Archive of SID

تحقیقات بتن
سال هفتم، شمارهٔ دوّم
پاییز و زمستان ۹۳
ص ۶۸ – ۵۷
تاریخ دریافت: ۱۸ /۹۳/۸
تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۱۰

نقش الیاف فلزی بازیافتی از لاستیک خودرو بر بتن حاوی سنگ‌دانه‌های بازیافتی ناشی از نخاله‌های ساختمانی

محسن احمدی
کارشناسی ارشد دانشکده عمران ومحیط زیست ،دانشگاه تربیت مدرس
ابوالفضل حسنی*
استاد دانشکده عمران و محیط زیست ،دانشگاه تربیت مدرس
محمدرضا سلیمانی کرمانی
استادیار پژوهشکده حمل ونقل وزارت راه، مسکن و شهرسازی

چکیده

محدود بودن منابع و حفظ محیط زیست، لزوم بازیافت مواد و مصالح را اجتناب ناپذیر کرده است. نخاله‌های حاصل از ساخت‌وساز و تخریب پتانسیل مناسبی برای بازیافت دارند. این مواد معمولاً بدون استفاده در زمین رها شده و یا دفن می‌شوند لذا، بازیافت آن‌ها ضمن حل مشکلات زیست محیطی باعث حفظ منابع طبیعی محدود نیز می‌گردد. نخاله‌های ساختمانی را می‌توان پس از تفکیک و خرد کردن، سرند کرده و به‌عنوان سنگدانه در ساخت بتن استفاده کرد. همچنین در صنعت بازیافت ، آنچه پس از بازیافت لاستیک‌های فرسوده بجا می‌ماند پودر لاستیک و سیم‌های فلزی است. لذا، استفاده از این سیم‌های فلزی در بتن علاوه بر رفع مشکل زیست محیطی، باعث بهبود خصوصیات مکانیکی بتن نیزمی‌گردد.در این تحقیق به بررسی نقش الیاف فلزی بازیافتی در بتن حاوی سنگ‌دانه‌های بازیافتی پرداخته شده است. درصد جایگزینی این نوع سنگدانه‌ها با درشت‌دانه‌های طبیعی به میزان ٪۰ ، ٪ ۵۰ و ٪ ۱۰۰ و میزان الیاف به‌کار رفته در طرح اختلاط‌ها ٪ ۰/۵ حجم بتن می‌باشد. نتایج نشان داد که با افزودن الیاف فلزی بازیافتی به بتن با سنگدانه‌های بازیافتی،کمبود مقاومت این نوع بتن‌ها جبران می گردد.

واژه‌های کلیدی: نخاله‌های ساختمانی،بتن، الیاف فلزی بازیافتی.

*نویسنده مسئول: Hassani@modares.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

در تهـران روزانـه بـیش از ۴۲ هـزار تـن آوار سـاختمانی دفـع می‌شود[۱]. این حجم زیاد آوار تولیدی در تهران و به تبع آن در سایر کلان شـهرها پیامـدهای زیسـتی نـامطلوبی دارد[۲]. یکـی از راهکارهـا در مـدیریت مصـالح ایـن گونـه آوارهـا، بازیافـت و اسـتفاده مجـدد از آن‌هـا مـی‌باشـد. نخالـه‌هـا را مـی‌تـوان بعـد از جداسازی خرد نموده وبعد از سرند کردن بـه عنـوان سـنگدانه در بتن استفاده کرد.

سالانه در جهان حدود ۱ میلیارد حلقه لاستیک فرسوده بـر محـیط زیست تحمیل می‌شود که تنهـا ۳۳٪ آن بـه‌طـور کامـل بازیافـت می‌گردد و باقی‌مانده آن یا در طبیعت رها شـده و یـا سـوزانده و دفن می شود که سهم کشورمان در ایـن میـان، مصـرف سـالانه ۷ میلیون حلقه معادل ۲۰۰ هزار تن می باشد[۳]. یکی از راهکارهای ارائه شده برای کاهش میزان آلودگی این مواد به محـیط زیسـت، بازیافت و استفاده مجـدد از آنهاسـت.آنچـه کـه پـس از بازیافـت لاستیک بجا می‌ماند معمـولاً پـودر لاسـتیک ، سـیم‌هـای فلـزی و دیگر مواد زائد است. پودر لاستیک مجدداً در صنایع دیگر ماننـد تولید لاستیک‌هـای نـو و یـا قیـر لاسـتیکی اسـتفاده مـی‌شـود امـا باقی‌مانده مواد بازیافتی بدون استفاده در طبیعت رها مـی‌شـوند. از سیم‌های فلزی موجـود در بـاقی‌مانـده بازیافـت لاسـتیک خـودرو می توان به عنوان الیاف در بتن استفاده کـرد، کـه اسـتفاده از آنهـا علاوه بررفع مشکل زیست محیطی ، باعث افـزایش مقاومـت بـتن می گردد.

استفاده از سنگ‌دانه‌های بازیافتی ناشی از تخریب روسازی‌هـا بـه عنوان جـای‌گـزین سـنگ‌دانـه در بـتن از سـال ۱۹۴۲ در آمریکـا شـروع شـد[۴]. امـروزه اکثـر حجـم نخالـه‌هـای سـاختمانی در کشورهای صنعتی ترکیبی از بتن است اما، در ایران آمارهـا نشـان می‌دهند که بیشتر ساختمان‌های ساخته شده در دهـه ۵۰ و قبـل از آن در دست تخریب اسـت کـه عمـدتاً از نـوع بنـایی (آجـری بـا سـقف طـاق ضـربی) بـوده و بـه نـدرت بـا اسـکلت بتنـی می‌باشـند[۱].نخالـه‌هـای موجـود در کشـور عـلاوه بـر بـتن مـواد دیگری همچون آجـر ، خـرده سـنگ و دیگـر مـواد نیـز موجـود می‌باشد.

افزایش و کاهش مقاومت بتن با استفاده از سنگدانه‌هـای بازیـافتی در گزارش‌ها امده است، به طوری که تغییر در مقاومت این نـوع بتن به پارامترهایی همچون مقاومت سنگدانه‌های بازیافتی،درصـد جای‌گزینی سنگدانه‌ها، نسـبت آب بـه سـیمان و شـرایط رطـوبتی سنگدانه‌های بازیافتی، وابسته است[۵].

۲- مرور ادبیات

در مطالعه‌ای کارنیرو و همکاران در خصـوص بررسـی جـایگزنی مصالح بازیافتی بـا ترکیـب از ۵۵٪ مـلات، ۲۰٪ بـتن و ۲۵٪ آجـر پرداختند. بتن با ۲۵٪ سنگدانه‌ای بازیافتی مقاومت بیشـتری نسـبت به بتن با سنگدانه‌های طبیعی دارد. علت افـزایش مقاومـت بـتن بـا این سنگدانه‌ها تغییر در خرابی بتن (شکست سنگدانه‌هـا) بـه‌علـت چسـبندگی بهتـر سـنگدانه‌هـای بازیـافتی بـا خمیـر سـیمان می‌باشد[۵].مطالعات دبایب وکنای بررسی جایگزینی خرده آجر به عنوان سنگدانه در بتن اسـت. کـاهش مقاومـت فشـاری بـتن بـا جایگزینی خرده آجر به عنوان درشـت‌دانـه، ریزدانـه و هـر دو بـه ترتیب ۳۵ ٪، ۳۰ ٪و ۴۰ ٪در نظر گرفتـه شـده اسـت[۶]. وجیحـو همکاران به بررسی درشت‌دانـه‌ای بازیـافتی بجـای سـنگدانه‌هـای طبیعی پرداختند. میزان کاهش مقاومت فشاری بـتن حـاوی۲۵ ٪ ، ۵۰٪، ۷۵ ٪و ۱۰۰سنگدانه‌های بازیافتی به ترتیب ۴ ٪، ۱۲٪، ۲۲٪ و ۲۷ ٪گـزارش شـده اسـت . نتـایج نشـان داد کـه درصـد بهینـه درشت‌دانه‌های بازیافتی بین ۲۵ تا ۵۰ درصد می‌باشد[۷]. زیـائو و همکاران به مطالعه‌ی استفاده از درشت‌دانه‌های بازیافتی بـه میـزان ۳۰ ٪تا ۱۰۰ ٪پرداختند و نتایج نشـان داد کـه تـا۳۰ ٪جـایگزینی این‌گونه مصالح کاهش مقاومت فشاری بتن ناچیز می‌باشد[۸].

چوی و یـان نشـان دادنـد کـه اسـتفاده همزمـان از درشـت‌دانـه و ریزدانه بازیافتی باعث افزایش مقاومت فشاری بتن می‌شود. دلیـل این افزایش مقاومت به چسبندگی بالاتردرشت‌دانه‌های بازیافتی و خمیـر سـیمان نسـبت دادهشـده اسـت. افـزایش چسـبندگی بـین سـنگدانه‌هـای بازیـافتی و خمیـر سـیمان بعلـت تیـزگوشـه گـی سنگدانه‌ها و ملات چسبیده قدیمی به سطح سنگدانه‌ها مـی‌باشـد. سطح زبر وناصاف سنگ‌دانه‌ها باعث نفوذ خمیر سیمان به حفرات درشت‌دانه‌های بازیافتی مـی‌شـود کـه باعـث گیـرش بهتـر خمیـر سیمان و سنگ‌دانه می‌شود[۹].

به طور کلی سنگدانه‌هـای بازیـافتی مقاومـت کمتـری نسـبت بـه سنگدانه‌های طبیعی دارند و به‌علت جذب آب بیشتر، بـتن حـاوی این‌گونه سنگ‌دانه‌ها مقاومت کمتری نسبت به بتن معمولی دارند.

www.SID.ir

Archive of SID

راهکارهای گوناگونی برای جبران این کاهش مقاومت پیشنهاد شده است. افزودن خاکستر بادی ، میکروسیلیس، افزایش مقدار سیمان و استفاده از انواع الیاف ازجمله آن‌ها می‌باشد.
پراساد و همکارنش از خرده نخاله های ساختمانی و خرده بتن به عنوان سنگدانه های بازیافتی به میزان ۵۰ ٪و ۱۰۰ ٪و همچنین از الیاف شیشه‌ای و پلی پروپیلن در بتن استفاده کردند. نتایج نشان داد که با افزایش سنگدانه‌های بازیافتی مقاومت بتن کاهش می‌یابد اما با افزودن الیاف کاهش مقاومت جبران می‌شود. همچنین الیاف شیشه ای نسبت به الیاف پلی پروپیلن عملکرد بهتری از خود نشان داده‌اند[۱۰]. در مطالعهٔ دیگری ویتلاکیلاوا از نخاله‌های ساختمانی و خرده بتن به‌صورت جداگانه به عنوان سنگدانه های بازیافتی به میزان ۱۰۰ ٪به‌همراه الیاف پلی پروپیلن استفاده کرد. بر طبق گزارش ایشان سنگدانه های بازیافتی از خرده نخاله های ساختمانی نسبت به خرده بتن عملکرد بهتری از خود نشان داده اند[۱۱]. آوچات و کانه از خرده بتن بهمراه الیاف فولادی و پلیمری در بتن استفاده کردند. بررسی‌ها نشان داد با افزایش الیاف در بتن با سنگدانه های بازیافتی مقاومت‌های فشاری و خمشی افزایش می‌یابد[۱۲]. در مطالعه ی دیگری صدرممتازی و همکارانش از خرده بتن به میزان ۲۵ ٪، ۵۰ ٪، ۷۵٪ و ۱۰۰ ٪ به‌همراه الیاف پلی پروپیلن در بتن استفاده کردند طبق گزارش ایشان با افزایش سنگدانه های بازیافتی مقاومت فشاری بتن کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش الیاف، مقاومت فشاری بتن به میزان ناچیزی کاهش می‌یابد[۱۳]. در مطالعه‌ای که توسط جاگانادها رائو و همکاران بر روی الیاف شیشه ای در بتن با سنگدانه های بازیافتی انجام شد نتایج نشان داد که با افزایش الیاف تا ٪ ۰/۰۳ حجم بتن مقاومت‌های فشاری، کششی و خمشی افزایش می‌یابد[۱۴].

۳- روش تحقیق

در این پژوهش سنگدانه‌های بازیافتی به میزان ۰ ٪، ۵۰ ٪ و ۱۰۰٪ جایگزین درشت دانه‌های طبیعی و همچنین از سیم‌های فلزی بازیافتی از لاستیک خودروهای فرسوده به عنوان الیاف با درصد حجمی۰/۵ ٪ استفاده شده است وبه منظور بررسی اثر سنگدانه‌ها بر مقاومت بتن از دانه‌بندی یکسان برای مصالح طبیعی و بازیافتی استفاده شده است. پس از ساخت بتن و عمل آوری بعد از ۲۸ روز، آزمون‌های مقاومت فشاری، مقاومت کششی غیر مستقیم و مقاومت خمشی بر روی نمونه‌ها انجام گرفت

۴- مصالح مصرفی

۴-۱- سنگدانه‌های طبیعی

سنگدانه‌های طبیعی استفاده شده در این تحقیق از نوع رودخانه‌ای سیلیسی می‌باشد که از معادن اطراف شهر تهران تهیه شده است. مشخصات فیزیکی سنگدانه‌ها ی مصرفی در جدول۱ نشان داده شده است. در شکل های۱و ۲ دانه‌بندی و محدوده مربوط به دانه‌بندی شماره ۲ نشریه ۱۰۱ نشان داده شده است. همانطورکه نمودارها نشان می‌دهد دانه بندی مصالح طبیعی مذکور در محدوده‌ی استاندارد قرار دارد.

۴-۲- سنگدانه‌های بازیافتی

سنگدانه های بازیافتی مورد استفاده فقط درشت‌دانه بوده که ترکیبی از ۴۳/۲ ٪خرده بتن، ۲۸/۶ ٪خرده سنگ‌های ساختمانی، ۱۴/۲ ٪ خرده سرامیک و ۱۴/۰ ٪ خرده آجر می‌باشد. دانه‌بندی این نوع سنگ‌دانه‌ها مشابه با درشت‌دانه‌های طبیعی می‌باشد. همچنین مشخصات فیزیکی این نوع سنگدانه‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است.

۴-۳- سیمان

سیمان استفاده شده در این مطالعه از نوع پرتلند تیپ ۲، تولید کارخانه آبیک، با توده ویژه‌ی $3/11\ gr/cm^3$ و سطح ویژهٔ $3027\ gr/cm^2$ است. در جدول ۲ مشخصات شیمیایی این سیمان نشان داده شده است.

۴-۴ - الیاف

الیاف فلزی بهمراه دیگر مواد بازیافتی همچون ذرات لاستیک خودرو از یک کارگاه واقع در ساوه تهیه شده و سپس الیاف با قطر ۱ میلی‌متر از سایر مواد زائد تفکیک شده است. یکی از ویژگی‌های مهم الیاف که تاثیر به سزایی در افزایش مقاومت بتن دارد، نسبت ظاهری یا نسبت طول به قطر آن است. معمولا نسبت ظاهری برای الیاف ۳۰ تا ۱۵۰ می‌باشد[۵].به منظور بررسی تاثیر الیاف فولادی بازیافتی بر روی خواص مکانیکی بتن در طرح

www.SID.ir

Archive of SID

اختلاط‌ها از الیاف فولادی با قطر ۱ میلیمتر و با طول بین ۳۰ تا ۷۰ میلیمترکه معادل با نسبت ظاهری ۳۰ تا ۷۰ می‌باشد، استفاده شده است. خصوصیات الیاف فلزی بازیافتی در جدول ۳ نشان داده شده است.

۵- طرح اختلاط

طرح اختلاط استفاده شده در این تحقیق براساس ACI211.1-91 و به روش حجمی و با در نظر گرفتن مقاومت فشاری استوانه‌ای ۳۰ MPa می‌باشد. نتایج طرح اختلاط در جدول۴ آمده است. همچنین در جدول۵ مقادیر مختلف مصالح در واحد حجم بتن برای نمونه‌های مختلف نشان داده شده است. در این تحقیق برای بررسی اثر سنگدانه‌های بازیافتی و الیاف مقدار نسبت آب به سیمان ثابت نگه داشته شده است.درشت‌دانه های بازیافتی و طبیعی قبل از اختلاط به مدت ۲۴ ساعت در آب غوطه ور شده‌اند و فاقد هرگونه مواد نامطلوب می‌باشند. همچنین این سنگدانه‌ها قبل از اختلاط به حالت اشباع با سطح خشک رسیده اند بنابراین سنگدانه‌های بازیافتی مخصوصاً خرده آجر هیچ مقدار از آب محاسبه شده در طرح اختلاط را جذب خود نمی‌کنند. همچنین ریزدانه‌های مصرفی چون در حالت خشک به مخلوط اضافه گردیده مقدار آب مورد نیاز برای رسیدن به حالت اشباع با سطح خشک به آب مورد نیاز برای اختلاط اضافه گردید.

۶- روش‌های آزمایش

بعد از اختلاط مصالح، آزمون روانی بتن توسط دستگاه اسلامپ طبق استاندارد ASTM C143 صورت گرفت. همچنین بعد از بتن‌ریزی و عمل‌آوری به مدت ۲۸ روز، نمونه ها برای تعیین مقاومت‌های فشاری، کششی غیر مستقیم و خمشی مورد آزمایش قرار گرفتند. آزمایش مقاومت فشاری بر روی نمونه‌های مکعبی با ابعاد ۱۵۰×۱۵۰×۱۵۰ میلیمتر و براساس استاندارد BS 1881-116 انجام گرفت. همچنین آزمایش مقاومت کششی غیر مستقیم بر روی نمونه‌های استوانه‌ای با ابعاد ۳۰۰×۱۵۰ میلیمتر طبق استاندارد ASTM C496-96 انجام گرفت. نمونه‌های تیری شکل با ابعاد ۵۰۰×۱۰۰×۱۰۰ میلیمتر تحت آزمون خمشی ۴ نقطه‌ای براساس استاندارد ASTM C1018 انجام گردید.

۷- نتایج وبحث

۷-۱- آزمایش مقاومت فشاری

نتایج آزمون مقاومت فشاری بر روی نمونه‌های مکعبی در شکل ۳ آمده است.با توجه به شکل مذکور مشاهده می‌شود که با افزایش مصالح بازیافتی مقاومت فشاری بتن کاهش می‌یابد. میانگین مقاومت فشاری در نمونه شاهد (بدون الیاف و مصالح بازیافتی)MPa ۳۷/۱ می‌باشد. با جایگزینی ۵۰ ٪ و ۱۰۰ ٪ مصالح بازیافتی با درشت‌دانه‌های طبیعی مقاومت فشاری به ترتیب به MPa ۳۴/۹ و MPa ۳۳/ ۵ می‌رسد . بنابراین مقاومت فشاری در هر دو نمونه نسبت به بتن شاهد بترتیب۹۴/۱٪ و ۹۰/۴ ٪ می‌باشد.ا ین کاهش مقاومت با نتایجآقایان دبایب وکنای مطابقت دارد .طبق گزارش ایشان کاهش مقاومت فشاری بتن در سن ۲۸ روز با جایگزینی درشت‌دانه، ریزدانه و هر دو به ترتیب ۳۵٪ ، ۳۰٪ و ۴۰٪ می‌باشد[۶].این مقدار کاهش مشاهدهشده در مقاومت فشاری به علت مقاومت کم سنگدانه‌های بازیافتی، مخصوصاً سرامیک و آجر نسبت به مصالح طبیعی می‌باشد.مطابق با شکل۳ با افزودن الیاف به میزان ۰/۵٪ در بتن با ۰٪، ۵۰ ٪ و۱۰۰٪ سنگ‌دانه‌های بازیافتی باعث می‌شود که مقاومت فشاری بتن نسبت به حالت بدون الیاف به ترتیب به میزان ۳/۲ ٪ ، ۱۰/۳ ٪ و۳/۹ ٪ افزایش یابد. عامل اصلی بر مقاومت فشاری بتن مقاومت سنگ‌دانه‌ها،خمیر سیمان و اتصال بین این دو ناحیه می‌باشد و افزودن الیاف در صورتی که نمونه‌ها به خوبی متراکم شده باشند تاثیر اندکی بر بهبود مقاومت فشاری دارد.

۷-۲- مقاومت کششی غیر مستقیم

نتایج آزمون مقاومت کششی غیر مستقیم در شکل ۴ آمده است.میانگین مقاومت کششی غیر مستقیم در نمونه شاهدMPa ۳/۲۹ می‌باشد با جایگزینی۵۰ ٪ و۱۰۰٪ از مصالح بازیافتی با درشت‌دانه‌های طبیعی مقاومت کششی غیر مستقیم به ترتیب به MPa ۳/۰۴ و MPa ۲/۸۸ می‌رسد. همانند مقاومت فشاری، افزودن سنگدانه های بازیافتی باعث کاهش مقاومت کششی غیر مستقیم می‌شود. این نتایج با نتایج دیگر محققان مطابقت دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

طبق گزارش وجیح و همکاران کاهش مقاومت کششی بتن با ۵۰ و ۱۰۰ ٪ درشت‌دانه‌های بازیافتی به ترتیب ۱۴٪ و ۲۳٪ می‌باشد[۷].

همانطور که شکل ۴نشان می‌دهد با افزودن الیاف به میزان ۰/۵٪ در بتن با ۰ ٪، ۵۰ ٪ و ۱۰۰ ٪ سنگ‌دانه های بازیافتی باعث می‌شود که مقاومت کششی بتن نسبت به حالت بدون الیاف به ترتیب به میزان ۰/۴ ٪، ۳٪، ۲۸/۶٪ و ۳۰/۲٪ افزایش می‌یابد. افزودن الیاف فلزی به بتن باعث کاهش رشد ترک‌های بزرگ بعلت اتصال ترک‌ها توسط الیاف می‌شود که خود باعث افزایش مقاومت بتن می گردد[۵].

۷-۳- مقاومت خمشی

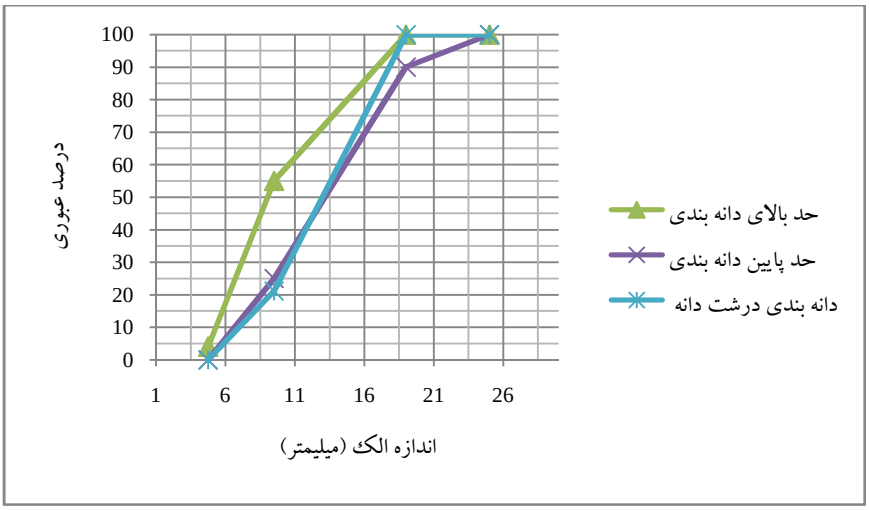
در شکل ۵ میانگین مقاومت خمشی نمونه‌ها با درصدهای مختلف سنگدانه‌های بازیافتی بهمراه ۰٪ و ۰/۵ ٪ الیاف آمده است. میانگین مقاومت خمشی در نمونه شاهد ۳/۰۵ MPa می‌باشد با جایگزینی ۵۰ ٪ و ۱۰۰٪ از درشت‌دانه‌های طبیعی با مصالح بازیافتی مقاومت خمشی به ترتیب به ۳/۴۲ MPa و ۳/۵۱ MPa می‌رسد . بنابراین مقاومت خمشی بتن با ٪۵۰ و ٪۱۰۰ مصالح بازیافتی نسبت به بتن شاهد ٪۱۲۲/۰ و ٪۱۱۵/۰می‌باشد که نشان می‌دهد مقاومت خمشی بتن با درصدهای مختلف سنگدانه‌های بیش‌تر از بتن با سنگدانه‌های طبیعی می‌باشد . عاملی که می‌تواند توجیهی بر این ادعا باشد چسبندگی بهتر مصالح بازیافتی با خمیر سیمان نسبت به مصالح طبیعی می‌باشد.مصالح طبیعی از شن رودخانه‌ای با سطح صاف و گردگوشه می‌باشد اما مصالح بازیافتی مصالحی شکسته شده و تیز گوشه با سطوح ناصاف می‌باشد افزایش چسبندگی بین سنگدانه‌های بازیافتی و خمیر سیمان بعلت تیزگوشگی این سنگدانه‌ها و ملات چسبیده قدیمی سطح سنگ‌دانه‌ها می‌باشد. سطح زبر وناصاف سنگ‌دانه‌ها باعث نفوذ خمیر سیمان به حفرات درشت‌دانه‌های بازیافتی می‌شود و درگیری بهتری بین خمیر سیمان و سنگ‌دانه‌ها بوجود می‌آید[۵].شکل‌های ۶ تا ۸ سطح شکست نمونه‌های بتنی با درصدهای مختلف سنگدانه‌های بازیافتی را نشان می‌دهد. شکل ۶ مربوط به نمونهٔ بتنی با ۰٪ مصالح بازیافتی می‌باشد که نشان می‌دهد در بعضی از قسمت‌ها شکستگی بتن از وسط سنگ‌دانه‌ها و در بعضی از قسمت‌ها از محل اتصال خمیر سیمان وسنگ‌دانه می‌باشد اما با افزایش سنگ‌دانه‌های بازیافتی درصد شکستگی از وسط سنگ‌دانه‌ها افزایش می‌یابد به طوری که در نمونه بتنی با ۱۰۰ ٪ مصالح بازیافتی (شکل ۸) محل شکستگی تماماً از وسط سنگ‌دانه ها عبور کرده است.مطابق با شکل ۵ با افزودن ۰/۵ ٪ الیاف فلزی بازیافتی به نمونه شاهد ، مقاومت خمشی به ۳/۹۱Mpa می‌رسد که این مقدار الیاف باعث بهبود مقاومت خمشی به میزان ۲۸/۲ ٪ می‌شود. همچنین افزودن این مقدار الیاف به نمونه های با ۵۰ ٪ و ۱۰۰ ٪ سنگ‌دانه بازیافتی باعث افزایش مقاومت خمشی به ترتیب به میزان ۱۴/۰ ٪ و ۹/۱ ٪ می‌شود . مقاومت خمشی در نمونه‌های حاوی الیاف به درصد جایگزینی سنگ‌دانه های بازیافتی وابسته نیست به طوری که در نمونه‌های حاوی درصدهای مختلف سنگ‌دانه های بازیافتی مقاومت خمشی تقریباً ۳/۹Mpa می‌باشد.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی سنگ‌دانه‌های طبیعی و بازیافتی

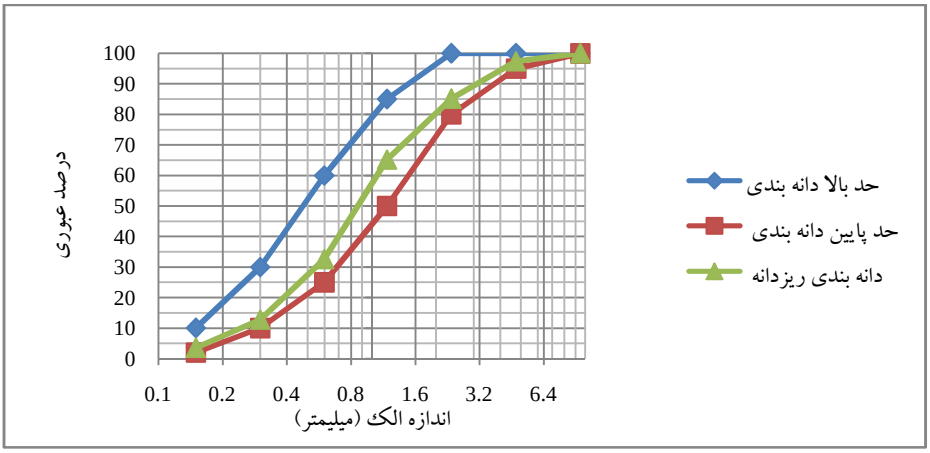
مشخصات سنگ‌دانه‌ها	استاندارد مربوطه	نوع سنگ‌دانه‌ها		
		درشت‌دانه طبیعی	درشت‌دانه بازیافتی	ریزدانه طبیعی
حداکثر اندازه‌ی اسمی (mm)	ASTM C136	۱۹	۱۹	۲/۳۸
وزن مخصوص بالک (Kg/m^3)	ASTM C127	۲۶۱۰	۲۵۸۰	۲۶۰۰
درصد جذب آب در حالت اشباع با سطح خشک	ASTM C127	۱/۲۵	۶/۲۵	۲/۱
مدول نرمی	ASTM C136	–	–	۳/۰۳

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱- منحنی دانه‌بندی درشت‌دانه‌های طبیعی و بازیافتی



شکل۲- منحنی دانه بندی ریزدانه مصرفی

جدول۲- ترکیبات شیمیایی سیمان پرتلند تیپ ۲

SO_3	MgO	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	SiO_2
۲/۳	۳/۴	۳/۹	۵/۴	۶۴	۲۱

جدول ۳- مشخصات الیاف فلزی بازیافتی از لاستیک خودرو

قطر الیاف (mm)	درصد افزایش طول هنگام پارگی	وزن مخصوص (kg/m^3)	مدول الاستیسیته (kg/cm^2)	مقاومت نهایی گسیختگی (kg/cm^2)
۱	۱۰	۷۸۰۰	$۲۱۰^۶$	۱۸۰۰۰-۲۰۰۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۴- طرح اختلاطبکاررفته در تحقیق

مشخصات بتن	مقدار
مقاومت فشاری استوانه ای بتن (kg/cm^2)	۳۰۰
عیار سیمان(kg/m^3)	۳۵۲
w/c	۰/۵۴
مقدار شن مصرفی (kg/m^3)	۹۷۰
مقدار ماسه مصرفی (kg/m^3)	۸۳۱
مقدار الیاف بازیافتی (kg/m^3)	۳۹

جدول۵- مقادیر مختلف مصالح در واحد حجم بتن

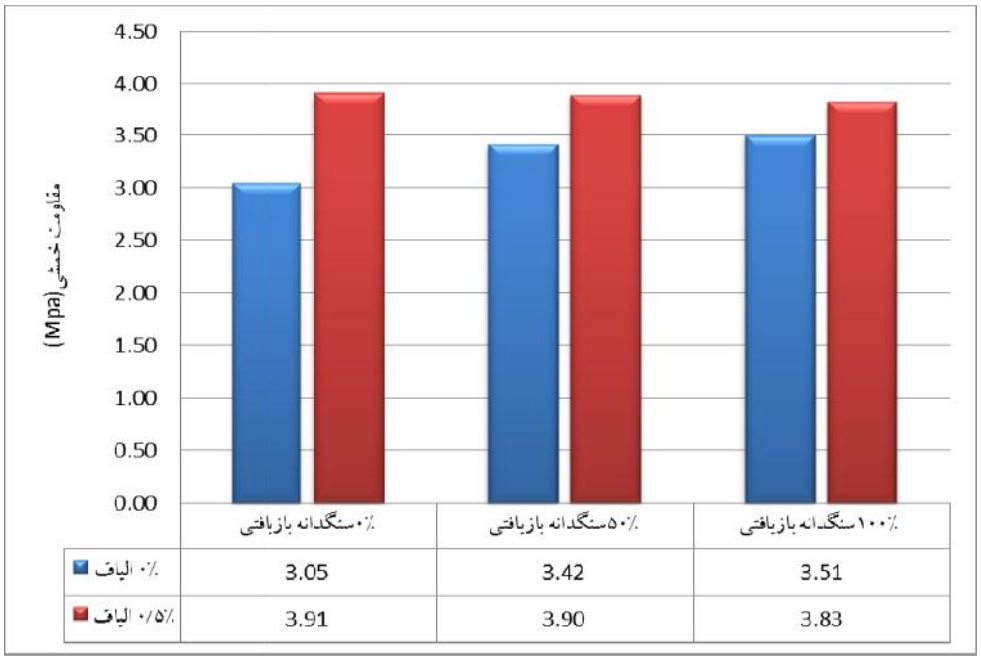
نام طرح اختلاط	سیمان (kg)	ریزدانه (kg)	درشت‌دانه طبیعی (kg)	درشت‌دانه بازیافتی (kg)	آب (lits)	الیاف بازیافتی (kg)
R0F0	۳۵۲	۸۳۱	۹۷۰	۰	۱۹۰	۰
R50F0	۳۵۲	۸۳۱	۴۸۵	۴۸۵	۱۹۰	۰
R100F0	۳۵۲	۸۳۱	۰	۹۷۰	۱۹۰	۰
R0F0/5	۳۵۲	۸۳۱	۹۷۰	۰	۱۹۰	۳۹
R50F0/5	۳۵۲	۸۳۱	۴۸۵	۴۸۵	۱۹۰	۳۹
R100F0/5	۳۵۲	۸۳۱	۰	۹۷۰	۱۹۰	۳۹

شکل ۳- مقاومت فشاری بر حسب درصدهای مختلف سنگدانه بازیافتی و الیاف

www.SID.ir

Archive of SID

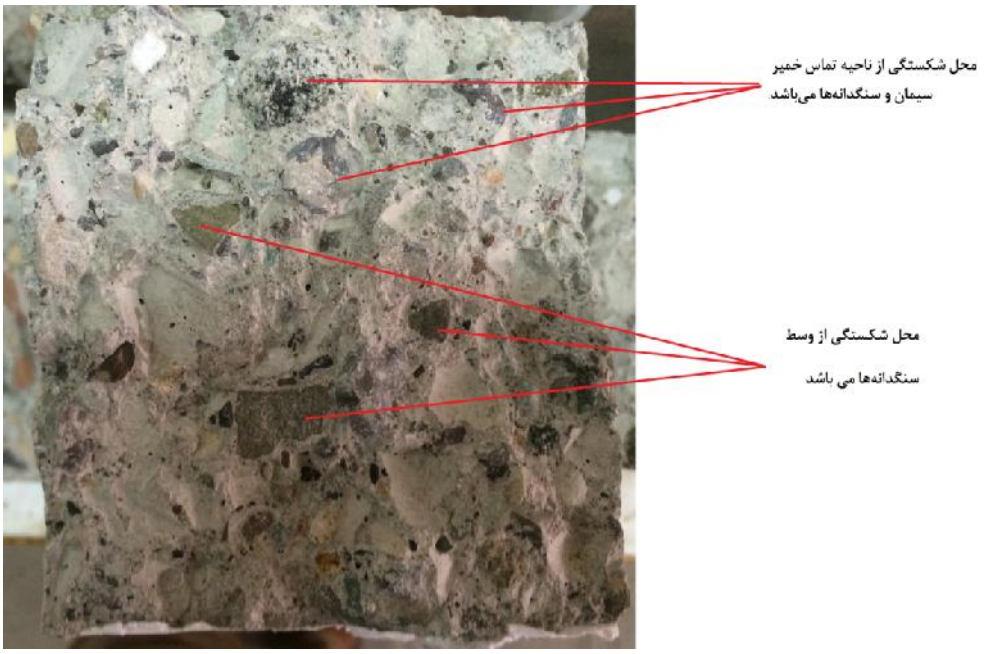
شکل ۴- مقاومت کششی غیر مستقیم بر حسب درصدهای مختلف سنگدانه بازیافتی و الیاف



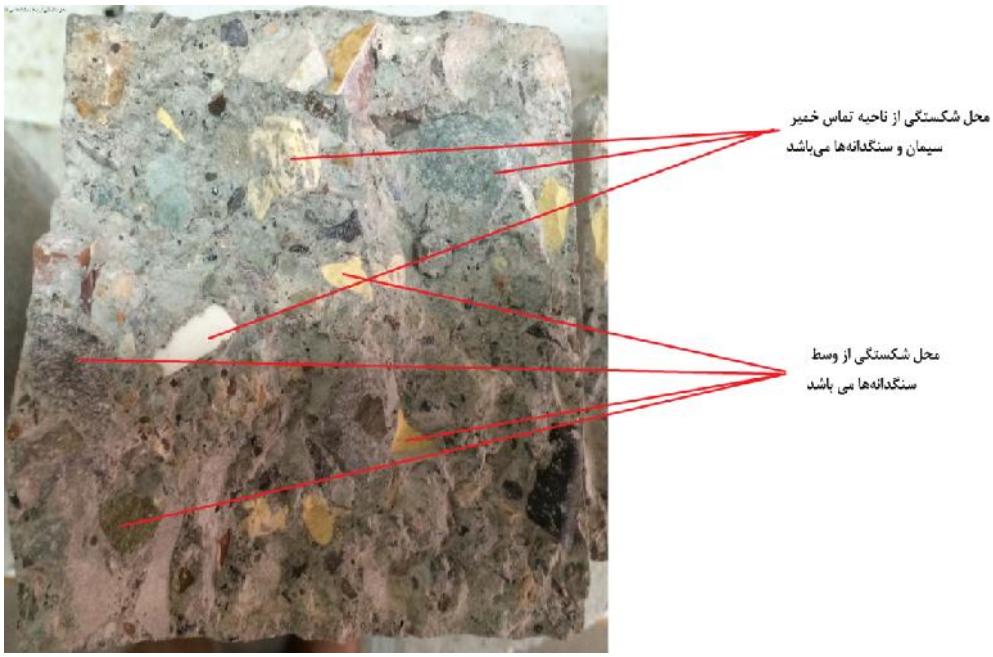
شکل ۵- مقاومت خمشی بر حسب درصدهای مختلف سنگدانه بازیافتی و الیاف

www.SID.ir

Archive of SID



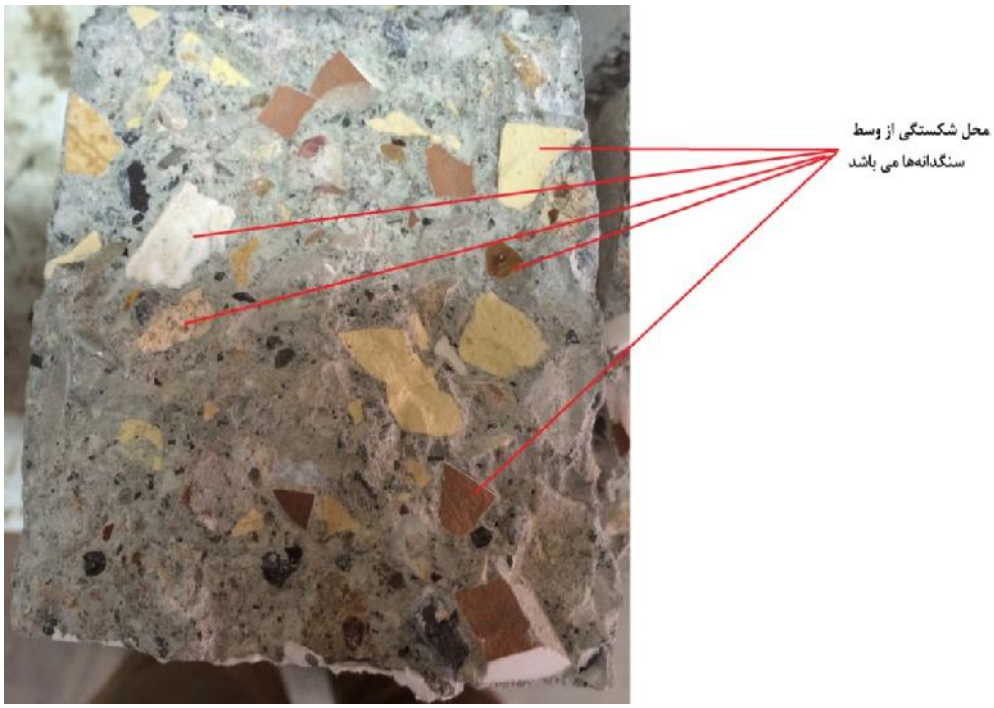
شکل ۶-سطح شکست نمونهٔ بتنی با ٪۰ سنگ‌دانه‌های بازیافتی



شکل ۷- سطح شکست نمونه‌ی بتنی با ۵۰ ٪سنگ‌دانه‌های بازیافتی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸- سطح شکست نمونهٔ بتنی با ۱۰۰٪ سنگ‌دانه‌های بازیافتی

۸- نتیجه گیری

مخلوط‌های حاوی بتن با سنگ‌دانه‌های بازیافتی رفتار متفاوتی در مقاومت‌های فشاری، کششی غیر مستقیم و خمشی از خود نشان می‌دهد به طوری که با افزایش درصد جای‌گزینی مصالح بازیافتی مقاومت‌های فشاری و کششی غیر مستقیم کاهش ، اما مقاومت خمشی افزایش می‌یابد.تغییرات مقاومت بتن با سنگدانه‌های بازیافتی نسبت به سنگ‌دانه‌های طبیعی به میزانی اندکی است واین به علت خلل و فرج و همچنین شکستگی سنگ‌دانه‌های بازیافتی می‌باشد که این خلل و فرج باعث نفوذ خمیر سیمان به درون حفرات شده و درگیری بهتری خمیر سیمان با سنگ‌دانه‌ها به‌وجود می‌آید لذا، کاهش مقاومت این‌گونه سنگ‌دانه‌ها مخصوصاً آجر و سرامیک را جبران می‌کند. افزودن الیاف بازیافتی به میزان ۰/۵ ٪ حجم بتن باعث افزایش خواص مکانیکی بتن می‌شود اما این مقدار افزایش در مقاومت‌های کششی غیرمستقیم و خمشی بسیار بیش‌تر از مقاومت فشاری می‌باشد.به طور کلی می‌توان عنوان کرد که با افزودن الیاف به بتن با سنگ‌دانه‌های بازیافتی کاهش مقاومت بتن به دلیل مقاومت پایین این‌گونه سنگ‌دانه‌ها را می‌توان جبران کرد.

۹- مراجع

[۱]. ماجدی م ح، تابش ح، "مطالعات مقدماتی بازیافت آوارهای ساختمانی (ایستگاه آبعلی)" .مرکز تحقیقات راه مسکن وشهرسازی، ۱۳۸۶.

[۲]. ماجدی م ح، مدنی ه، "مروری بر مدیریت آوارهای ساختمانی"، مرکز تحقیقات راه مسکن وشهرسازی، ۱۳۹۱.

[۳]. صمدیان م، "گزارش بازیافت لاستیک"، وزارت صنایع و معادن، معاونت امور تولید، ۱۳۸۵.

[4].M.N. James, W. Choi, T. Abu-Lebdeh, "use of recycledaggregate and fly ash in concrete pavement", American Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol. 2 , No. 4, pp.201-208, 2011.

[5].C.A. Carneiro, P.R.L. Lima, M.B. Leite, R.D.T. Filho, “Compressive stress–strain behavior of steel fiber reinforced-recycled aggregate concrete”, Cement and Concrete Composites, Vol. 46, pp. 886-893, 2008. 2014.

[6].F. Debieb, S. Kenai, “The use of coarse and fine crushed bricks as aggregate in concrete”, Counstruction and Building Material, Vol. 22, pp. 886-893, 2008.

[7].A.M. Wagih, H.Z. El-Karmoty, M. Ebid, S.H. Okba, “Recycled construction and demolition concrete waste as aggregate for structural concrete”, Housing and Building National

www.SID.ir

Archive of SID

Research Center, Vol. 9, pp. 193-200, 2013.

[8].J. Xiao, J. Li, J. Sun, X. Hao, “Study on compressive strength of recycled aggregate concrete”, Journal of Tongji University, pp. 1558–61, 2004.

[9]. W.C. Choi, H.D. Yun, “Compressive behavior of reinforced concrete columns with recycled aggregate under uniaxial loading”, Engineering Structure, Vol. 41, pp. 285–293, 2012.

[10].M.L.V. Prasad, R. Kumar, “Mechanical Propertis of fiber Reinforced Concretes Produced from Building Demolished Waste”, Environmental Researh And Development, Vol. 2 No. 2, pp.180-187,2007.

[11].V. Vytlacilova, “Behaviour of the Sustainable Fiber Reinforced Concrete with Recycled Aggregate after Loading”, Mathematical Methods and Techniques in Engineering and Environmental Science, Vol. 2 No. 2, pp.299-304, 2010.

[12]. G.D. Awchat, N.M. Kanhe, “Experimental Studies on Polymer Modified Steel Fibre Reinforced Recycled AggregateConcrete”, International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management, Vol. 2, pp. 126-134, 2013.

[۱۳].صـــدرممتازی ع، طهمـــورثی م ه، نصـــرتی ح، "ارزیـــابی خصوصیات بتن الیـافی حـاوی سـنگ‌دانـه‌هـای بازیـافتی بتنـی بـا استفاده از روش‌های غیر مخرب"، مجله تحقیقات بتن، سال ششم ،شماره اول،۱۳۹۳.

[14]. K. Jagannadha Rao, T. Ahmed Khan, “Suitabiltiy of Glass Fibers in High Strenght Recycled Aggregate Concrete-an Experimental Investigation”, Civil Engineering(Building and Housing), Vol .10, No.6, pp .681-689, 2009.

www.SID.ir

Archive of SID

Role of Recycled Steel Fibers from Tires on Concrete Containing Recycled Aggregate from Building Waste

M. Ahmadi
M.S. Department of Civil Engineering and environment, University Of TarbiatModares
A. Hassani*
Professor, Department of Civil Engineering environment, University Of TarbiatModares
M. Soleymani
Assistant Professor, Institute of Transportation, Ministry of Roads and Urban Development

Abstract

With limited material resources and fragile environment, the need to recycle materials is inevitable. Waste from construction and demolition has good potential for recycling. These materials are usually abandoned or buried in the ground without being efficiently used. Retrieve them, while solving environmental problems will also be conservation for limited natural resources. Construction waste can be separated after crushing, screening, and grading and then can be used as aggregate in concrete construction. In the recycling industry, what will be remained after recycling old tires are rubber powder and steel wires. Therefore, the use of steel wire in the concrete in addition to solving environmental problems, improve the mechanical properties of concrete too.In this study the role of recycled steel fibers in concrete containing recycled aggregates have been investigated.Rates of replacement of this type of aggregate with coarse natural aggregate are: 0%, 50% and 100%. The amount of fibers used in the mix design is 0.5%of concrete volume. The results showed that the addition of steel fibers in concrete with recycled aggregate, low resistance can be recovered.

Keywords: construction waste, concrete, recycled steel fiber.

*Corresponding author: Hassani@modaresa.ac.ir

www.SID.ir