تأثیر الیاف پلی پروپیلن بر مقاومت مکانیکی و دوام بتن حاوی سرباره کنورتور

مقاله پژوهشی

امین چوبدار، دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، واحد ملارد، دانشگاه آزاد اسلامی، ملارد، تهران، ایران
امین فرج اللهی*، گروه مهندسی عمران، واحد ملارد، دانشگاه آزاد اسلامی، ملارد، تهران، ایران
علیرضاعاملی، گروه مهندسی عمران، واحد ملارد، دانشگاه آزاد اسلامی، ملارد، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: : AminFarajollahi@gmail.com

دریافت: ۹۹/۱۱/۱۸- پذیرش: ۱٤۰۰/۰٦/۲۵
صفحه۱۵۲-۱۳۳

چکیده

در سالهای اخیر استفاده از سرباره ذوب فلز که یکی از مواد زائد و غیر قابل استفاده کارخانجات ذوب فلز می‌باشد، به‌عنوان جایگزینی برای بخشی یا تمام مصالح سنگی در لایه‌های مختلف روسازی مورد توجه قرار گرفته است. لذا در این تحقیق به بررسی استفاده از درصدهای مختلف سرباره فولاد به به صورت درصدی از مصالح سنگی درشت دانه در دانه بندی طرح اختلاط (۰٪، ۵۰٪ و ۱۰۰درصد سرباره فولاد جایگزین مصالح سنگی درشت دانه) پرداخته شده است. همچنین جهت بررسی تاثیر استفاده از الیاف پلی پروپیلن بر عملکرد روسازی بتن غلتکی حاوی سرباره، از درصدهای مختلف ۰/۱ و ۰/۲ و ۰/۳ درصد استفاده شد. برای دستیابی به این هدف، ۱۲ طرح اختلاط متفاوت برای سنین ۷ و ۲۸ روزه طراحی و برای آزمایش هر طرح بتن غلتکی (۶ عدد نمونه برای مقاومت فشاری ۷ و ۲۸ روزه، ۳ عدد نمونه برای مقاومت کششی ۲۸ روزه و ۳ عدد نمونه برای وزن مخصوص و جذب آب ۲۸ روزه) ساخته شد. نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که مقاومت فشاری بتن غلتکی در سن ۲۸ روز با جایگزینی سنگدانه‌های سرباره کنورتور به میزان ۵۰ و ۱۰۰ درصد به عنوان درشت دانه، به ترتیب حدود ۹ و ۲۱ درصد کاهش یافت. افزودن الیاف به میزان تا ۰/۲ درصد روند افزایشی در مقاومت فشاری نمونه‌ها را به همراه داشته و با افزودن ۰/۳ درصد الیاف مقاومت فشاری شروع به کاهش کرد. همچنین مقاومت کششی نمونه‌ها در سن ۲۸ روز با جایگزینی سنگدانه‌های سرباره کنورتور به میزان ۵۰ و ۱۰۰ درصد به عنوان درشت دانه، به ترتیب حدود ۱/۵ و ۳ درصد کاهش یافت. افزودن الیاف به میزان تا ۰/۲ درصد روند افزایشی در مقاومت کششی نمونه‌ها را به همراه داشته و با افزودن ۰/۳ درصد الیاف مقاومت کششی شروع به کاهش کرد. در صورتی که وزن مخصوص نمونه‌ها با جایگزینی سرباره به میزان ۵۰ و ۱۰۰ درصد به ترتیب افزایش ۵ و ۱۱درصدی به همراه داشت. در حالیکه افزودن الیاف سبب کاهش وزن مخصوص نمونه‌ها شده است. نتایج جذب آب نمونه‌ها نشان می‌دهد تمامی نمونه‌های بتن غلتکی در سن ۲۸ روزه در مقایسه با نمونه شاهد جذب آب بیشتری داشتند. جذب آب نمونه‌ها با افزایش مقادیر سرباره کنورتور جایگزین شده با مصالح طبیعی افزایش می‌یابد. برای نمونه‌هایی با مقادیر بیشتر سنگدانه های سرباره کنورتور، روند افزایشی جذب آب دیده می شود. نمونه‌های طرح حاوی ۱۰۰ درصد سرباره و ۰/۳ درصد الیاف در سن ۲۸ روز با جذب آب ۷/٤۸ درصد بیشترین جذب آب نسبت به نمونه شاهد را بدست آورد.

واژه‌های کلیدی : بتن غلتکی، مقاومت فشاری، مقاومت کششی، سرباره کنورتور

۱-مقدمه

شبکه راه‌ها بخش قابل توجهی از ثروت‌های ملی هر کشور را تشکیل می‌دهد. ساخت، نگهداری و ترمیم روسازی‌ها، اعتبارات مالی هنگفتی را به خود اختصاص داده و معمولا هزینه های نگهداری ثانویه به مراتب بیشتر می‌باشد. بنابراین

به کارگیری روسازی با کیفیت مطلوب و عمر طولانی، همواره بایستی مدنظر قرار گیرد. از این رو راهکارهایی که منجر به افزایش دوام، کیفیت و عمر روسازی آسفالتی و جلوگیری از خرابی های زودرس آن می گردند همواره مورد توجه پژوهشگران و دست اندرکاران صنعت راه سازی بوده اند. یکی از انواع روسازی های متداول در جهان روسازی های بتنی می‌باشد. هرچند در ایران این نوع روسازی به علت عدم شناخت کافی مسئولان و دست اندر کاران و همچنین در دسترس بودن قیر، کمتر مورد توجه قرار گرفته است اما برخی خصوصیات منحصر به فرد آن و ضعف روسازی آسفالتی در جاده های واقع در مناطق گرمسیر با حجم ترافیک سنگین بخصوص در شیب های تند و گردنه ها که سرعت وسایل نقلیه سنگین کم است، در قسمت هایی از مسیر راه یا باند فرودگاه که مقاومت بستر آن ضعیف است، در تقاطع، میادین و عوارضی آزادراه ها که نیرو های شدید برشی ناشی از ترمز به روسازی راه وارد می شود و همچنین در ابتدا و انتهای باند های فرودگاه، تاکسی رو ها و اپرون ها استفاده از رویه بتنی ارجحیت دارد. با توسعه شبکه حمل و نقل، بخش زیادی از درآمدهای کشورها صرف تعمیر و نگهداری راه‌ها نمی‌شود. با توجه به معایب روسازی آسفالتی نسبت به روسازی بتنی و افزایش هزینه قیر ، استفاده از روسازی بتنی توجیه اقتصادی پیدا کرده است. یکی از کاربردی ترین انواع روسازی بتنی، روسازی بتن غلتکی می‌باشد. بتن غلتکی یا بتن متراکم شده با غلتک (RCCP[1]) بتنی با اسلامپ صفر است که با ارتعاش توسط غلتک‌ها محکم و سفت می‌شود. دو نوع بتن غلتکی در کارهای عمرانی استفاده می‌شود، یکی در ساخت سدها و سازه‌های حجیم و دیگری در اجرای لایه های روسازی بزرگراه‌ها و پوشش‌های مشابه که در آن‌ها مقاومت مکانیکی و سایشی بالایی مورد نیاز است (Hicks, 2001). امروزه با توجه به افزایش استفاده از این نوع روسازی نیاز به استفاده از مصالح جدید است که بتواند خصوصیات مکانیکی و فیزیکی بتن را افزایش داده و در عین حال مقرون به صرفه تر کند، احساس می شود و با توجه به اینکه بیش از ٧٥ درصد وزنی یا حجمی بتن را مصالح سنگی تشکیل می دهد، این مصالح تأثیر بسزایی در این خواص ایفا می‌کند (پژوهشکده حمل و نقل، ١٣٨٨و Berry et al, 2001). استفاده از ضایعات بتن، الیاف فولادی، شیشه، آجر، کاشی، سرامیک، موزاییک، و خاکستر پوسته برنج از جمله موارد استفاده از مواد ضایعاتی در بتن می‌باشند. مواد ضایعاتی در بتن می توانند جایگزین سیمان یا سنگدانه ها گردند. برخی مواد خاصیت پوزولانی را دارند ولی از برخی مواد می توان تنها به‌عنوان پرکننده و یا سنگدانه استفاده کرد (Naik, 2001). بکارگیری مصالح بازیافتی، دورریختنی و پسماندها در فعالیتهای عمرانی با توجه به حجم بسیار زیاد استفاده از مصالح سنگی که عمدتاً ازکوهها و یا بستر رودخانه ها تامین میشود، از منظر زیست محیطی و اقتصادی اهمیت فراوانی دارد. به کار بردن پسماندهایی مانند ضایعات شیشه، لاستیکهای فرسوده، خاکسترهای صنعتی، پسماند معادن ذغال سنگ و سرباره فولاد در لایه های روسازی، یکی از این کاربردهاست (Berry et al, 2001). حدود ٣٦ میلیون تن سرباره فولاد در سه کارخانه عمده فولاد سازی کشور (فولاد اهواز، فولاد مبارکه و ذوب اهن اصفهان) دپو شده است و حجم تولید این محصول در کشور سالیانه بیش از ٣/٢ میلیون تن می‌باشد. علاوه بر اشغال فضای بسیار زیادی از محوطه کارخانه، به دلیل حضور برخی فلزات سنگین درون ترکیبات این محصول، آبشستگی سرباره فولاد می‌تواند برای منابع اب زیرزمینی خطرناک باشد (Berry et al, 2001). سرباره فولاد دارای ویژگیهای فیزیکی بسیار مناسبی از جمله وزن مخصوص و مقاومت سایشی زیاد، شکل گوشه‌دار، مکعبی و شکسته است. ریزدانه این محصول نیز داری ارزش ماسهای بالایی بوده و از این رو امکان استفاده از آن در لایه‌های روسازی تایید شده است (Naik, 2001). عمدتاً دو نوع سرباره فولاد وجود دارد، سرباره حاصل از کوره اکسیژنی (کنورتور) (BOF[2]) و سرباره حاصل ازکوره قوس الکتریک (EAF[3]). در سالهای اخیر استفاده از سرباره ذوب فلز که یکی از مواد زائد و غیر قابل استفاده کارخانجات ذوب فلز می باشد. بعنوان جایگزینی برای بخش یا تمام مصالح سنگی در لایه‌های مختلف روسازی مورد توجه قرار گرفته است. بعنوان مثال در تجربیات ایالات مرکزی و شرقی ایالات متحده آمده است که افزودن سرباره به عنوان بخشی از مصالح سنگی مورد استفاده در آسفالت خصوصیات عملکردی روسازی را ارتقاء می دهد نظر به اینکه سرباره زبر می باشد استفاده از آن در لایه رویه باعث بهبود مقاومت

لغزندگی روسازی می شود. همچنین به دلیل وزن مخصوص بالا وقفل و بست مناسب مصالح شکسته سرباره‌ای، مقاومت روسازی های شامل سرباره در مقابل خرابی‌هایی نظیر شیار شدگی و بروز تغییر شکلهای برگشت ناپذیربیشتر از انواع آسفالت‌های متداول (HMA[4]) ذکر شده است. اگرچه کاربرد الیاف در مصالح ساختمانی با عملکرد کششی ضعیف، به هزاران سال پیش برمی گردد (نظیر استفاده از کاه در کاهگل در مصالح سنتی ایرانی)، ولی قدمت به کار گرفتن الیاف در بتن به کمتر از نیم قرن پیش برمی‌گردد.

اصولاً دو مشخصه ی بتن، یکی رفتار ترد آن و دیگری ضعف در کشش، کاربرد بتن را با مشکلاتی روبرو ساخته است. به‌کارگرفتن الیاف در بتن و تولید بتن الیافی(FRC[5]) این امکان را فراهم آورده است که بتوان بتنی شکل پذیر و باقابلیت جذب انرژی بیشتر، و نیز بتنی با توسعه‌ی ترک خوردگی کمتر تحت بار و تنش‌های ناشی از انقباض و حرارت، تولید نمود. از مشخصات دیگر بتن الیافی افزایش مقاومت خمشی و به خصوص کنترل توسعه‌ی ترک خوردگی است. ویژگی‌های مکانیکی بتن الیافی به شکل قابل ملاحظه‌ای نسبت به بتن معمولی تغییر می‌کند. ازجمله تغییرات در پارامترهای مکانیکی بتن الیافی می‌توان به مقاومت در مقابل تورق، سایش و هوازدگی سطح، مقاومت زیاد در مقابل تنشهای خستگی، مقاومت بسیار عالی در مقابل ضربه، قابلیت کششی خوب (ظرفیت زیاد کرنش)، قابلیت باربری زیاد بعد از ترک خوردگی، مقاومت کششی، خمشی و برشی زیاد و طاقت خیلی زیاد اشاره کرد. این مصالح برخلاف بتن معمولی قادر به تحمل تنشها و کرنشهای کششیِ قابل ملاحظه در بارهای کششی هستند و میتوان از آنها در طراحی سازه استفاده کرد (Das, 2007). بعلاوه، این مواد پتانسیل زیادی جهت استفاده در المانهای جاذب انرژی به عنوان کنترل غیرفعال در بهسازی لرزه‌ای ساختمان را دارند. ضرورت انجام این تحقیق را بدون تردید می‌توان در مشکلات بتن که به علت پرمصرف‌ترین و مهم ترین مصالح ساختمانی قرن بیستم معرفی شده است و پس از آب بیش‌ترین ماده‌ای است که بشر مصرف می کند این در حالی است که فقط حدود دو قرن از ابداع سیمان و بتن گذشته است و این مصرف به سرعت در حال فزونی می باشد. اما متأسفانه در کشور ما به دلیل ارزانی قیر در چندین سال گذشته و عدم وجود دانش فنی و اجرایی مورد نیاز، مورد توجه قرار نگرفته است. از نظر تئوری و تجربی می توان نتیجه گرفت که از روسازی‌های بتنی در هر شرایط محیطی، ترافیک، خاک و غیره با در نظر گرفتن عوامل اقتصادی استفاده نمود. از طرفی در حدود ۷ درصد از کل انتشار دی‌اکسید کربن بر اثر تولید کلینکر در کارخانه‌های سیمان می باشد که نشان دهنده این است که استفاده از میزان بالای سیمان سبب افزایش آلودگی های زیست محیطی و افزایش هزینه های تولید سیمان می گردد از این‌رو یکی از راهکارهای کاهش مصرف سنگدانه طبیعی و سیمان جایگزین کردن آن با مواد افزودنی در دسترس و ضایعاتی مانند سرباره کوره کنورتور به دلیل تولید فراوان آن در کارخانجات فولاد کشور و همچنین نقش آن‌ها در بهبود خصوصیات بتن و سازگاری با محیط زیست بسیاری از پسماندهای طبیعت را در جهت افزایش مقاومت آن می‌توان مورد استفاده قرار داد می باشد (MEYER, 2009). Yao و همکاران (٢٠٠٦) با استفاده از سه نوع الیاف کربنی، فولادی و پلی پروپیلن هفت حالت مختلف ترکیب‌های هیبریدی ساختند و خصوصیات مکانیکی آنها را بررسی کردند. بهترین حالت در تست فشار،کشش و مودال شکست مربوط به نمونه‌ی داری ٪ ۰,۳ فولاد و ٪ ۲/۰ کربن می‌باشد. این در حالی است که ترتیب مقاومت نمونه‌ها با یک نوع فیبر براساس نوع الیاف بدین صورت می‌باشد که در تست‌های کششی کربن، فولاد و پلی پروپیلن، در تست مدول شکست فولاد، کربن و در انتها پلی پروپیلن می‌باشد. Vandewalle (٢٠٠٦) خصوصیات مکانیکی بتن های دارای الیاف هیبریدی با ماکزیمم ٪ ۰,۷۵الیاف را بررسی کرد. او با استفاده از دو نوع الیاف: ١- (الیاف فولادی صاف و کوتاه)٢- (K الیاف فولادی بلند با لبه‌های قلاب مانند) مشخصات بتن را قبل و پس از ترک بررسی کرده و مشاهده کرد که رفتار بتن پس از شروع ترک‌ها نه تنها به میزان الیاف بلکه به ترکیب آنها نیز وابسته است. برای داشتن یک سازه با دوام باید در حالت بهره برداری ترک‌های کوچک داشته باشیم. الیاف کوتاه به عنوان پلی بین ترک‌ها عمل می‌کنند. بنابراین استفاده از این الیاف با نسبت طول به عرض زیاد می‌تواند بسیار مفید باشد. انعطاف پذیری بیشتر مربوط به تغییر شکل‌های بزرگ می‌باشد که در این حالت وجود پلی بین ترک‌ها با عرض بیشتر می‌تواند مفید باشد که

الیاف بلند این کار را می توانند انجام دهند. بنابراین برای دستیابی به دوام و انعطاف پذیری به صورت هم زمان می‌توان از ترکیب این ۲ نوع از الیاف استفاده کرد. Lawler و همکاران (۲۰۰۵) از ۳ نوع نمونه بتن الیافی شامل ۲ نمونه هیبریدی (ماکرو الیاف فولادی و میکرو الیاف فولادی یا پلی وینل) و ۱ نمونه دارای ماکرو الیاف فولادی استفاده کرده و مشخصات مکانیکی، نفوذ آب و ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی مورد آزمایش قرار دادند. چقرمگی بتن هیبریدی نسبت به بتن با الیاف ماکرو در تغییر شکل‌های کم بهتر بوده ولی در تغییر شکل های زیاد بتن با الیاف فولادی عملکرد بهتری دارد. نمونه های هیبریدی نیروی کمتری را پس از مقاومت نهایی نسبت به نمونه های دارای الیاف فولادی می‌توانند تحمل کنند. این نوع الیاف عملکرد قابل توجهی را در بتن از خود نشان ندادند. این در حالی است که مقاومت اولین ترک در آنها بهبود می یابد. علت این امر مکانیزم شکست میکرو الیاف می باشد. Hsie و همکاران (۲۰۰۸) مشاهده کردند که اضافه کردن الیاف فولادی باعث بهبود عملکرد بتن شده ولی درصد ترکیبی باید زیاد باشد و معایبی را نیز به همراه دارد. افزایش وزن سازه، کاهش کارایی، زنگ زدن الیاف و ایجاد میدان مغناطیسی از این دست می‌باشند. برای مقابله با معایب ذکر شده می توان از الیاف ضخیم تک رشته ای پلی پروپلین به جای الیاف فولادی در ترکیب با الیاف نازک پلی پروپلین استفاده کرد. در این تست ها نیز ترکیبات هیبریدی بهترین عملکرد را از خود نشان داده اند. الیاف نوع ۱تا ٪ ۲۰و الیاف هیبریدی تا ٪ ٤٦/۲۰مدول شکست را بالا می برند. الیاف هیبریدی تا ٪ ۳۵/۱۳مقاومت کششی را بالا می برند. در این تست‌ها نیز ترکیبات هیبریدی بهترین عملکرد را از خود نشان داده‌اند. الیاف نوع ۱تا ٪ ۲۰و الیاف هیبریدی تا ٪ ٤٦/۲۰ مدول شکست را بالا می‌برند. الیاف هیبریدی تا ٪ ۳۵/۱۳ مقاومت کششی را بالا می‌برند. در تحقیقی که توسط فرانک و همکاران انجام شد، از سه ماده پوزولانی میکروسیلیس، متاکائولن و زئولیت با میزان جایگزینی ۵ ،۱۰ ،۱۷و ۲۵ درصد وزنی سیمان استفاده شده و تاثیر این مواد در مقاومت فشاری و خمشی بتن سبک مورد بررسی قرار گرفته است. نمونه‌ها در سنین ۷ ،۲۸ ، ٥٦ و ۹۱ روز مورد آزمایش قرار گرفتند و برای هر آزمایش از سه نمونه استفاده شد. نتایج حاصل از آزمایشها نشان دهنده افزایش مقامت فشاری و خمشی بتن سبک در صورت استفاده از مواد پوزولانی فوق در درصدهای جایگزینی بهینه هر کدام می‌باشد. همچنین درصد بهینه هر پوزولان در مقاومت فشاری و خمشی بتن سبک و روند کسب مقاومت در این بتن به صورت نمودارها و جداولی ارائه شده است(Frank, 2000). در تحقیقی که توسط ماساهیرو و همکاران انجام شد، آزمایشی برروی نمونه‌های بتنی با یک نوع الیاف جدیدفوم پلیمری اصلاح شده با رزین انجام دادند. هدف از انجام این آزمایش بررسی خواص خمشی بتن های ساخته شده با این نوع از الیاف بود بررسی های صورت گرفته دراین تحقیق شامل بدست آوردن مقاومت فشاری و مدول الاستیسیته از روی نمونه‌های مکعبی و استوانه‌ای مقاومت خمشی با استفاده از آزمایش کشش برزیلی برروی نمونه های استوانه ای مقاومت خمشی از روی تیرهای منشوری و نیز تعیین ظرفیت جذب انرژی دال مسلح به الیاف بود(Masahiro,1998). در تحقیق که توسط جی ان جین و همکاران انجام شد، استفاده از الیاف پروپیلن (فوم پلیمری) بر روی نمونه‌های قوسی به صورت آزمایشگاهی مورد بررسی قرار دادند. بدین منظور نمونه‌هایی با۱متر و ضخامت ۱۰سانتیمتر) با میله گردهای مختلف به صورت قوسی تهیه و مقاومت خمشی آن مورد بررسی قرار گرفته/ ابعاد (قطر ۱متر، پهنای ۵متر) است. نتیجه تحقیق نشان دهنده قابلیت بالای بتن خودتراکم در پوشش داخلی تونل‌ها و افزایش کارایی آن با استفاده از الیاف می باشد. همچنین نتایج آزمایشات نشان داد که با اضافه کردن الیاف به میزان ۱ درصد وزن سیمان و میله گرد نمره، ۱۰بهترین مقاومت خمشی حاصل می شود. (Jianxin, 2017) سونگ و همکاران در سال ۲۰۱۸ نتایج آزمایش بر ٢٦٤ نمونهٔ بتن الیافی به صورت مکعب، استوانه ای و منشوری ارائه کردند. نمونه‌ها با الیاف فوم شیشه با طول ۲,۵سانتیمتر مسلح شدند. پارامترهایی که در این تحقیق مورد مطالعه قرارگرفتند عبارتنداز: نسبت وزنی الیاف به سیمان (۳،۱,۵ و ٤,۵ درصد) و نسبت وزنی شن به ماسه (۰,۷، ۱,۱و) ؛۰,۲ بدین ترتیب در مجموع ۱۲طرح اختلاط بتن الیافی مورد مطالعه قرارگرفت. نسبت وزنی آب به سیمان در کلیه نمونه‌ها برابر ۰,۲ در نظر گرفته شد و کارایی لازم با افزودن فوق روان کننده فراهم شد. نمونه‌ها تحت آزمایش فشاری، کششی و

خمشی در سنین ۷ و ۲۸روز قرار گرفتند و مدول الاستیسیتهٔ بتن و نیز در صد جذب آب نمونه‌ها تعیین شد. در نهایت ضمن بررسی و بحث بر خواص مکانیکی بتن الیافی با الیاف شیشه، با استفاده از نتایج آزمایش‌ها، روابطی برای تعیین ارتباط خواص مکانیکی این بتن، ارائه شد (Song et al, 2018). پیدایش در تحقیق خود تأثیر افزایش درصد الیاف پلیپروپیلن در بتن الیافی ترکیبی را مورد بررسی قرار داده است. او ٪۳ مختلف الیاف پلیپروپیلن را در ٪۱ الیاف فولادی جایگزین کرده است. در نهایت خواص مکانیکی نمونه های بتن الیافی ترکیبی فولادی و پلیپروپیلن شامل طاقت و مقاومت خمشی با یکدیگر و بتن شاهد مقایسه شدهاند. نتایج آزمایشها نشان دهندهٔ آن است که هر چه الیاف فولادی با درصد بیشتر از الیاف پلیپروپیلن جایگزین شود، میزان مقاومت خمشی و جذب انرژی کاهش می‌یابد(Peydayesh, 2011). ربانی در تحقیقی که انجام داده است با استفاده از ترکیب دو نوع الیاف پلیپروپیلن، یکی ضخیم و دیگری نازک، به بررسی خواص مکانیکی بتن پرداخته است. در این تحقیق از الیاف ضخیم به میزان ۳،٦ و ۹ کیلوگرم بر متر مکعب و از الیاف نازک به میزان٦/۰ کیلوگرم بر متر مکعب استفاده شده است. نتایج آزمایش نشان داد که مقاومت کششی، فشاری و خمشی بتن الیافی با هردو الیاف در مقایسه با بتن بدون الیاف بهتر بوده است (Rabbani,2011). سورلی در تحقیقی که انجام داده است تأثیر الیاف فولادی را در بتن دالها با مدلسازی آزمایشگاهی از یک دال مورد بررسی قرارداده است. نتیجهٔ به وجود آمده حاکی از آن است که استفاده از ٪۳۸/۰الیاف، باعث بهبود رفتاری دال خواهد شد (Sorelli,2006). پولسن در تحقیق خود با استفاده از الیاف فولادی و پلیمری در بتن تیرها، نشان داده است که رفتار فیزیکی و مکانیکی تیر نسبت به بتن بدون الیاف بهبود یافته است. وی با ساخت نمونه های مختلف تیر با درصدهای مختلف الیاف، آزمایشهای کششی و خمشی را انجام داده است. نتایج نشان میدهند با استفاده از ٪۵/۰الیاف فولادی و پلیمری کیفیت بتن بهبود می‌یابد (Poulsen, 2011). در تحقیقی که توسط مهراد رجب زاده و همکاران انجام شد، خصوصیات مکانیکی بتن با الیاف‌های فولاد، شیشه و پلی پروپیلن و همچنین افزودنی حباب زا بر روی خصوصیات مکانیکی بتن همچون، مقاومت‌های فشاری و کششی به عنوان پارامترهای تاثیرگذار در عملکرد روسازی‌های بتنی بررسی شده است. استفاده از الیاف ترکیبی بر خلاف پژوهشهای گذشته که نشان از عدم تاثیر مثبت و در برخی موارد تاثیر منفی بر روی مقاومت فشاری بتن بوده، باعث افزایش مقاومت فشاری بتن تا حدود ۳۰ درصد شده است. الیاف شیشه با توجه به خصوصیات مکانیکی برتر نسبت به پلیپروپیلن تاثیر بیشتری هم بر روی مقاومت فشاری و هم مقاومت کششی داشته است. مقاومت کششی همانطور که در نتایج پژوهش‌های گذشته ذکر شده بود ، با افزودن الیاف افزایش چشمگیری داشته است. ولی استفاده از الیاف شیشه بجای پلیپروپیلن به عنوان مکمل برای الیاف فولادی مقاومتهای بسیار بیشتری از انتظار و پژوهشهای گذشته را نشان میدهد. استفاده از افزودنی حباب زا اگرچه فواید تاثیرات بسیار مثبتی بر دیگر معیارهای سنجش بتن دارد ولی باعث کاهش شدید مقاومت‌های فشاری و کششی بتن می‌شود. حال آنکه استفاده هم زمان با الیاف ترکیبی باعث کاهش تاثیرات منفی این افزودنی در نمونه‌های بتنی شده است (رجب زاده، ۱۳۹۲). در تحقیقی که توسط فروغی اصل و همکاران انجام شد، بررسی تاثیر الیاف پلی پروپیلینی با مقادیر مختلف بر روی خواص مکانیکی بتن غلتکی مورد ارزیابی قرار گرفت. در این تحقیق با استفاده از مصالح محلی، سیمان معمولی صوفیان، میکروسیلیس، فوق روان کننده و پودر سنگ در طرح اختلاط بتن، از الیاف پروپیلنی ساخت کارخانه اصفهان و در اندازه‌های ٦ و ۱۲ میلیمتری و در مقادیر ۰/۳۵، ۰/۷ و ۱/٤ کیلوگرم در مترمکعب و با عمل اوری در مخازن آب معمولی در زمان‌های معین، نمونه‌های استوانه ای تهیه و تحت آزمایش‌های مختلف مکانیکی قرار گرفته است. مقایسه نتایج انواع نمونه‌های تهیه شده با نمونه های کنترل شاهد در شرایط عمل آوری یکسان، بهینه ترین اندازه الیاف و مقدار درصد مصرف با توجه به مشخصات طرح اختلاط و مدت عمل اوری نشان می دهند که مصرف الیاف موجب بهبود کیفیت نمونه ها و افزایش ٪۲۰ مقاومت کششی شده است. همچنین مقدار بهینه اندازه و مصرف برای انواع طرح اختلاط های بتن ارایه شده است که می‌تواند جهت کارهای اجرایی در اختیار طراحان و مجریان پروژه‌های عمرانی قرار گیرد (فروغی اصل، ۱۳۹۳). طالب و همکاران به بررسی خواص

خمشی، فشاری و تعیین مدول الاستیسیته‌ی بتن معمولی حاوی الیاف پلی پروپیلن از طریق آزمایش پرداخته شد. بدین صورت که بتن معمولی با الیاف پلی پروپیلن و سیمان استفاده شد. طرح اختلاطهای مورد مطالعه در این پژوهش برای درصدهای مختلف برای ۸ گروه مواد با حجم‌های مختلف انجام گرفت. برای بررسی خواص بتن آزمایش های مقاومت خمشی ۲۸روزه با استفاده از دستگاههای استاندارد آزمایشگاهی صورت گرفت. نتایج نشان داد در اثر افزایش درصد جایگزینی پلی پروپیلن، این ذرات در داخل مخلوط بتن به صورت توده در می‌آیند و تشکیل حفراتی را در داخل خمیر سیمان می دهند که موجب کاهش مقاومت‌های خمشی و فشاری بتن و شکل پذیری می شود (طالب، ١٣٩٤). در تحقیقی که توسط صادقی و همکاران انجام شد، تاثیر الیاف پلی پروپیلن بر خصوصیات مکانیکی بتن حاوی سرباره مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. الیاف پلی پروپیلن به عنوان افزودنی بتن جهت تقویت و مسلح کردن بتن و مخلوط‌های سیمانی و گچی مورد استفاده قرار می‌گیرند. الیا پلی گروپیلن هنگام مخلوط شدن با بتن باعث ته نشین شدن و افزایش وزن بتن نمیشود و محیط قلیایی بتن را از بین می‌برد. بیشتر بودن ترک های ناشی از جمع شدگی یکی از مشکلات اصلی بتن است که به نظر می‌رسد با افزودن الیاف پلی پروپیلن می‌توان این ترک‌ها را کاهش داده و مانع شد آنها گردید. وجود ترک در ماتریس بتن می‌تواند تاثیر زیادی به خصوصیات مکانیکی و دوام داشته باشد. در این تحقیق تاثیر افزودن الیاف پلی پروپیلن بر مقاومت فشاری، خمشی، کششی بتن مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد افزودن ۰/۲۵٪ حجمی الیاف پلی پروپیلن مقدار بهینه ای جهت بهبود خصوصیات مکانیکی بتن حاوی سرباره می باشد (صادقی، ۱۳۹۳). در تحقیقی که توسط سحرخیزان و همکاران انجام شد، خصوصیات مکانیکی بتن حاوی الیاف فولادی و پلی پروپیلن مورد ارزیابی قرار گرفت. در این پژوهش بتن با نسبت آب به سیمان برابر ۰/٤٥ و عیار سیمان ٤٠٠ و درصدهای مختلف الیاف فولادی و پلی پروپیلن هم بصورت مجزا و هم بصورت ترکیبی ساخته شدهاست. نتایج آزمایشهای مقاومت فشاری و کششی و آزمایش تنش- کرنش، بیانگر آن بوده است که با افزودن درصدهای مختلف الیاف در سن هفت روزه تغییر خاصی در مقاومت نمونهها حاصل نشده ولی در سن۲۸ روزه مقاومت فشاری وکششی افزایش یافتهاست. بیشترین رشد مقاومتی مربوط به نمونه‌های حاوی یک درصد الیاف فولادی بوده است. مقاومت طاقت طبق نمودارهای تنش-کرنش، بطور قابل ملاحظه‌ای بهبود یافته و رفتار نمونه‌ها شکل پذیرتر شده است. در ادامه برای مقایسه بهتر نتایج و بهبود مقاومت‌های کوتاه مدت، دو نمونه با افزودن سیلیکافیوم ساخته شدهاست. نتایج حاکی از آن است که افزودن سیلیکافیوم باعث بهبود پارامترهای مقاومتیِ بتن می‌شود (سحرخیزان، ۱۳۹۳)

۲-روش تحقیق

هدف برنامه آزمایشگاهی در این پژوهش، بررسی تأثیر جایگزین کردن سنگدانه سرباره کنورتور به جای سنگدانه طبیعی بر خصوصیات مکانیکی بتن غلتکی است. همچنین تاثیر استفاده از الیاف پلی پروپیلن بر خصوصیات مکانیکی بتن غلتکی نیز مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. در این فصل به معرفی جزئیاتی در رابطه با مواد و مصالح مورداستفاده در ساخت نمونه‌ها شامل سیمان، آب، مصالح سنگی ریزدانه، مصالح سنگی درشت دانه (شن و سرباره کنورتور) و طرح اختلاط پرداخته می‌شود. علاوه بر این شرح استانداردها و روش‌های آزمایشگاهی در راستای انجام تحقیق معرفی می‌گردند.

۲-۱-مشخصات مواد و مصالح

مصالح مصرفی در این مطالعه سیمان، آب، شن و ماسه طبیعی، سرباره کنورتور می‌باشد که در ادامه مشخصات این مصالح ارائه‌شده است.

۲-۲-۱- سیمان

در این تحقیق سیمان پرتلند تیپ II کارخانه سیمان اردستان اصفهان می باشد که به صورت یکجا تهیه و دپو شده است و طبق داده‌های کارخانه مشخصات شیمیایی و فیزیکی سیمان در مقایسه با استاندارد ASTM-C150 به ترتیب در جدول (۱) و (۲) آمده است.

جدول ۱. مشخصات شیمیایی سیمان مصرفی

آزمون شیمیایی	مقدار (٪) سیمان اردستان اصفهان	ASTM-C150
SiO_2	۲۲	-
Al_2O_3	۵	-
Fe_2O_3	۳/۸۲	-
CaO	٦٤	-
MgO	۱/۹۰	≤٦
SO_3	۱/۵۰	≤۳/۵۰
L.O.I	۱	≤۳
Na_2O	۰/۲۵	-
K_2O	۰/٤۹	-
باقی مانده نامحلول در اسید	۰/٤٦	-

جدول ۲. مشخصات فیزیکی سیمان مصرفی

آزمون فیزیکی	آزمایش	واحد	مقدار	ASTM-C150
سطح مخصوص	بلین	سانتی‌متر مربع بر گرم	≥۳۰۰۰	≥۲۸۰۰
انبساط اتوکلاو	حداکثر	٪	۰/۱۱	-
زمان گیرش (با سوزن ویکات)	ابتدایی	دقیقه	۸۵-۱۰۵	≥٤۵
	نهایی	دقیقه	۱۲۰-۱۸۰	≤۳۷۵
مقاومت فشاری	۳روزه	مگاپاسکال	≥۱۷	-
	۷روزه	مگاپاسکال	≥۲۷	-
	۲۸روزه	مگاپاسکال	≥۳۷	-

شکل ۱. سرباره کنورتور مورد استفاده در این تحقیق

۲-۲-۲- آب

در این پژوهش از آب آشامیدنی (لوله‌کشی شهر اصفهان) استفاده‌شده است و میزان استفاده در بتن غلتکی باید در محدوده کارایی پایین (اسلامپ صفر) باشد.

۲-۲-۳- سرباره کنورتور ذوب آهن

سرباره کوره ذوب آهن یکی از محصولات جانبی شرکت‌های فولاد سازی است. این تحقیق با استفاده از سرباره کنورتور شرکت ذوب آهن اصفهان انجام شده است. در این تحقیق سرباره کنورتور به عنوان جایگزین قسمت

درشت دانه مصالح با درصدهای ۰ و ۵۰ و ۱۰۰ درصد استفاده شده است. جداول (۳) و (٤) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی سرباره مورد استفاده در این تحقیق را نشان می‌دهند. قابل ذکر است که سرباره مورد استفاده، از دپویی که به مدت ٦ ماه در فضای باز در معرض رطوبت و بارندگی قرار داشته، استفاده شده است. شکل (۱) سرباره استفاده شده را نشان می‌دهد.

جدول ۳. مشخصات فنی سرباره کنورتور مورد استفاده در این مطالعه

مشخصه	استاندارد	مقدار
حداکثر اندازه اسمی (میلی متر)	ASTM-C136	۱۹
درصد سایش لس انجلس	ASTM-C131	۱۸
چگالی واقعی (گرم بر سانتی متر مکعب)	ASTM-C127	۲/۷۱۰
چگالی اشباع با سطح خشک (گرم بر سانتی متر مکعب)	ASTM-C127	۳/۲۵۰
درصد جذب آب	ASTM-C127	۲/۹

جدول ٤. مشخصات شیمیایی سرباره کنوتور ذوب آهن اصفهان

ترکیبات	درصد
SiO_2	۹-۱۱
Fe	۱۵-۱۹
AL_2O_3	۰/۷-۱/٤
MgO	۱-۲
P_2O_5	۲/۳-۳/۲
MnO	٤-۵
K_2O	۰/۰۱-۰/۰٤
Fe_2O_3	۱۰-۱۳
Na_2O	۰/۰۲-۰/۰٤
CaO	۵۰-۵۷

۲-۲-٤-الیاف پلی پروپیلن

الیاف پلی پروپیلن از مرکز تحقیقات راه سازی و بتن دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان تهیه شده است. شکل ۲ الیاف پلی پروپیلن مورد استفاده در این تحقیق را نشان می‌دهد. خصوصیات الیاف مورد استفاده در جدول ۵ آورده شده است.

شکل ۲. الیاف پلی پروپیلن مورد استفاده در تحقیق

جدول ٥. مشخصات الیاف پلی پروپیلن

مشخصات الیاف	نتایج
چگالی (g/cm^3)	٠/٩
قطر (mm)	٠/٠١٨
طول (mm)	٦
ضریب ارتجاعی (GPA)	٥
مقاومت کششی (GPA)	٠/٥

٢-٢-٥- مصالح سنگی طبیعی

در این آزمایش‌ها سنگدانه‌های درشت از معدن سنگ لاشتر در اصفهان تهیه شده است. مشخصات کیفی مصالح در جدول (٦) بیان شده است. ماسه‌های مصرفی نیز از معدن سنگ لاشتر اصفهان تهیه شده است. در جدول (٧) اندازه الک‌هایی که در استاندارد ASTM C136 برای دانه‌بندی مصالح ریز بکار می‌روند آورده شده است.

جدول ٦. مشخصات فیزیکی سنگدانه‌های طبیعی

درشت دانه	ریزدانه	استاندارد	مشخصه
١٩	٤/٧٥	ASTM-C136	**حداکثر اندازه اسمی مصالح سنگی**
٢/٦٨٠	٢/٧١٠	ASTM-C127	**چگالی واقعی (گرم برسانتی مترمکعب)**
٢/٧١٦	٢/٧٣٠	ASTM-C127	**چگالی اشباع با سطح خشک (گرم برسانتی‌متر مکعب)**
٠/٥١	٠/٥٦	ASTM-C127	**جذب آب (درصد)**

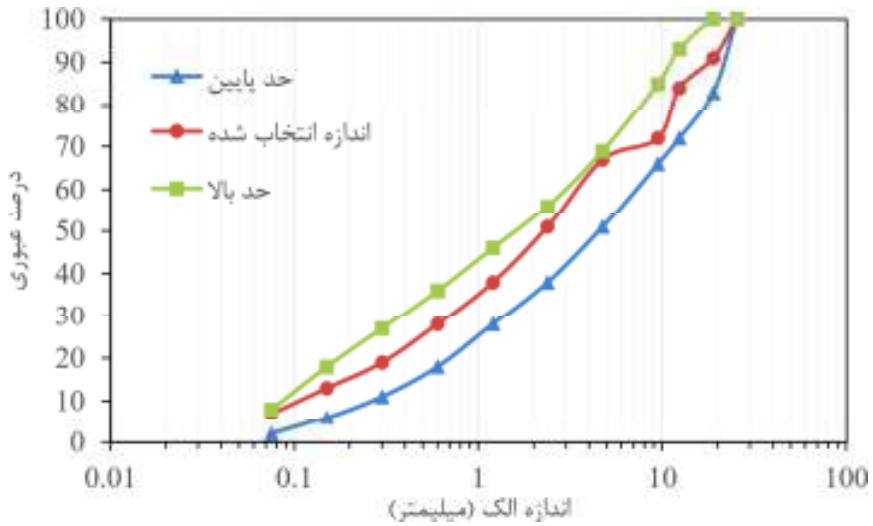
جدول ٣. اندازه الک‌های استاندارد دانه‌بندی ریزدانه (ماسه) براساس استاندارد

نمره الک	اندازه الک
نمره ٤	٤/٧٥ میلی‌متر
نمره ٨	٢/٣٦ میلی‌متر
نمره ١٦	١/١٨ میلی‌متر
نمره ٣٠	٦٠٠ میکرومتر
نمره ٥٠	٣٠٠ میکرومتر
نمره ١٠٠	١٥٠ میکرومتر
نمره ٢٠٠	٧٥ میکرومتر

یکی از فاکتورهای مهم و تعیین‌کننده و مؤثر در کیفیت و اقتصادی‌بودن بتن، انتخاب دانه‌بندی مناسب برای مصالح می‌باشد. مصالح دانه‌بندی شامل درشت دانه و ریزدانه هستند. در این پژوهش منحنی دانه‌بندی استفاده شده مطابق الزامات

ذکر شده در "آیین‌نامه طراحی و اجرای بتن غلتکی در راه های کشور" بوده و سعی شده منحنی دانه بندی مورد استفاده بین منحنی دانه‌بندی حد بالا و پایین در آیین نامه باشد. دانه بندی ترکیبی شن و ماسه، به نحوی انتخاب شد که در حد امکان در چارچوب محدوده دانه‌بندی توصیه شده باشد.

نتایج به‌دست‌آمده از دانه‌بندی را می‌توان در منحنی که محور عمودی آن نشان‌دهنده‌ی درصد تجمعی عبوری از هر الک و محور افقی آن نشان‌دهنده اندازه الک‌ها (با مقیاس لگاریتمی) است، نشان داد. منحنی‌های دانه‌بندی در شکل (٣) نشان داده شده است.



شکل ٣. نمودار محدوده دانه بندی مصالح مصرفی

جدول ٨. دانه‌بندی سنگ‌دانه مصرفی

درصد تجمعی مانده	حد متوسط درصد عبوری	حد پایین	حد بالا	سایز الک	نمره الک
٢٧	٧٣	٦٦	٨٥	٩/٥٠ میلی‌متر	نمره ٣/٨
٤٢	٦٨	٥١	٦٩	٤/٧٥ میلی‌متر	نمره ٤
٤٧	٥٣	٣٨	٥٦	٢/٣٦ میلی‌متر	نمره ٨
٦٢	٣٨	٢٨	٤٦	١/١٨ میلی‌متر	نمره ١٦
٧٠	٣٠	١٨	٣٦	٦٠٠ میکرون	نمره ٣٠
٧٩	٢١	١١	٢٧	٣٠٠ میکرون	نمره ٥٠
٨٥	١٥	٦	١٨	١٥٠ میکرون	نمره ١٠٠
١٠٠	٠	٢	٨	٧٥ میکرون	نمره ٢٠٠

٣- طرح اختلاط

در این پژوهش ابتدا عیار سیمان ٣٠٠ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب برای ملات‌ها در نظر گرفته شد. سپس میزان آب مورد استفاده با توجه به سیمان پرتلند و نسبت آب به سیمان ٠/٤٥ مشخص گردید. همان طور که قبلا ذکر شد، از اهداف این پژوهش بررسی تاثیرات جابه‌جایی سنگدانه سرباره

کنورتور ضایعاتی به میزان‌های مختلف نسبت‌هایی از شن و ماسه طبیعی می‌باشد.

۳-۱- نسبت اختلاط

کلیه‌ی نمونه‌ها با عیار سیمان ۳۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب ساخته شده اند. در ابتدا ۱۲عدد به عنوان نمونه شاهد ساخته شد که به عنوان معیاری برای مقایسه با سایر نمونه ها است. الیاف پلی پروپیلن درصدی از کل مصالح سنگی هستند. الیاف پلی پروپیلن با میزان ۰/۱، ۰/۲ درصد حجمی در طراحی‌ها استفاده شده‌اند. به دلیل بیشتر بودن وزن مخصوص سرباره از مصالح سنگی، از روش حجمی در انتخاب میزان مصالح سانگی، الیافهای پلی پروپیلن استفاده گردید. درصد مصالح استفاده شده در طرح اختلاط‌ها در جدول (۹) آمده است. برای هر طرح اختلاط ۱۲ نمونه ساخته شد. ۳ عدد برای آزمون ۷ روزه مقاومت فشاری، ۳ عدد برای آزمون ۲۸روزه مقاومت فشاری و ۳ عدد برای آزمون ۲۸روزه مقاومت کششی غیر مستقیم و ۳ عدد برای آزمون نفوذ یون کلر ساخته شدند. جمعا ۱۳۵ عدد نمونه استوانه‌ای ۱۵۰در ۳۰۰ میلیمتر برای این تحقیق ساخته شاد. برای آزمون وزن مخصوص، چون آزمون مخربی نیست، از همین نمونه ها قبل از انجام آزمایش مقاومت فشاری یا کششی استفاده شد.

جدول ۹. طرح اختلاط نمونه‌ها

کد طرح	علامت اختصاری	نمونه	مصالح طبیعی درشت دانه (Kg/m3)	سرباره درشت دانه (Kg/m3)	مصالح طبیعی ریزدانه (Kg/m3)	الیاف (Kg/m3)	سیمان (Kg/m3)	آب (Kg/m3)	نسبت آب به سیمان	آب اضافی
طرح۱ (شاهد)	RCC-P1	کلیه مصالح طبیعی	۸۳۰	۰	۱۱۳۰	۰	۳۰۰	۱۳۵	۰/٤٥	٤١
طرح ۲	RCC-P2	مصالح ۵۰٪ درشت دانه طبیعی و ۵۰٪ سرباره	٤١٥	٤٤٧	۱۱۳۰	۰	۳۰۰	۱۳۵	۰/٤٥	٥٠
طرح۳	RCC-P3	مصالح ۰٪ درشت دانه طبیعی و ۱۰۰٪ سرباره	۰	۸۹٥	۱۱۳۰	۰	۳۰۰	۱۳۵	۰/٤٥	٦٠
طرح٤	RCC-P4	کلیه مصالح طبیعی+۰/۱٪ الیاف	۸۳۰	۰	۱۱۳۰	۰/۳	۳۰۰	۱۳۵	۰/٤٥	٧٢
طرح٥	RCC-P5	کلیه مصالح طبیعی+۰/۲٪ الیاف	۸۳۰	۰	۱۱۳۰	۰/٦	۳۰۰	۱۳۵	۰/٤٥	٧٢
طرح٦	RCC-P5	کلیه مصالح طبیعی+۰/۳٪ الیاف	۸۳۰	۰	۱۱۳۰	۰/۹	۳۰۰	۱۳۵	۰/٤٥	٧٢
طرح۷	RCC-P6	مصالح ۵۰٪ درشت دانه طبیعی و ۵۰٪	٤١٥	٤٤٧	۱۱۳۰	۰/۳	۳۰۰	۱۳۵	۰/٤٥	٧٢

		سرباره+ ٠,١٪ الیاف								
طرح٨	RCC-P7	مصالح ٥٠٪ درشت دانه طبیعی و ٥٠٪ سرباره+ ٠,٢٪ الیاف	٤١٥	٤٤٧	١١٣٠	٠/٦	٣٠٠	١٣٥	٠/٤٥	٧٨/٥
طرح٩	RCC-P7	مصالح ٥٠٪ درشت دانه طبیعی و ٥٠٪ سرباره+ ٠/٣٪ الیاف	٤١٥	٤٤٧	١١٣٠	٠/٩	٣٠٠	١٣٥	٠/٤٥	٧٨/٥
طرح١٠	RCC-P8	کل مصالح درشت دانه سرباره + ٠/١ ٪ الیاف	٠	٨٩٥	١١٣٠	٠/٣	٣٠٠	١٣٥	٠/٤٥	**٩٤**
طرح١١	RCC-P9	کل مصالح درشت دانه سرباره + ٠/٢ ٪ الیاف	٠	٨٩٥	١١٣٠	٠/٦	٣٠٠	١٣٥	٠/٤٥	**٩٤**
طرح١٢	RCC-P9	کل مصالح درشت دانه سرباره + ٠/٣ ٪ الیاف	٠	٨٩٥	١١٣٠	٠/٩	٣٠٠	١٣٥	٠/٤٥	**٩٤**

٣-٢-روش اختلاط

روش اختلاط مصالح بدین‌صورت انجام شد که هر یک از اجزای ملات به تفکیک وزن شده، سپس طبق استاندارد ASTM C305(1999) به‌قرار زیر ساخته شد:

-ابتدا مصالح مورد نیاز محاسباتی، به میزان لازم وزن شده سپس اجزای درشت دانه (طبیعی و سرباره)، ریزدانه و سیمان در مخلوط کن قرار گرفته و به مدت ٣٠ ثانیه با سرعت کم عمل اختلاط را انجام داده. در این میان برای نمونه‌هایی که نیازمند الیاف پلی پروپیلن بودند، این مصالح قبل از افزودن آب به مخلوط کن اضافه گردیده و به مدت ٣٠ ثانیه با مصالح سنگی خشک و سمیان مخلوط شدند.

-درحالی‌که مخلوط‌کن عمل اختلاط را انجام می‌دهد در فاصله‌ی٣٠ ثانیه نصف آب محاسباتی به‌آرامی به داخل مخلوط‌کن اضافه می‌شود و در ادامه به تدریج بقیه آب را به مخلوط اضافه نموده و به مدت ٦٠ تا ٩٠ ثانیه دیگر مصالح با یکدیگر مخلوط گردید.

-مخلوط کن را بعد مدت ٩٠ ثانیه خاموش نموده و دور ظرف را تمیز نموده و در بقیه‌ی فاصله زمانی روی جام با سرپوش گذاشته می‌شود.

-به دلیل این که بتن غلتکی دارای آب کمی بوده و ملات سریعا آب خود را از دست می‌دهد میزان مصالح مخلوط شده حداکثر به اندازه ٢ عدد قالب استوانه‌ای توزین و مخلوط میشد تا فرصت کافی برای عمل تراکم وجود داشته باشد و منجر به از بین رفتن رطوبت مخلوط نشود.

-همچنین در حین عمل تراکم نیز با استفاده از پاشش آب، میزان آب از دست رفته ملات، جبران شد.

٣-٣-روش ساخت نمونه‌ها

در این تحقیق، تراکم نمونه‌ها به روش کوبه در قالب استوانه ای با قطر١٥٠ میلیمتر و ارتفاع ٣٠٠ میلیمتر و در چهار لایه انجام شد. مصالح برای لایه اول در قالب ریخته شد و سپس یک صفحه فولادی به قطر ١٤/٥ سانتیمتر بر

روی مصالح قرار گرفت و توسط چکشی به وزن ٤/٥ کیلوگرم که از ارتفاع ٤٥سانتی متری رها می‌شود، ٤٠ضربه به آن وارد شد. سه لایه دیگر نیز به همین صورت متراکم شدند. بعد از متراکم کردن، تا زمان گیرش اولیه، نمونه‌ها در داخل قالب مانده و بعد از آن برای مدت مورد نظر (٧روز و ٢٨روز) در حوضچه آب نگهداری شدند. بعد از گذشت زمان لازم در حوضچه، نمونه‌ها از آب بیرون آورده شده و سایر تست‌ها روی آنها انجام گردید.

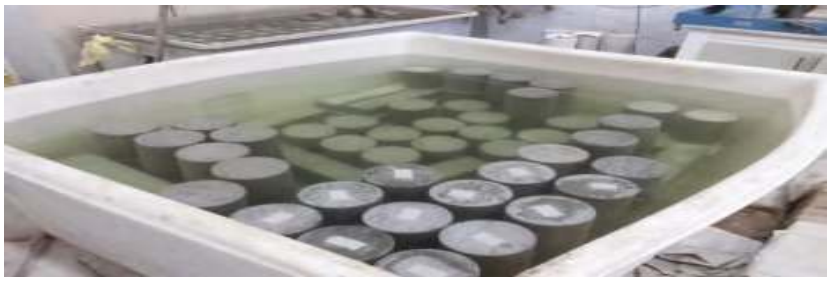
٣-٤-آزمایش‌ها

جهت بررسی خصوصیات مکانیکی و سایر ویژگی‌های نمونه‌ها، آزمایش‌های گوناگونی باید بر روی آن‌ها انجام می‌شد. در این قسمت آزمایش ها و نحوه انجام آن مطابق با استاندارد شرح داده می‌شود.

٣-٤-١-آزمایش مقاومت فشاری

مقاومت فشاری میزان بار وارد بر روی نمونه در سن مشخص در هنگام شکست نمونه در هر سانتی‌متر مربع گفته می‌شود. برای انجام آزمایش مقاومت فشاری طبق استاندارد (ASTM C39/C39M)، از نمونه‌های استوانه‌ای ١٥٠×٣٠٠ میلیمتر استفاده شد. مبنای طراحی نمونه‌ها در سنین ٧ و٢٨ روز پیشنهاد شد و رابطه مقاومت فشاری بتن در سن ٧ و ٢٨ روزه در منابع مختلف ارایه شده است که طبق روابطی از روی سن ٧ روزه می‌توان مقاومت فشاری بتن ٢٨ روزه را تخمین زد و به این صورت کیفیت و مقاومت بتن را زودتر پیش بینی کرد. به همین منظور جهت تعیین دقیق‌تر مقاومت فشاری برای هر طرح و هر سن ٣ نمونه برای مقاومت فشاری ٧ روزه و ٣ نمونه برای مقاومت فشاری ٢٨ روزه مورد آزمایش قرار گرفتند. ساخت نمونه‌ها توسط چکش ضربه‌ای، در قالب‌ها بر اساس استاندارد (ASTM C 1435) انجام گرفت. به این صورت که ملات در سه لایه ١٠ سانتی متری درون قالب ریخته شده و در هر مرحله جهت تراکم ملات با استفاده از چکش ضربه مخصوص ده کیلو گرمی با قدرت ١٥٠٠ وات، (٢٥ ضربه هر لایه) متراکم شد. پس از تراکم لایه سوم، سطح بتن غلتکی به وسیله یک صفحه فلزی صاف و سپس پرداخته شد. تمامی نمونه‌ها را بعد از ٤٨ ساعت از داخل قالب خارج کرده و جهت عمل‌آوری در داخل حوضچه‌ی آب به دمای ٢٠±٥ گذاشته شد. حداکثر ٣ ساعت قبل آزمایش نمونه‌ها از حوضچه خارج شده و در محیطی در دمای ٢٠ تا ٣٠ درجه قرار می گیرد ولی سطح آن در هنگام آزمایش باید مرطوب بوده ولی آبچکان نباشد. نمونه‌ها در سنین ٧ و ٢٨ روز به‌وسیله‌ی جک بتن‌شکن موجود در آزمایشگاه مورد آزمایش قرار گرفتند. در شکل (٤) و (٥) نمونه‌های استوانه‌ای ساخته‌شده و دستگاه اندازه‌گیری مقاومت فشاری نشان داده‌شده است.

شکل٤. نمونه و دستگاه اندازه‌گیری مقاومت فشاری



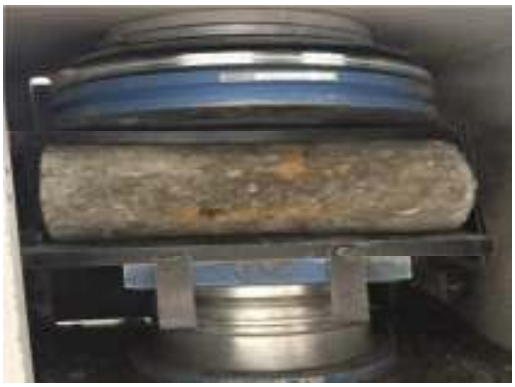
شکل ٥. عمل آوری نمونه‌ها در حوضچه

٣-٤-٢- آزمایش مقاومت کششی غیرمستقیم

یکی دیگر از پارامترهای مکانیکی مهم، مقاومت کششی بتن است. در این تحقیق آزمون مقاومت کششی غیر مستقیم طبق استاندارد (ASTM C496) انجام شد. این دستور العمل بر اساس اعمال نیروی فشاری در راستای قطر نمونه و در سراسر طول نمونه استوانه‌ای می‌باشد و این اعمال نیرو باعث ایجاد تنش کششی در صفحه‌ای که نیرو بدان وارد می‌شود، می‌گردد. در این تحقیق از نمونه‌های استوانه‌ای ۱۵۰×۳۰۰ میلی متر استفاده شد. از هر طراحی، ۳ نمونه برای مقاومت کششی غیر مستقیم ۲۸ روزه، مورد آزمایش قرار گرفتند، هر قالب در سه مرحله ریخته شد و در هر مرحله جهت تراکم ملات با استفاده از دستگاه ضربه مخصوص (۲۵ ضربه) کوبیده شد. سپس نمونه‌ها را بعد از ٤٨ ساعت از داخل قالب خارج کرده و جهت عمل‌آوری در داخل حوضچه‌ی آب به دمای ۲۰±۵ گذاشته شد. نمونه‌ها تا سن ۲۸ روز در حوضچه آب نگهداری شدند و در سن مورد نظر تحت آزمایش برزیلی با دستگاه موجود در آزمایشگاه مورد آزمایش قرار گرفتند. در شکل (٦) نمونه‌های استوانه‌ای ساخته‌شده و دستگاه اندازه‌گیری مقاومت کششی نشان داده شده است.

٣-٤-٣-آزمایش وزن مخصوص

به‌دلیل این که وزن مخصوص سرباره کنورتور بیشتر از مصالح سنگی طبیعی است و انتظار می‌رفت وزن مخصوص طرح‌های ساخته شده بیشتر از بتن غلتکی معمولی باشد در نتیجه آزمایش وزن مخصوص برای تمام طرح‌ها انجام گرفت. ابتدا از نمونه‌های تست شده توسط دستگاه برش نمونه کوچک‌تر جدا کرده مطابق شکل (۷) و وزن خشک نمونه‌ها اندازه‌گیری شد و سپس توسط ترازوی ارشمیدس وزن در آب هر کدام نیز به دست آمد و وزن مخصوص نمونه‌ها محاسبه شد.



شکل ٦. نمونه و دستگاه اندازه‌گیری مقاومت کششی غیرمستقیم

شکل ۷. نمونه استوانه‌ای برش زده

٣-٤-٤-آزمایش جذب آب

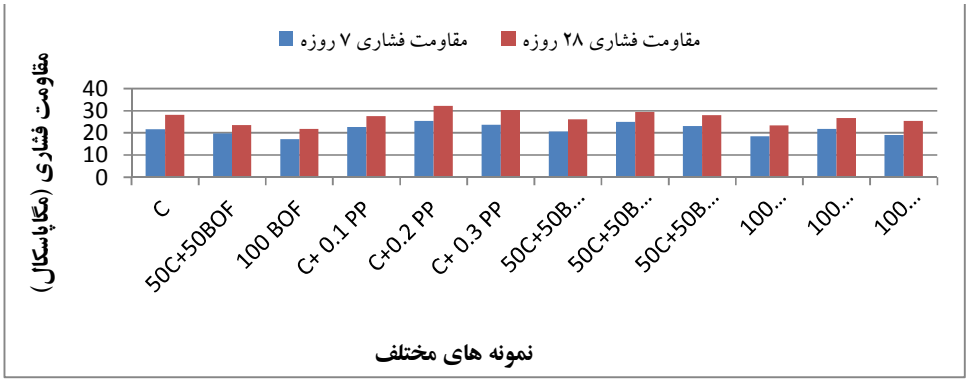
جذب آب یکی از مشخصات بتن بوده که قابلیت بتن را برای مقاومت در برابر ورود یون‌های متجاوز مورد بررسی قرار میدهد. جذب آب بلند مدت مطابق با استاندارد ASTM C642 انجام‌گرفته است. جذب آب به طور غیر مستقیم بیانگر میزان تخلخل و ارتباط بین حفرات است، به گونه‌ای که هر چه منافذ موجود کمتر باشند در نتیجه میزان تخلخل پایین و جذب آب پایین خواهد بود. جهت انجام این آزمایش از نمونه‌های برش زده شده پس از عمل‌آوری ٢٨ روزه با خروج از حوضچه، آماده انجام آزمایش‌شده‌اند. در این آزمایش آزمونه‌های عمل‌آوری شده به مدت ٢٤ ساعت در دمای ٥ ± ١٠٥ درجه سانتی‌گراد در دستگاه آون قرار داده شده که خشک شده تا زمانی که تغییرات وزن کمتر از ٠/١ درصد بود ادامه می‌یابد سپس وزن ثبت می‌شود (وزن خشکW_{dry}). سپس مدت ٢٤ ساعت داخل آب تمیز غوطه‌ور می‌شوند تا به یک وزن ثابت برسند سپس از داخل آب خارج شده و در حالت اشباع، سطح آنها با یک پارچه خشک می‌گردد و سپس توزین می‌شوند (W_{ssd}).

$$\text{جذب آب} = \frac{Wssd - Wdry}{Wdry} \times 100$$

٤-نتایج و تحلیل

٤-١-نتایج آزمون مقاومت فشاری

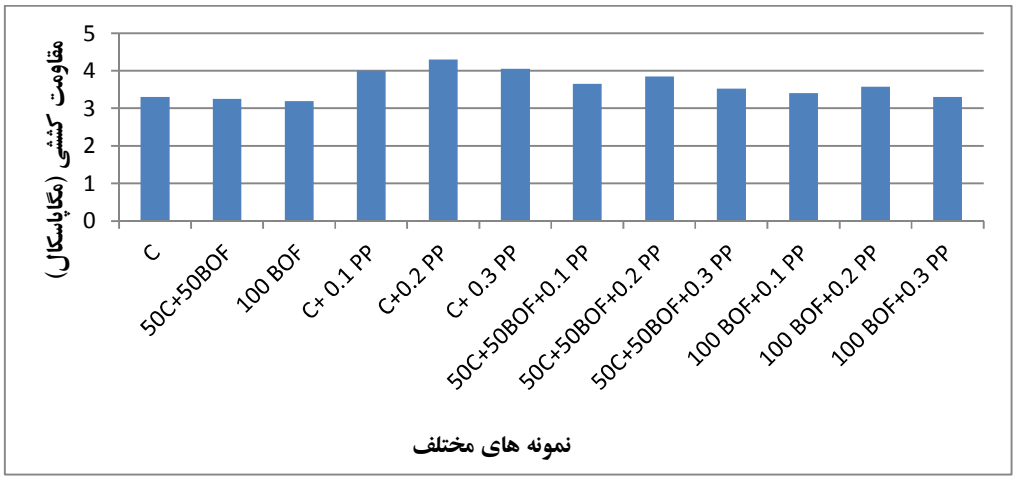
براساس نتایج آزمون مقاومت فشاری، مشاهده می‌شود که جایگزین کردن سرباره به عنوان درصدی از بخش درشت دانه مورد استفاده در طرح اختلاط، در مقایسه با نمونه‌های شاهد، سبب کاهش مقاومت فشاری می‌گردد. به طور مثال جایگزین کردن ٥٠ درصد از بخش درشت دانه با سرباره کنورتور سبب کاهش ٩٪ در مقاومت فشاری نمونه شاهد گردیده است. همچنین با جایگزین کردن ١٠٠٪ بخش درشت دانه با سرباره کنورتور سبب کاهش ٢١٪ مقاومت فشاری نمونه‌ها می‌گردد. نتایج در شکل ٤ نشان می‌دهد که با افزودن پلیمر پلی پروپیلن به میزان ٠/١ و ٠/٢ درصد میزان مقاومت فشاری روند افزایشی داشته و با اضافه نمودن ٠/٣ درصد الیاف مقاومت فشاری کاهش پیدا نموده است. الیاف پلی پروپیلن با مهار ترک‌ها و جلوگیری از رشد آن‌ها سبب افزایش مقاومت بتن می‌گردد. دلیل کاهش بازای افزایش درصدهای بیشتر الیاف را می‌توان در این دانست که اضافه نمودن مقادیر بیشتر الیاف سبب گلوله ای شدن الیاف در مخلوط بتن غلتکی می‌گردد. این پدیده سبب بوجود آمدن حفره‌هایی درون مخلوط بتن می‌گردد که می‌تواند تضعیف خصوصیات مکانیکی را به همراه داشته باشد. در نمونه‌های حاوی سرباره و الیاف نیز روند مشابهی مشاهده شده است. نمونه‌های حاوی ٥٠ درصد سرباره در بخش درشت دانه و حاوی الیاف نسبت به نمونه‌های حاوی ١٠٠٪ سرباره و الیاف دارای مقادیر مقاومت فشاری بیشتری می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد اضافه نمودن ٠/٢ درصد الیاف سبب افزایش ١٧ درصد در مقاومت فشاری نمونه‌های شاهد را داشته است. با توجه به نتایج می‌توان دریافت نمونه‌های حاوی ٠/٢ درصد الیاف در تمامی نمونه‌ها دارای بالاترین مقاومت فشاری می‌باشد.



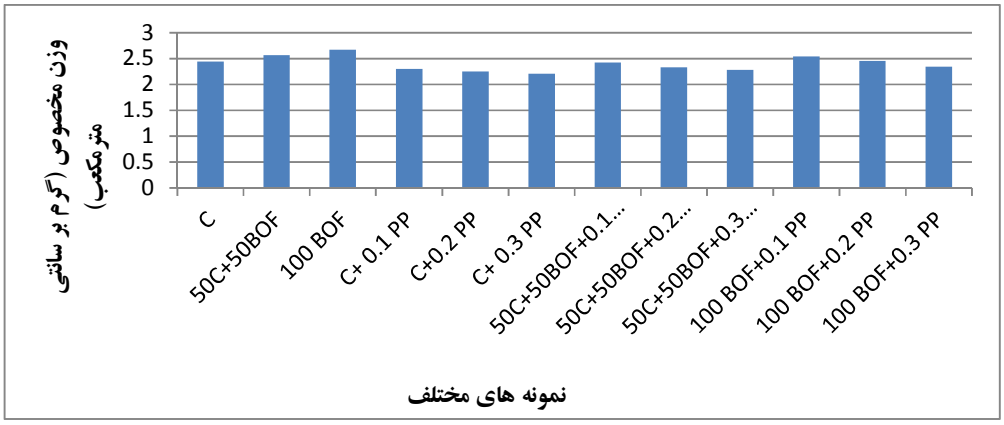
شکل ٨. نتایج ازمایش مقاومت فشاری نمونه‌ها

٤-٢- نتایج آزمون مقاومت کششی

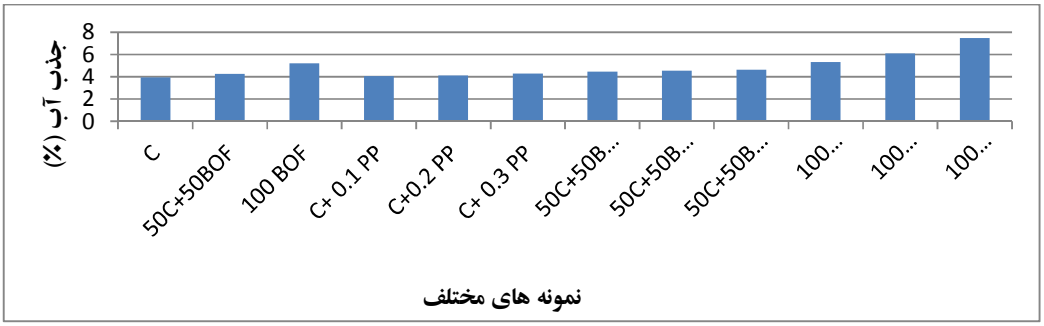
از جمله معایب بتن مقاومت کششی بسیار ناچیز آن می‌باشد که این رفتار ترد و شکننده، موجب شکست ناگهانی آن می گردد. مشکل ترد بودن بتن را می‌توان با مسلح کردن ان توسط ارماتورهای فو دی برطرف نمود. اما در موارد متعددی جهت این نیروهای کششی به طور دقیق معلوم نمی‌باشد. از طرفی در بتن تازه به دلیل جمع‌شدگی، ترک‌هایی به وجود می‌آیند که نتایج این ترک‌ها در بتن سبب افزایش نفوذ پذیری، از بین رفتن سطح بتن، خوردگی ارماتورها و کاهش خواص مکانیکی می‌باشد. یکی از راه‌های مناسب مقابله با این مشکلات، استفاده از مقادیر کمی الیاف به منظور کنترل رشد ترک و افزایش مقاومت کششی بتن می‌باشد. همچنین با ورود الیاف به بتن، مستقل از مواد تشکیل دهنده، دو نوع وضعیت اصلی موازی و عمود بین ترک و الیاف مشاهده می‌شود که در صورت عبور الیاف عمود بر لبه‌های ترک با پل زدن الیاف بین ترک‌ها یکپارچگی بتن تا تغییر شکلهای زیاد حفظ شده و مقاومت خمشی و کششی به دلیل خاصیت دوزندگی الیاف با می‌رود. در نمونه‌های حاوی سرباره، نسبت به نمونه شاهد کاهش جزیی مقاومت کششی مشاهده می‌شود که دلیل آن می‌تواند کمتر شدن هیدراتاسیون سیمان با مصالح سرباره‌ای باشد. به طوری که با جایگزین کردن ۵۰ درصد از بخش درشت دانه با سرباره مقاومت کششی نمونه‌ها به میزان ۱/۵ درصد کاهش یافت و با جایگزین نمودن ۱۰۰ درصد بخش درشت دانه با سرباره میزان مقاومت کششی نمونه‌ها به میزان ۳ درصد کاهش یافت. با افزودن الیاف تا ۰/۲ درصد روند افزایش در مقاومت کشیی نمونه‌ها مشاهده شده و با افزودن ۰/۳ درصد الیاف مقاومت کششی نمونه‌ها کاهش می‌یابد. دلیل افزایش مقاومت کششی نمونه‌ها را می‌توان در درگیر شدن بیشتر مصاالح سنگی بتن و خمیر سیمان با یکدیگر به واسطه افزوده شدن الیاف و کاهش ریز ترک‌ها دانست. اضافه نمودن ۰/۱ درصد الیاف سبب افزایش ۲۱ درصدی در مقاومت کششی و اضافه نمودن ۰/۲ درصد الیاف سبب بهبود ۳۱ درصدی در مقاومت کششی نمونه‌ها گردیده است. نتایج نشان می‌دهد نمونه‌های حاوی ۵۰ درصد درشت دانه سرباره و الیاف مقاومت کششی بیشتری نسبت به نمونه‌های حاوی ۱۰۰ درصد سرباره و الیاف را دارا می‌باشند. همانطور که در بالا اشاره شد، اضافه کردن ۰/۳ درصد الیاف سبب کاهش در مقاومت کششی نمونه‌ها گردیده است که می‌تواند به دلیل کاهش هیدراتاسیون سیمان با الیاف و چسبندگی کمتر آنها با خمیر بتن نسبت به سایر مصالح باشد. همچنین از طرفی دلیل کاهش بازای افزایش درصدهای بیشتر الیاف را می‌توان در این دانست که اضافه کردن مقادیر بیشتر الیاف سبب گلوله‌ای شدن الیاف در مخلوط بتن غلتکی می‌گردد. این پدیده سبب به وجود آمدن حفره‌هایی درون مخلوط بتن می‌گردد که می‌تواند تضعیف خصوصیات مکانیکی را به همراه داشته باشد.



شکل۹. نتایج آزمایش مقاومت کششی نمونه‌ها



شکل ١٠. وزن مخصوص نمونه‌ها



شکل ١١. نتایج جذب آب نمونه‌های ٢٨ روزه

٤-٣- نتایج آزمون وزن مخصوص

نتایج وزن مخصوص نمونه‌ها در شکل ١٠ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد با افزودن سرباره، وزن مخصوص بتن را نسبت به نمونه شاهد افزایش می‌دهد و این به دلیل وزن مخصوص بیشتر سرباره نسبت به مصالح سنگی معمولی است. با توجه به نتایج نمونه‌های حاوی ١٠٠ درصد سرباره نسبت به نمونه‌های حاوی ٥٠ درصد سرباره در بخش درشت دانه دارای وزن مخصوص بیشتری می‌باشند.

٤-٤-نتایج جذب آب

هم چنین نتایج نشان می‌دهد با اضافه نمودن الیاف پلی پروپیلن به مخلوط بتن، مقادیر وزن مخصوص نمونه‌ها کاهش یافته است. دلیل آن را می‌توان در وزن مخصوص ضعیف الیاف پلی پروپیلن دانست که بر چگالی بتن تاثیر می‌گذارد. در این پژوهش جهت ارزیابی جذب آب دو قطعه از نمونه‌های ساخته شده را توسط دستگاه برش موجود در محل آزمایش جدا کرده و ابتدا نمونه‌ها به مدت ٢٤ ساعت در آون با درجه حرارت ١٠٥ درجه سانتی‌گراد و سپس به مدت ٢٤ ساعت در حوضچه آب ٢٠ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. در طی این مراحل وزن خشک و وزن مرطوب با سطح خشک (SSD) نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. در شکل ١١ نتایج جذب آب نمونه‌ها در سن ٢٨ روز ارایه شده است. مطابق شکل ١١ تمامی نمونه‌های بتن غلتکی در سن ٢٨ روزه در مقایسه با نمونه شاهد جذب آب بیشتری داشتند. جذب آب نمونه‌ها با افزایش مقادیر سرباره کنورتور جایگزین شده با مصالح طبیعی افزایش می‌یابد. برای نمونه‌هایی با مقادیر بیشتر سنگدانه‌های سرباره کنورتور، روند افزایشی جذب آب دیده می‌شود. نمونه‌های طرح حاوی ١٠٠ درصد سرباره و ٠/٣ درصد الیاف در سن ٢٨ روز با جذب آب ٧/٤٨ درصد بیشترین جذب آب نسبت به نمونه شاهد را بدست آورد.

٥-سپاسگزاری

از پرسنل محترم مرکز تحقیقات قیر و مخلوط‌های آسفالتی به دلیل همکاری صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

٦-پی‌نوشت‌ها

1- Roller-Compacted Concrete Pavement
2- Basic Oxygen Furnace
3- Electric Arc Furnace
4- Hot Mix Asphalt
5- Fiber-Reinforced Concrete

٧-مراجع

-سحرخیزان و همکاران، (١٣٩٣)، "خصوصیات مکانیکی بتن حاوی الیاف فولادی و پلی پروپیلن"، هشتمین گنگره ملی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، بابل، دانشگاه صنعتی نوشیروانی.

-صادقی و همکاران، (١٣٩٣)، "تاثیر الیاف پلی پروپیلن بر خصوصیات مکانیکی بتن حاوی سرباره"، هشتمین گنگره ملی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، بابل، دانشگاه صنعتی نوشیروانی.

-طالب و همکاران، (١٣٩٤)، "بررسی خواص خمشی، فشاری و تعیین مدول الاستیسیته‌ی بتن معمولی حاوی الیاف پلی‌پروپیلن"، گیلان، ایران. ص. ٨٢-٨١.

-فروغی‌اصل، ع؛ نظرپور، م. و سیدیان‌چوبی، س.، (١٣٩٣)، "بررسی تاثیر تصحیح مدول نرمی ماسه بر کارآیی بتن خود تراکم"، هشتمین گنگره ملی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، بابل، دانشگاه صنعتی نوشیروانی.

-معاونت برنامه‌ریزی ونظارت راهبردی رییس جمهور، وزارت راه و شهرسازی، (١٣٨٨)، "راهنمای طراحی و اجرای بتن غلتکی در روسازی راه‌های کشور، نشریه شماره ٣٥٤"، پژوهشکده حمل و نقل.

-رجب زاده، م. (١٣٩٢)، "خصوصیات مکانیکی بتن با الیاف‌های فولاد، شیشه و پلی‌پروپیلن" و همچنین افزودنی حباب‌زا بر روی خصوصیات مکانیکی بتن همچون، مقاومت‌های فشاری و کششی به عنوان پارامترهای تاثیرگذار در عملکرد روسازی‌های بتنی، هشتمین گنگره ملی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، بابل، دانشگاه صنعتی نوشیروانی.

-Banthia. N., M. Sappakittipako, (2007), "Toughness enhancement in steel fiber reinforced concrete through fiber hybridization Cement and Concrete Research", 37, pp. 1366–1372.

-Berry J., R. Duncan, R. Fluhr, R. Harvey, (2001), "Report on roller-compacted concrete pavements", Farmington Hills.

-Das. B., S. Prakash, P. Reddy, and V. Misra, (2007), "An overview of utilization of slag and sludge from steel industries," Resources, conservation recycling, Vol. 50, No. 1, pp.57-40.

-Frank Dehn, Klaus Holschemacher, Dirk WeiBe, (2000), "Self compacting conerete (Scc) time development of the material properties and Bond behavior, Lacer No.5.

-Hsie. M., Chijin. Tu., (2008), "Mechanical properties of polypropylene hybrid fiber-reinforced concrete Materials Science and Engineering, pp. 153–157.

-Hicks. R. G., (2001), "Alaska soil stabilization design guide", Department of Transportation and Public Facilities Research & Technology Transfer.

-Jianxin Ma, Jorge Dietz, "Investigation of Influence of Recycled Plastics from Cable, Ethylene Vinyl Acetate and Polystyrene Waste on Lightweight Concrete PropertiesProcedia Engineering", Vol. 195, pp. 127-133.

-Lawler, S., D. Zampini, S.P. Shah, (2005), "Microfiber and Macrofiber Hybrid Fiber-Reinforced Concrete ASCE.

-MEYER, C., (2009), "The greening of the concrete industry", Cement and concrete composites, 31, pp.601-605.

-Masahiro ouchi, (1998), "Self - compacting conerete development application andinvestigationTakda, k. self-compacting concrete produced by Japanese method with Duchmaterials", collection 12, European congress about central mix concrete, ERMCO, Lisbon.

-Naik T. R., Y. M. Chun, R. N. Kraus, S. S. Singh, L. L. C. Pennock, and B. W. Ramme, (2001), "Strength and durability of roller-compacted HVFA concrete pavements", Practice Periodical on Structural Design Construction, Vol. 6, No. 4, pp. 154-165.

-Peydayesh M., (2011), "Study of the Amount of Energy Absorption and Flexural Strength of Concrete with Hybrid Steel- Polypropylene Fibers, Proceedings of the 3rd National Concrete Conference of Iran, Tehran, in Persian.
-Poulsen, K., (2011), "Shear Capacity of Steel and Polymer Fiber Reinforced Concrete Beams", Materials and Structures, 44, pp. 1079-1091.
-Rabbani S., (2011), "Study of Characteristics of Types of Hybrid Fibers in Concrete", Proceedings of the 3rd National Concrete Conference of Iran, Tehran, In Persian.
-Ruby. S., C. Geethanjalee, J. Varghese, M. Priya, (2014), "Influence of Hybrid Fiber on Reinforced Concrete", International Journal of Advanced Structures and Geotechnical Engineering.
-Sorelli, L.G., (2006), "Steel Fiber Concrete Slabs on Ground", ACI Structural Journal, pp. 551-558.
-Vande walle. L., (2006), "Hybrid Fiber Reinforced Concrete.Springer", Measuring Monitoring and Modeling Concrete Properties, pp. 77–82.
-Yao, W., J. Wua, (2003), "Mechanical properties of hybrid fiber-reinforced concrete at low fiber volume fraction, Cement and Concrete Research, 33, pp.27–30.

Effect of Polypropylene Fiber on Mechanical Strength and Durability of Roller Compacted Concrete Pavement Containing Convertor Slag

Amin Choubdar, M.Sc., Department of Civil Engineering, Malard Branch, Islamic Azad University, Malard, Tehran, Iran.

Amin Farajollahi, Department of Civil Engineering, Malard Branch, Islamic Azad University, Malard, Tehran, Iran.

Alireza Ameli, Department of Civil Engineering, Malard Branch, Islamic Azad University, Malard, Tehran, Iran.

E-mail: AminFarajollahi@gmail.com

Received: July 2021-Accepted: August 2021

ABSTRACT

In recent years, the use of metal melting slag, one of the waste and unused the metal melting plants, has been considered as an alternative to parts or all rock materials in different layers of metal. The aim of this study was to investigate the use of different percentages of steel slag as a percentage of its coarse rock material in mixing (0 %, 50 % and 100% of slag in replacement of coarse aggregate material). Also, in order to investigate the effect of polypropylene fiber on roller containing slag, different percentages were used 1/0 and 0.3 % respectively. To achieve this goal, 12 mix design schemes were designed for 7 and 28 days of design and for testing each roller - roller plot (6 samples for compressive strength of 7 and 28 days, 3 samples were made for 28 - day compressive strength and 3 samples for special weight and 28 - day water absorption. the results of the experiment show that the pressure resistance of the roller - roller in 28 days by replacing the slag in coarse aggregate was decreased by 50 and 100 per cent, respectively, by about 9 and 21%, respectively. the addition of fibers by 0.2% in the compressive strength of specimens, followed by adding 3/3 per cent of the compressive strength fibers. also, tensile strength of samples at the age of 28 decreased by replacing the aggregates of convertor slag by 50 and 100 per cent, respectively, by % and 3 % respectively. the addition of fibers by 0.2 % % increased the tensile strength of specimens, and decreased tensile strength by adding 3.5% of the tensile strength fibers. in the case, the weight of the specimens was increased by 50% and 11% by replacing the slag by 50 % and 100 %. while the addition of fibers leads to weight loss of specimens. The results of water absorption showed that all roller - roller samples at 28 days had much water absorption compared to the sample. The absorption of the specimens increases with the increase in the amount of slag convertor substituted by natural materials. For samples with higher values of convertor slag, an increasing trend is found to be found. Mix design specimens containing 100% of the slag and 0/3 % of fibers in 28 days with water absorption of 48.7% have the highest water absorption of in comparison to control mixture.

Keywords: Roller Compacted Concrete, Compressive Strength, Tensile Strength, Convertor Slag