فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص ۷-۱
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

عنوان مقاله: بررسی استفاده از مواد بازیافتی در بتن غلتکی ویژه روسازی (RCCP)
دوره ۳ / شماره ۱ / بهار ۱۳۹۸/ ص ۷-۱

بررسی استفاده از مواد بازیافتی در بتن غلتکی ویژه روسازی (RCCP)

سجاد کفاش زاده ۱ ،مبین استواری۲* ، علی نایبی فر۳

۱- استاد دانشگاه، فوق لیسانس عمران گرایش راه و ترابری،بیرجند،ایران
۲- دانشجوی کارشناسی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی بیرجند، ایران
۳- فوق لیسانس عمران گرایش راه و ترابری، دانشگاه غیرانتفاعی هرمزان،بیرجند،ایران
*نویسنده مسئول: demostovari7@ yahoo.com

چکیده

ظرفیت محدود محل دفن زباله، کاهش منابع معدنی مناسب، اثرات منفی محیط زیستی، افزایش قیمت قیر و مصالح سنگدانه عوامل اصلی در بازیافت مواد زاید جامد و پسماند در دنیا هستند. روسازی آسفالتی علی رغم اجرای آسان، وجود نیرو متخصص فراوان و فراوانی ماشین آلات اجرایی آن، دارای معایبی از قبیل تغییر خواص آن با دما و تغییر شکل های دائمی در سطح روسازی می باشد. در حالی که رویه های بتنی، هزینه های تعمیر و نگهداری کمتری در مقایسه با رویه آسفالتی داشته و عمر مفید آن (۴۰تا ۵۰سال رویه بتنی در مقایسه با ۱۵تا ۲۰ سال روسازی آسفالتی) بیشتر می باشد. تحقیقات زیادی در زمینه استفاده از پسماندها و نخاله های صنعتی در مخلوط های بتنی و نیز بتن غلتکی انجام گرفته است. هدف از این مقاله بررسی جایگزینی مواد بازیافتی و پسماندهایی چون خرده لاستیک های فرسوده، سرباره کوره و ضایعات PET در بتن غلتکی روسازی راه ها می باشد. نتایج به دست آمده نشان داد که افزودن این ترکیبات بازیافتی به بتن غلتکی تاثیرات بسزایی بر روی خواص مکانیکی و فیزیکی بتن دارد.

واژگان کلیدی: استفاده مجدد، بتن غلتکی، خرده لاستیک، سرباره کوره، ضایعات PET

ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

مقدمه

روسازی جاده ها و راه ها از مهمترین منابع ملی و زیر ساخت های هر کشور است که همواره بخشی از بودجه صرف ساخت، حفظ و نگهداری آن ها می شود و عملکرد آن ها بر اقتصاد کشور تاثیر زیادی دارد. در این راستا با توجه به کاهش منابع معدنی و اثرات منفی زیست محیطی، روسازی های سازگار با محیط زیست مورد استقبال قرار گرفته اند که در همه ابعاد طراحی، ساخت، ترمیم و نگهداری آن ها مسایل محیط زیستی در نظر گرفته می شود. امروزه مساله مواد بازیافتی و دورریز، به یکی از معضلات زیست محیطی برای بشر تبدیل شده است بحث اثرات تخریبی این مواد بر محیط زیست و هزینه های بالای نگهداری و دپو این مواد از مشکلات این ضایعات می باشد . لذا امروزه در کشورهای توسعه یافته استفاده مجدد از ضایعات مورد توجه خاص قرارگرفته است و این مصالح بازیافتی می تواند جایگزین مناسبی برای سنگدانه های موجود در بتن غلتکی باشد که این امر سبب کاهش استفاده از منابع معدنی می شود.

برای ساخت هر کیلومتر راه اصلی، نزدیک به ۱۵۰تن قیر و هر کیلومتر بزرگراه ۳۰۰تن و هر کیلومتر آزادراه ۴۰۰تن قیر لازم است. با نگاهی به افزایش نرخ قیر در کشور در یک دهه اخیر شاهدیم که در ۱۰سال گذشته، رقم ناچیزی از اعتبارات وزارت راه، برای خرید قیر استفاده می شد، زیرا قیمت قیر ارزان بود و حجم زیادی از بودجه عمرانی مرتبط را شامل نمی شد، اما در سالهای اخیر به طور قابل توجهی قیمت قیر افزایش پیدا کرده است که سبب برتری روسازی بتنی نسبت به روسازی آسفالتی می شود(سبحانی،۱۳۹۶،ص،۵۵).

به دلیل عمر طولانی،روسازی بتنی از نظر اقتصادی مقرون به صرفه و سودمند است و به حداقل مصرف مواد، انرژی و سایر منابع برای ساخت و ساز، نگهداری و بازسازی در طول عمر خود نیاز دارد. روسازی های بتنی با طول عمر بالا، کمتر نیاز به ترمیم و بازسازی مکرر دارند و به ایمنی بزرگراه و کاهش ازدحام کمک می کنند (بزرگمهرنیا و همکاران،۱۳۹۵). بتن غلتکی با توجه به ویژگی های خاص خود جایگزین مناسبی برای بخشی از آسفالت که مخرب محیط زیست و پر هزینه است می باشد. همچنین با توجه به مقاومت آن انتظار میرود نشست ها و ترک ها از جاده های جدید الاحداث دور گردد و ضمن افزایش عمر دوام روسازی را به میزان قابل توجهی بهبود بخشد لذا بایستی به مرور با افزایش تجارب و بومی سازی تکنولوژی نسبت به جایگزینی روسازی آسفالتی به بتنی اقدام نمود(احمدی،حاتمی،۱۳۹۳).

مصالح سنگی بیش از ۷۵ درصد وزنی یا حجمی بتن را تشکیل می دهند که خواص فیزیکی و مکانیکی آنها در خواص بتن تاثیر بسیار مهمی را دارد. در این مقاله به منظور حفظ بیشتر منابع زیستی، مواد بازیافتی و مصالح مختلف جهت جایگزینی در مصالح موجود در بتن غلتکی مورد نقد و بررسی قرار گرفته است.

بتن غلتکی ویژه روسازی راه (RCCP)

بتن غلتکی RCC (Roller Compacted Concrete)، بتنی است با اسلامپ صفر که برای ساخت رویه راه ها کاربرد دارد. مزایای عمده این نوع روسازی ها که سبب برتری آن نسبت به روسازی های آسفالتی و بتنی معمولی شده است، مواردی چون اجرای سریع و آسان، هزینه های اجرایی کم، مصرف کمتر سیمان و مقاومت زیاد آن در شرایط آب و هوایی سرد یا گرم است. این نوع بتن را برای کاربرد آن در روسازی راه به این شکل تعریف میکنند : " بتنی که در حالت تازه شرایطی دارد که امکان عبور غلتک از روی آن فراهم می آید و به این ترتیب در نهایت بتن سخت و متراکم شده ای که وسیله تراکم آن غلتک بوده حاصل می شود"برای سالیان متمادی از RCCدر ساخت سدها استفاده می شد، اما در سالهای اخیر از بتن غلتکی به عنوان یک روش نوین در ساخت رویه راه ها استفاده شده است (آیین نامه آمریکا ACI). بتن غلتکی ویژه روسازی راه از مخلوط سفت و نسبتا خشکی از سنگ دانه ها (با اندازه حداکثر ۱۷ میلیمتر)، مواد سیمانی و آب تشکیل شده است که دارای مقدار سیمان زیاد، مقاومت فشاری معمولا بالاتر از ۳۰مگاپاسگال و طرح اختلاط با اندازه و دانه بندی مصالح کنترل شده در یک محدوده مشخص می باشد. در روسازی راه، بتن غلتکی می تواند به عنوان رویه اصلی برای تامین استقامت باربری سازه روسازی مورد استفاده قرار

گیرد. اختلاف اصلی بین بتن غلتکی و بتن معمولی در ارتباط با روش ساخت روسازی و فواصل درزها و ظاهر رویه می باشد(هاجکینزون،۱۹۹۱).

اولین کاربرد روسازی بتن غلتکی به شکل فعلی در ساخت محوطه ای برای کارخانجات چوب و الوار با بارگذاری سنگین در ونکوور در سال ۱۹۷۳ بود. عملکرد روسازی بتن غلتکی در این محوطه که تحت بارگذاری سنگین و همچنین سایش شدید قرار داشت بسیار موفقیت آمیز بود و نیز اولین بتن غلتکی درسال ۱۹۷۰در جاده های اسپانیا با ترافیک کم مورد استفاده قرار گرفت. در سال ۱۹۷۵ استفاده از روسازی بتن غلتکی به صورت آزمایشی در ایستگاه مطالعاتی ارتش امریکا در می سی سی پی انجام گرفت و پس از آن در سال ۱۹۸۴این نوع روسازی جهت احداث محوطه وسیع پارکینگ برای تانک ها و وسایل نقلیه نظامی سنگین در پایگاه هود در تگزاس مورد استفاده قرار گرفت (قدیم و همکاران،۱۳۹۱،ص،۱۴).

یکی از کاربردهای مهم بتن غلتکی در ساخت روسازی ها می باشد و از مزایای بتن غلتکی نسبت به بتن معمولی عدم نیاز به قالب، آرماتورهای تسلیح، میلگردهای اتصال و تای بار و درز می باشد(کریشنارائو و همکاران،۲۰۱۶،ص،۹۳۳-۹۲۵).

بتن غلتکی ویژه روسازی RCCP(Roller Compacted Concrete Pavement) با محیط زیست سازگارتر بوده و در ساخت و بهره برداری از آن انرژی کمتری مصرف می گردد.

اجرای بتن غلتکی ۱۵ تا ۴۶ درصد صرفه اقتصادی دارد که به روسازی بتن آسفالتی و حتی بتن معمولی با قالب بندی ثابت و لغزنده ترجیح داده می شود. از موارد استفاده از بتن غلتکی می توان به اجرای روسازی جاده های نظامی، کف هایی که بر روی آن قطعات و تجهیزات سنگین وزن قرار می گیرد. ساخت بندر ها و پایانه های حمل و نقل چندوجهی (مانند جرثقیل) روسازی باند فرودگاه ها و ... اشاره نمود(فرخی زاده، سروری،۱۳۹۱).

مواد یازیافتی جایگزین سنگدانه و سیمان در بتن غلتکی

طی سال های گذشته تحقیقات زیادی در زمینه استفاده از نخاله های ساختمانی و صنعتی در مخلوط های بتنی و نیز مخلوط بتن غلتکی انجام گرفته است. استفاده از مصالح دورریزی در مخلوط بتن غلتکی بر خواص فیزیکی مخلوط تأثیرگذار است. اگرچه این تأثیرات می تواند منجر به تضعیف برخی از این خواص همچون مقاومت فیزیکی بتن شود با این وجود از لحاظ اثرات مطلوب زیست محیطی توجیه پذیر است. در این مقاله تأثیر برخی از این دورریزهای صنعتی و ساختمانی از جمله خرده لاستیک های فرسوده، سرباره کوره و ضایعات PET در بتن غلتکی بررسی شده است.

۳-۱. خرده لاستیک های فرسوده

سالانه تعداد زیادی از لاستیک های فرسوده در طبیعت رها و یا سوزانده و دفن می شود. یکی از راهکارهای ارایه شده برای کاهش میزان آلودگی این مواد در محیط زیست، بازیافت و استفاده مجدد از آن هاست. آنچه که پس از بازیافت لاستیک به جا می ماند معمولا پودر لاستیک، سیم های فلزی و دیگر مواد زاید است. از سیم های فلزی موجود باقیمانده بازیافت لاستیک خودرو می توان به عنوان الیاف در بتن استفاده کرد، که استفاده از آن ها علاوه بر رفع مشکل زیست محیطی، باعث افزایش مقاومت بتن میگردد (احمدی،۱۳۹۴).

یک دیگر از فراورده های بازیافت لاستیک خرده های لاستیک است که می توان از آن به جای سنگریزه در بتن استفاده کرد. استفاده از خرده های لاستیک در روسازی راه ها برای اولین بار در دهه ۱۹۹۰ میلادی در روسازی آسفالتی انجام شد. کاربرد خرده های لاستیک در روسازی آسفالتی سبب کاهش هزینه نگه داری، افزایش عمر، کاهش آلودگی صوتی، افزایش مقاومت در برابر تغییرات دما و زهکشی بهتر می شود (فخری،۱۳۹۵).

طبق پژوهش های انجام شده توسط(مداح و همکاران)، شش مخلوط با درصد های مختلف خرده لاستیک (۵،۱۰،۱۵،۲۰،۲۵،۳۰ درصد) تهیه شد. این مخلوط ها با مخلوط کنترل بدون خرده لاستیک مقایسه گردید. خرده لاستیک به عنوان بخشی از حجم سنگدانه در بتن جایگزین گردید. نتایج نشان داد که استحکام مخلوط های RCCP با بکارگیری خرده لاستیک ارتقا یافت. مشخصات مکانیکی و جذب آب با افزایش درصد خرده لاستیک، کاهش یافت. طبق تحقیق انجام شده افزودن خرده لاستیک به

ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

RCCP می تواند در شکل پذیری بالا و تخلخل کم موثر باشد و با افزایش درصد خرده لاستیک، مقاومت فشاری نسبت به مقاومت خمشی و کششی حساس تر می شود در حالی که مقاومت در برابر ترک خوردگی و شکل پذیری افزایش می یابد(مداح و همکاران،۲۰۱۴،ص،۱۹۲-۱۸۷) .

تحقیقات و پژوهش های زیادی درباره تاثیر دانه های لاستیکی بر خصوصیات مقاومتی بتن، همچون مقاومت فشاری و خمشی انجام شده است و مطالعات گذشته نشان می دهد که با افزایش مقدار دانه های لاستیکی، میزان مقاومت بتن کاهش می یابد.

در پژوهش های (گنجیان و همکاران) دانه های لاستیکی جایگزین شن و پودر لاستیک جایگزین سیمان شد. مقاومت فشاری و خمشی برای هر دو مخلوط کاهش یافت. در این مطالعه، آزمایش با جایگزین کردن ۷/۵،۵ و ۱۰ درصد لاستیک انجام شد. نتایج به دست آمده نشان می دهد که برای مخلوط های دارای ۵درصد لاستیک مقاومت فشاری تغییر چندانی نمی کند اما با اضافه کردن مقادیر بیشتر از آن مقاومت فشاری و خمشی کاهش می یابد. همچنین اشاره شده است که مقاومت فشاری نمونه های با دانه های لاستیکی جایگزین شن بیشتر از نمونه های با پودر لاستیک جایگزین سیمان بود. اما برای مقاومت خمشی این موضوع بر عکس بود. بر این اساس نتیجه گرفته شد که نمونه های با دانه های لاستیکی بزرگتر دارای مقاومت فشاری بیشتر و مقاومت خمشی کمتری نسبت به نمونه های حاوی پودر لاستیک هستند(گنجیان و همکاران،۲۰۰۹،ص،۱۸۳۶-۱۸۲۸).

کارها و تحقیقات انجام شده در بسیاری از موارد نتایج مشابهی به دست داده است. اما باید توجه داشت عواملی چون نوع لاستیک، نحوه آماده سازی ذرات لاستیک و اندازه دانه ها تاثیر قابل ملاحظه ای در رفتار بتن غلتکی حاوی لاستیک دارد و موجب تفاوت هایی در نتایج شده است.

۳-۲. سرباره کوره

سرباره ها یکی از مشکلات کارخانجات فولادسازی برای دپو کردن هستند وبدین طریق همواره هزینه ای را جهت نگهداری و دپو کردن به این کارخانجات محتمل می کند. علاوه بر این نیز وجود دپوهای سرباره باعث تخریب محیط زیست و آلودگی می شود. بنابراین استفاده از این محصول فرعی در کنار کاهش هزینه های ساخت و بهبود خواص مکانیکی بتن از دیدگاه محیط زیستی نیز بسیار ارزشمند می باشد(عامری و همکاران،۱۳۸۸).

در سالهای اخیر با توجه به مزایای استفاده از سرباره، میزان مصرف و بازیابی سرباره ها رشد چشمگیری داشته است به طوری که امروزه چین از ۱۷ میلیون تن سرباره تولیدی خود، نزدیک به ۸۰درصد آن را به طور کامل مصرف کرده و تنها ۲۰درصد آن را انباشته می کند. در سال ۲۰۰۵ نیز در آمریکا ۲۰/۵ میلیون تن سرباره مورد استفاده قرار گرفت که نزدیک به ۳۵درصد آن مختص به پروژه های راهسازی بوده است (زارعی،۱۳۸۶).

مطابق با جدول شماره ۱ مشاهده می شود که در ایران سالانه قریب به بیش از ۲میلیون تن سرباره تولید می شود که با توجه به پروژه های در دست احداث و طرح های توسعه، پیش بینی می شود این رقم افزایش نیز بیابد. علاوه بر این تولید سالانه، میزان انباشتگی موجود در کارخانه های بزرگ فولادسازی کشور حدود ۳۵ میلیون تن تخمین زده می شود. حال با توجه به روند رو به رشد صنعت فولاد و دپوی چند میلیون تنی سرباره ها در کارخانجات فولادسازی که مشکلات بسیاری برای این کارخانه ها دامن زده، در کنار محدود بودن مصالح سنگی طبیعی و دیگر ملاحظات زیست محیطی، فرآوری و بازیافت سرباره ها و ارائه راهکارهای مناسب جهت استفاده از آن از اهمیت بسزایی برخوردار خواهد بود(هنرمند،۱۳۸۶،ص،۵۲-۴۷).

جدول ۱. تولید سالانه و میزان انباشتگی کارخانجات مهم فولادساز ی در کشور

نام مرکز	حداقل میزان تولید سالیانه(هزارتن)	میزان انباشتگی(میلیون تن)
مجتمع فولاد مبارکه	۸۵۰	۹
مجتمع فولاد اهواز	۶۵۰	۷
ذوب آهن اصفهان	۶۵۰	۱۵

در پژوهشی جایگزینی سرباره ذوب آهن اصفهان با سنگدانه های طبیعی روسازی بتن غلتکی مورد استفاده قرار گرفت. سرباره کوره ذوب آهن محصول جانبی کارخانه صنعت آهن و فولاد می باشد که با توجه به حضور سیلیس آمورف در ترکیب آن به عنوان ماده ای با خاصیت پوزولانی محسوب می گردد(عامری و همکاران،۱۳۸۸).

در این پژوهش نمونه ها از سیمان با عیارهای ۳۵۰،۳۰۰،۲۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب و با درصدهای جایگزینی ۱۰۰،۷۵،۵۰،۲۵،۰ سرباره کوره، ساخته شدند. برای هر ترکیب اختلاط با عیار سیمان مشخص، ۳ نمونه مکعبی تهیه گردید وهمه نمونه ها پس از ۸ روز عمل آوری در آب ۲۰ درجه سانتی گراد، تحت آزمایش مقاومت فشاری قرار گرفتند.

نتایج این پژوهش نشان داد هرگاه از جایگزینی سرباره به میزان ۲۵درصد در ساخت مخلوط های بتن غلتکی استفاده گردد، باعث افزایش در مقاومت فشاری نمونه می شود. تا جایی که در ادامه افزایش درصد سرباره به کار رفته، مقاومت فشاری نمونه را کاهش می دهد. همچنین این پژوهش نشان داد در مخلوط ساخته شده با سیمان با عیار ۳۵۰، محدودیتی در استفاده از سرباره وجود ندارد و می توان تمام سنگدانه های موجود در مخلوط را با سرباره جایگزین نمود. اما در بتن با عیار ۳۰۰، حداکثر درصد جایگزینی سرباره با سنگدانه ۷۵ می باشد. در مورد نمونه های بتن با سیمان عیار ۲۰۰، هیچکدام از نمونه ها حداقل مقاومت فشاری مجاز (۲۷/۶ مگاپاسکال) را برآورده نکردند(عامری و همکاران،۱۳۸۸).

۳-۳. ضایعات PET

یکی از معضلات زیست محیطی که در چند سال اخیر در اکثر نقاط کشور دیده می شود وجود تعداد بیشماری بطری نوشابه و روغن سالاد، ظروف یکبار مصرف، ظروف شامپو و شوینده ها، در زباله و در نهایت در مراکز دفن است. این ظروف از پلاستیک PETساخته شده اند که بخاطر ساختار پلیمری خاص، روش بازیافت آن، با سایر پلاستیک ها کاملا متفاوت است و به همین دلیل بازیافت آن در سطح بسیار محدودی انجام می گیرد. با توجه به پلیمرهای متراکم که در ساخت PET بکار رفته اند، این ماده بسیار دیر تجزیه می باشد(قائمیان و همکاران،۱۳۸۳،ص۲۲). استفاده از این ماده در بتن غلتکی بهترین راه حل به منظور کاهش اثرات زیست محیطی می باشد.

در پژوهشی استفاده از PET(پلی اتیلن ترفتالات یا Poly Ethylene Terephthalate) به منظور بررسی مقاومت فشاری بتن غلتکی مورد بررسی قرار گرفت (دریس،ابطحی فروشانی،۱۳۹۶). در این پژوهش نمونه ها از مصالح سنگی طبیعی شکسته و دانه بندی شده، میکروسیلیس، سیمان پرتلند تیپ۲، آب آشامیدنی، سود سوز آور، اپوکسی، الیافPET (شکل۱) ساخته شدند.

الف) ب)

شکل۱) :الیاف پلی اتیلن ترفتالات (الف:نخ اصلاح نشده- ب:الیاف بریده اصلاح شده)

آزمایش مقاومت فشاری نمونه ها مطابق استاندارد ASTM C39انجام شده است. این استاندارد به منظور تعیین مقاومت فشاری نمونه های مکعبی بتنی تنظیم شده است.

آزمایش ها برروی ۸گروه مخلوط بتن غلتکی که به ترتیب حاوی ۲تا ۸درصد وزنی الیاف Petبه دو صورت معمولی و اصلاح سطح شده و یک نمونه شاهد که فاقد الیاف می باشد انجام شد.

نتایج این پژوهش نشان داد:

- ✓ افزایش مقدار الیاف معمولی در مخلوط مقاومت فشاری کاهش می یابد.
- ✓ افزایش مقدار الیاف اصلاح سطح شده در مخلوط مقاومت فشاری افزایش می یابد.
- ✓ اصلاح سطح توسط سود سوز آور،اپوکسی و میکروسیلیس باعث می شود تا درگیری بتن و الیاف بیشترگردد که خود باعث استفاده بهتر از ظرفیت الیاف برای افزایش مقاومت بتن غلتکی شده است.

نتیجه گیری

بتن غلتکی به کار رفته در روسازی راه ها مخلوط نسبتا خشکی از سنگدانه ها، مواد سیمانی و آب است. مصالح بازیافتی همچون خرده لاستیک فرسوده، سرباره کوره و ضایعات PET به منظور ترکیب شدن با بتن های غلتکی پیشنهاد شده است. این مواد جایگزین بخشی از سیمان یا سنگدانه ها شده و بر خواص مکانیکی بتن تاثیر می گذارد.

در این پژوهش اثر جایگزینی خرده لاستیک های فرسوده به جای سنگدانه موجود در بتن بررسی شد. بر اساس نتایج به دست آمده با ترکیب این ماده در بتن به میزان کم، تغییر چشمگیری در خواص مکانیکی آن ها صورت نمی گیرد. اما با افزایش درصد جایگزینی این مواد خواص مکانیکی مانند مقاومت فشاری و خمشی کاهش می یابد.

پژوهش انجام گرفته بر روی سرباره کوره نشان می دهد که سرباره می تواند جایگزین مناسبی برای سنگدانه طبیعی باشد. نتایج تست مقاومت فشاری نشان می دهد که استفاده ۲۵ درصدی از سرباره ذوب آهن اصفهان باعث افزایش مقاومت فشاری بتن می شود. با توجه به قیمت ارزانتر سرباره نسبت به سنگدانه طبیعی، به کارگیری سرباره در روسازی بتنی سبب کاهش هزینه های ساخت می شود و قیمت تمام شده پروژه را کاهش می دهد.

نتایج حاصل از آزمایش روی ضایعات PET نشان می دهد که استفاده از PET در بتن غلتکی می تواند در افزایش پارامتر های مکانیکی و کاهش خطرات زیست محیطی موثر باشد و عملکرد الیاف PET اصلاح شده توسط سود سوزآور، اپوکسی و میکروسیلیس نسبت به الیاف اصلاح نشده بهتر می باشد.

مراجع

احمدی، سیداسماعیل، حاتمی، فرشاد.فواید و الزامات استفاده از روسازی بتنی با استفاده از بتن RCC در کشور.اولین کنگره ملی مهندسی ساخت و ارزیابی پروژه های عمرانی،گرگان،۱۳۹۳

احمدی، محسن،حسنی،ابوالفضل، سلیمانی کرمانی،محمدرضا. نقش الیاف بازیافتی از لاستیک خودرو بر بتن حاوی سنگدانه های بازیافتی ناشی از نخاله های ساختمانی، تحقیقات بتن، سال هفتم، شماره دوم، ۱۳۹۴

بزرگمهرنیا،سعید،اکبری نسب،لیلا. تحلیل عملکرد روسازی های بتنی غلتکی و سازگار یآن با شرایط زیست محیطی.هشتمین کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران.تهران.۱۳۹۵

دریس، عماد، ابطحی فروشانی، سید مهدی. تاثیر الیاف PET اصلاح شده بر مقاومت فشاری بتن غلتکی، دومین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران، معماری و مدیریت بحران،۱۳۹۶

زارعی،ذ. بررسی کاربرد سرباره آهن در مخلوط های آسفالتی گرم، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران،تهران،۱۳۸۶

سبحانی، جعفر. ماهنامه علمی تخصصی فن آوری سیمان (پتانسیل توسعه رویه های بتنی در کشور و مقایسه فنی و اقتصادی آنها)، شماره ۱۱۰، صفحه۵۵،۱۳۹۶

عامری، محمود، شکرچی زاده، محمد، شهابی شهمیری، حسین. بررسی تاثیر استفاده از سرباره کنورتور ذوب آهن اصفهان به عنوان جایگزین سنگدانه بر بتن غلتکی روسازی راه ، هشتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران شیراز،۱۳۸۸

فخری، منصور، ابوالفضل، حسنی، صابری کرهرودی،فرشاد. تاثیر استفاده از خرده لاستیک بر خصوصیات روسازی بتن غلتکی، مهندسی زیر ساخت های حمل و نقل، سال دوم، شماره دوم،۱۳۹۵

فرخی زاده، سعید، سروری، حامد. بررسی نقش و مزایای استفاده از بتن غلتکی در اجرای سدها، اولین کنفرانس بین المللی عمران،معماری و توسعه اقتصاد شهری،۱۳۹۱

قائمیان، محسن، متولی عنبران،سید مهیار،مسافری،مهدی. نجات از زلزله با بطری های یکبار مصرف، همشهری، صفحه۲۲، ۱۳۸۳

قدیم، عقیل، دشتی زند، سیده مریم، رضایی، لیلا. خبرنامه مرکز تحقیقات راه،مسکن و شهرسازی ، شماره۱۱(سال سوم)، صفحه۱۴،۱۳۹۱

هنرمند،مجید. روش های فرآوری سرباره های فولادسازی، مجموعه مقالات سمینار فرآوری و کاربردهای سرباره قوس الکتریک، کارخانه ذوب آهن، اصفهان، ایران، ۵۲-۴۷، پاییز ۱۳۸۶

ACI Committee 325 (1995) "Report on roller compacted concrete pavements", ACI, 325.10R-95.

Ganjian, E. , Khorami, M. and Maghsoudi, A. (2009). “Scrap-tyre-rubber replacement for aggregate and filler in concrete”. Constr. Build. Mater., 23(5) , pp. 1828-1836.

Hodgkinson J.R, “Design and Construction of Roller Compacted concrete(RCC) Pavement” ,Cement and Concrete Association of Australia, 1991

Krishna Rao, S., Sravan, P., Chandrasekhar Rao, T. (2016) "Abrasion resistance and mechanical properties of Roller Compacted Concrete with GGBS" Construction and Building Materials, Vol. 114, pp 925-933.

Meddah A, Beddar M, Bali A. Use of shredded rubber tire aggregates for roller compacted concrete pavement. Journal of Cleaner Production, 187-192, 2014.