کند دال بتنی، یک صفحه تقریباً ضخیم است که قبل از خمش مسطح بوده و پس از خمش نیز به حالت مسطح باقی خواهد ماند. شکل ۱-۴ تیپ یک روسازی بتنی متداول را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۴. تیپ روسازی بتنی

همانطور که در شکل دیده می‌شود در زیر دال بتنی، لایه اساس و یا زیراساس ممکن است قرار گیرد و یا این که دال بتنی مستقیماً بر روی بستر قرار داده شود. دلیل آن نیز به نحوه توزیع تنش در روسازی‌های بتنی باز می‌گردد. شکل ۱-۵ نحوه توزیع تنش در یک روسازی انعطاف‌پذیر (آسفالتی) و یک روسازی صلب (بتنی) را نشان می‌دهد. مطابق شکل مشاهده می‌شود به دلیل مقاومت بالای روسازی‌های بتنی در مقابل اعمال بار، توزیع تنش در سطح بیشتر و با شدت کمتری نسبت به روسازی‌های انعطاف پذیر صورت می‌گیرد. این امر باعث می‌شود روسازی‌های بتنی نیاز کمتری به

۱- Detroit, Michigan