Archive

تاثیر سنگ دانه های بازیافتی بر مقاومت فشاری و کششی بتن

محمد علی دشتی رحمت ابادی[۱]، فاطمه ملک زاده بافقی [۲]

۱- استادیار گروه عمران، واحد یزد، دانشگاه ازاد اسلامی، یزد، ایران

۲- دانشجوی دکتری مدیریت پروژه و ساخت دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد

Dashti@iauyazd.ac.ir

چکیده

در سالهای اخیر همزمان با افزایش نرخ ساخت و ساز و همچنین تخریب سازه های قدیمی، معضلات زیست محیطی مختلفی پدیدار شده است .از جمله این معضلات میتوان به کمبود منابع طبیعی مانند سنگدانه و کمبود مراکز دفن اشاره کرد .راه حلی که محققین و دوست داران محیط زیست اخیراً پیشنهاد کرده اند، بازیافت نخاله های حاصل از تخریب و استفاده مجدد از آن به عنوان مصالح سنگدانه ای در تولید بتن است.آزمایشات نشان می دهد سنگدانه های بازیافتی بتنی به مراتب کیفیت کمتری نسبت به سنگدانه های طبیعی دارند .لذا عموماً انتظار میرود بتن ساخته شده با سنگدانه بازیافتی بتنی(بتن بازیافتی)دارای خواص مهندسی ضعیف تری نسبت به بتن معمولی باشد.هر چند که این موضوع به شدت تحت تأثیر کیفیت و کمیت سنگدانه بازیافتی مصرفی در بتن است .ازین رو در این مقاله باتوجه به اهمیت موضوع، سعی شده با مرور و بررسی مطالعات پیشین، تأثیر سنگدانه های بازیافتی بر روی مقاومت بتن بررسی و نتایج حاصله ارائه گردد.

کلمات کلیدی: بتن بازیافتی، مقاومت فشاری بتن، مقاومت کششی بتن، سنگدانه مصنوعی در بتن

۱- مقدمه

رشد جمعیت، توسعه شهرنشینی و بهبودهای اقتصادی، نیاز به مسکن های جدیاد و تخریب سازه های قدیمی را به دنبال داشته است. به دلیل رخداد این نوع تخریب های بزرگ مقیاس، مقادیر بسیار زیادی نخاله های ساخت و تخریب[۱] سالانه در سراسر دنیا تولید میشود که منجربه پدید آمدن معضلات زیست محیطی متعددی مانند کمبود محله ای دفن نخاله شده است. در اتحادیه اروپا مقادیر نخاله های ساخت و تخریب در سال ۲۰۰۹ نزدیک به ۸۵۰ میلیون تن برآورد شده است که این مقدار حدوداً ۳۱٪ از کل زباله تولیدی در این قاره را بخود اختصاص داده است[۱۳-۱۱] . نخالهای ساختمانی شامل مصالح اولیه مصرف شده در صنعت مهندسی عمران می شوند. از جمله این مصالح می توان به قطعات بتنی تخریب شده، آرماتور، آجر و بلوکهای فشاری، شیشه، گچ، چوب... اشاره نمود.

به همین دلیل پژوهشگران، دولتمردان و نهادهای بین المللی حفاظت از محیط زیست همواره به دنبال یافتن راهکارهایی مناسب به منظور رفع معضالات پدیدآمده هستند. در این بین، یکی از مؤثرترین اقداماتی که درخصوص رفع معضل نخاله های ساخت و تخریب و همچنین افزایش تاوان عرضه مصالح سنگدانهای پیشنهاد و اجرا شده است ،راهکار بازیافت نخاله های

[۱] Construction and Demolition Waste (C&D)

www.SID.ir

Archive

ساخت و تخریب و استفاده مجدد از آن به عنوان مصالح سنگدانهای در تولید بتن است. استفاده از سنگدانه های بازیافتی در تولید بتن میتواند در رفع بحران کمبود منابع سنگدانهای و همچنین افزایش میزان عرضه آن نقش مهمی داشته باشد[۱۰-۴]. مطابق باطبقه بندی BS8500 [۷] سنگدانه های بازیافتی حاصل از خردایش نخاله های ساخت و تخریب به دو گروه تقسیم بندی می شوند؛ گروه اول شامل سنگدانه هایی هستند که حداقل از ۹۵٪ نخاله بتنی تشکیل شده باشند که به "سنگدانه بازیافتی بتنی[۱]" (RCA)شناخته می شوند. گروه دوم نیز تماماً از نخاله های بنایی شامل نخاله بتنی، قطعات دیوار بنایی، شیشه، آجر و ....(تشکیل شده اند که به "سنگدانه بازیافتی[۲]" (RC)شناخته می شوند. اما عملاً سنگدانه های بازیافتی بتنی به دلیل کیفیت به مراتب بهتر نسبت به سایر انواع سنگدانه های بازیافتی، کاربرد بیشتری در تولید بتن دارند[۱۵]. به طورکلی سنگدانه بازیافتی بتنی از دو قسمت اصلی تشکیل شده است: الف)سنگدانه (های) طبیعی اولیه و ب)ملات سیمان هیدراته ی چسبیده به سطح سنگدانه (های) طبیعی اولیه [۳۱-۲۳].تحقیقات اخیر نشان داده است که به دلیل کیفیت کمتر سنگدانه های بازیافتی بتنی نسبت به سنگدانه های طبیعی، بتن ساخته شده با سنگدانه بازیافتی بتنی (بتن بازیافتی[۳]) مقاومت مکانیکی و دوام کمتری نسبت به بتن معمولی دارد [۱۱ ، ۴، ۱۵، ۹-۵]. در این خصوص ملات سیمان و نوع بتن مادر منشأ خواص نامطلوب سنگدانه بازیافتی شامل چگالی پایین، جذب آب بالا و عملکرد مکانیکی و دوامی ضعیف می باشند که این خواص به طور محسوسی بر خواص بتن تأثیرگذارند. در اغلب موارد مشخصات بتن اولیهٔ[۴] (یا بتن مادر)در دسترس نیست[۴]. از سوی دیگر، سنگدانه های بازیافتی بتنی معمولا بسیار غیریکنواخت، متخلخل و آمیخته با مقدار زیادی ناخالصی هستند که کاربرد سنگدانه های بازیافتی بتنی در صنعت ساخت و ساز را با چالش های متعددی همراه می کند. لذا مدل کردن و پیش بینی نتایج مشخصه های سازه ساخته شده با سنگدانه بازیافتی مشکل است؛ اگرچه شناخت بهتر مشخصات سنگدانه های بازیافتی اطمینان لازم را برای استفاده از آنها در ساخت و سازهای جدید افزایش می دهد. در این مقاله باتوجه به اهمیت موضوع، تأثیر سنگدانه های بازیافتی بر مقاومت فشاری و کششی بتن سنجیده شده است.

۲- بازیافت بتن

بتن از جمله پرمصرف‌ترین مصالح ساختمانی در دنیا شناخته شده است. با گسترش استفاده از بتن ویژگی‌هایی همچون دوام، کیفیت، تراکم و بهینه‌سازی آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌شوند. بتن خودتراکم بتنی بسیار سیال، روان و مخلوطی همگن است که بسیاری از مشکلات بتن معمولی نظیر جداشدگی، آب اندازی، جذب آب، نفوذپذیری و ... را مرتفع نموده و علاوه بر آن بدون هیچ لرزاننده داخلی یا ویبره بدنه قالب، تحت اثر وزن خود متراکم می‌شود. توانایی پرکردن و پایداری این نوع بتن را در حالت تازه می‌توان با چهار مشخصه کلیدی توانایی جریان یافتن، لزجت، توانایی گذر و مقاومت در برابر توده شدن تعریف کرد.

از طرف دیگر از آن جا که مساله از بین بردن ضایعات یک مساله زیست محیطی مهم است و نظر به اینکه مقادیر بتن قدیمی زیادی اغلب در مناطق شهری وجود دارد در بسیاری از کشورهای پیشرفته و آگاه از محیط زیست به بازیافت این مواد توجه زیادی شده است تا با از بین بردن بتن ضایعاتی، ماسه‌های بازیافتی را فراهم و در ساخت و ساز از آن بهره گیرند. کمبود منابع طبیعی در محیط‌های شهری و افزایش فاصله‌ی بین منابع طبیعی و مناطق ساخت و ساز، سازندگان را وادار ساخته است

[۱] Recycled concrete aggregate

[۲] Recycled aggregate

[۳] Recycled aggregate concrete

[۴] Parent concrete

www.SID.ir

که استفاده از مواد بازیافتی را مدنظر قرار دهند[۱۳].

امروزه استفاده از مواد بازیافتی در راستای کاهش هزینه‌های جاری و همچنین کاهش یا حذف مشکلات زیست محیطی به یکی از مباحث مورد علاقه اکثر محققین تبدیل شده است.تحقیقات درباره زمینه استفاده دوباره از بتن تخریب شده و مصالح ساختمانی، به عنوان سنگدانه‌هایی برای بتن جدید، به پایان جنگ جهانی دوم باز می‌گردد [۲۴]. از حدود۲۰ سال پیش، بتن حاصل از تخریب شاهراه‌ها و ساختمان‌های بتن‌آرمه در آمریکا و اروپا وارد صنعت بازیافت شده است. بتن بیشترین حجم را در میان زباله‌های ساختمانی دارد. در آمریکا ۶۷ درصد کل زباله‌های ساختمانی را بتن تشکیل می‌دهد [۱۸]. در جوامع اقتصادی اروپا سالانه حدود ۵۰ میلیون تن بتن تخریب می‌شود. حدود ۱۱ میلیون تن بتن در انگلستان و حدود ۶۰ میلیون تن بتن در آمریکا سالانه به محل انباشت نخاله‌های ساختمانی حمل می‌شود. در عین حال، در هر سال در آمریکا می‌توان حدود۱۰ تا ۱۲ میلیون تن بتن را به نحوی مورد استفاده مجدد قرار داد [۱۹].

بتن‌های تخریبی یکی از بزرگ‌ترین منابع تولید سنگدانه برای بتن‌های جدید می‌باشد و بر روی سنگدانه‌های بازیافتی به‌صورت ماسه زیاد تحقیق نشده است زیرا همه بر این باورند که به خاطر جذب آب بالای این نوع سنگدانه‌های بازیافتی ماسه‌ای چگالی کمتری نسبت به سنگدانه‌های معمولی دارد. بتن‌های ساخته شده از سنگدانه‌های بازیافتی مقاومت فشاری و کششی و خمشی به ترتیب ۱۷٪ و ۵/۲ ٪ کمتر نسبت به بتن معمولی و جذب آب بیشتری دارند.پسماندهای ساختمانی شامل چهار بخش پسماندهای ناشی از ساخت؛ تخریب ساختمان‌ها؛ تعمیر و سوانح و بلایایی مانند زلزله، انفجار و... می‌باشد. از آنجا که دانسیته کل نخاله‌های ساختمانی نسبتاً کم است و همچنین هزینه جابجایی و دفن آن بسیار بالاست از این رو بازیافت در عمل به‌عنوان گزینه مطلوب مطرح می‌باشد. با توجه به اینکه یکی از راه‌های اصلی در جهت کاهش اثرات مخرب زیست محیطی ناشی از دفن بتن فرسوده، استفاده مجدد از آن می‌باشد، لذا موضوع بازیافت بتن از نظر زیست محیطی نیز مهم و ضروری شده است. [۲۰]

از منظر ویژگی‌هایی که بین اجزا سنگدانه های بتن بازیافتی با بتن معمولی وجود دارد می توان به تفاوت بین سنگدانه ها و مقاومت آن‌ها توجه کرد. سنگدانه های بازیافتی بتن را معمولاً می‌توان هم به‌عنوان جایگزین بخشی از ریزدانه یا درشت‌دانه و هم جایگزین کل ریزدانه یا درشت‌دانه یا هر دو کرد. سنگدانه‌های ناشی از بازیابی بتن عمدتاً جذب آب بالاتر و مقاومت کمتری نسبت به سنگ دانه‌های طبیعی دارند چرا که مقاومت ملات چسبیده از مقاومت سنگدانه کمتر می‌باشد از طرفی ملات موجود در روی سنگ دانه‌های بازیافتی به سبب تخلخل بیشتر نسبت به سنگ دانه، دارای جذب آب بیشتری می‌باشد. [۲۱]

از نظر شکل، چگالی، جذب آب، دوام و مقاومت مهم‌ترین تفاوت بین سنگدانه‌های بازیافتی و طبیعی به شرح زیراست:

الف) شکل ذره و بافت سطحی: سنگدانه بازیافتی دارای شکل بی‌قاعده‌تری نسبت به سنگدانه معمولی است و بافت ریزتری دارد.

ب) چگالی: چگالی سنگدانه بازیافتی معمولاً پایین‌تر از سنگدانه طبیعی است زیرا در اطراف سنگدانه بازیافتی مقادیری ملات چسبیده و یا اینکه با مصالحی مانند آجر مخلوط هستند.

پ) جذب آب: مهم‌ترین تفاوت ویژگی‌های سنگدانه بازیافتی در مقایسه با سنگدانه طبیعی در خاصیت جذب آب بیشتر آن است. جذب آب سنگدانه بتن بازیافتی بین ۵,۳ تا ۸,۳ درصد تعیین شده است در حالی‌که جذب آب سنگدانه طبیعی بین ۱,۵ تا ۳,۵ درصد است.

ت) دوام: سنگدانه بازیافتی در مقایسه با سنگدانه‌های طبیعی مقاومت کمتری در برابر چرخه‌های یخ زدگی و آب شدن دارند. این موضوع در مورد بتن ساخته شده با آن‌ها نیز صادق است.

مصرف مصالح بازیافتی به عنوان سنگ دانه های بتن در سه طیف قابل استفاده است:

۱. بتن‌های سازه‌ای با استفاده از بازیافت بتن‌های تخریبی و سنگهای ساختمانی

www.SID.ir

Archive

۲. بتن‌های پر کننده با استفاده از نخاله‌های ساختمانی ناشی از بازیافت بخش‌های غیر بتنی و با مقاومت کمتر مانند دیوارهای سفالی، گچ ها، بلوک‌ها و...
۳. بتن‌های مصرفی جهت تولید بتن‌های سبک با استفاده از مواد بازیافتی از مصالح سبک بازیافتی مانند یونولیت ها، دیوارهای آجری و گچی، مصالح چوبی و [۲۲]

با وجود شباهت‌های زیاد در خواص دانه‌های طبیعی و بازیافتی، برخی از خواص دانه‌های بازیافتی متفاوت با نوع طبیعی آن است که برخی از آن‌ها به‌صورت زیر می‌باشد:

۱. از آنجا که دانه‌ها از شکستن بتن اولیه حاصل می‌شوند، لذا معمولاً این قبیل دانه‌ها زبر و زاویه‌دار می باشند.[۱۰]
۲. سنگ دانه‌ها به ملات و خمیر سیمان متصل است.
۳. مقدار این ملات، بسته به نحوه شکست وخواص بتن اولیه بین ۳۶ تا ۶۰٪ متغیر است.
۴. به دلیل اتصال ملات در سطح دانه‌ها، این قبیل دانه ها نسبت به دانه‌های طبیعی دارای وزن حجمی کمتری می‌باشند. دانه‌های بازیافتی دارای ظرفیت چسبندگی کم هستند.
۵. مقاومت سایشی کم از مشخصات دانه‌های بازیافتی است.
۶. وجود مواد مضر احتمالی به‌همراه دانه‌های بازیافتی از قبیل خاک رس، گچ، آجر، چوب، شیشه و فلز، از نکات منفی برای این قبیل دانه‌ها محسوب می‌شود.
۷. سنگ دانه‌های بازیافتی مستقیماً متناسب با کیفیت بتن اولیه است.
۸. وجود ملات در سطح دانه‌ها باعث جذب آب بیشتر می‌شود.

چنانچه در مواقع بازسازی پس از سانحه به جای دفن نخاله های ساختمانی، سایت هایی برای بازیافت در نظر گرفته شود و در صورت استقرار بهینه محل‌های قرار گیری آن ها صرفه جویی عظیمی در مصرف سوخت، استفاده از سنگدانه های بکر و کاهش مسافت طی شده برای انتقال مصالح از یک طرف و حفظ محیط زیست و کاهش آلودگی های محیطی به دست خواهد آمد. [۲۲]

۲-۱- فرآیند بازیافت

روش‌های مختلفی برای بازیافت بتن وجود دارد. رایج‌ترین روش بازیافت بتن خرد کردن آن توسط ساینده ها و خرد کننده‌های مکانیکی است.

همانطور که در تصویر۱-۱ مشخص شده، در نتیجه فرایند بازیافت، سنگدانه ها با دانه‌بندی‌های متفاوت درشت و ریز حاصل می شود که به تبع تفاوت فرایند تولید هر رده دانه‌بندی، قیمت‌های واحد متفاوتی دارند. هر یک از این سنگدانه‌ها می‌توانند قابلیت کاربری خاصی داشته باشند. .[۱۶]

۲-۲- درشت دانه بازیافتی و ریز دانه بازیافتی

رایج‌ترین استفاده از درشت دانه های بازیافتی مصارف آن برای ایجاد لایه‌های اساس و زیراساس راه‌سازی‌هاست. مقاومت بالای این سنگدانه‌ها، کم کردن ضخامت لایه‌های اساس و زیراساس و به طبع کاهش ضخامت کلی لایه رو سازی را در پی دارد. وجود سیمان در این سنگدانه ها باعث ایجاد پیوستگی بیشتر بین سنگدانه ها می شود که مقاومت بالای آن‌ها را در پی خواهد داشت. .[۲۲]

با تکیه بر گزارشات سازمان ملی بتن آماده آمریکا[۶] از سنگدانه های بازیافتی نمی توان برای تولید بتن سازه‌ای استفاده کرد. البته جایگزین کردن ۱۰٪ از سنگدانه های بازیافتی به جای سنگدانه‌های معمولی بلا مانع اعلام شده است. این در حالی است

www.SID.ir

که در کشور های انگلستان و آلمان، با توجه به زمینه‌های موجود، استفاده از درشت دانه های بازیافتی برای تولید بتن سازهای به ترتیب تا ۲۰٪ و تا ۴۵٪ مجاز اعلام شده است.[۱۴]

سنگدانه های درشت بازیافتی به دلیل خاصیت جذب آب بالای زیاد نیاز به آب بیشتری در فرایند تولید بتن دارند. بدیهی است که با افزایش نسبت مقاومت فشاری بتن کاهش می‌یابد. دربرخی موارد نیز استفاده از این سنگدانه ها افزایش مصرف سیمان برای تولید بتن را نیز در پی داشته است.[۳۲]

سنگدانه های ریز بازیافتی می‌توانند در بتن به‌جای ماسه استفاده شوند. اگرچه استفاده از این سنگ‌دانه‌ها، به علت جذب بالای آب بر روی دوام، مقاومت و انقباض بتن تأثیرگذار است. استفاده از این سنگ‌دانه‌ها برای محیط‌های مرطوب نظیر مناطق ساحلی و مناطق نزدیک رودخانه‌ها بسیار مناسب است. خاصیت جذب آب بالای آن‌ها استفاده از این نوع بتن را در سطوح پایینی سازه‌ها مانند پی و شناژ ها توجیه‌پذیر می‌کند. [۸]

۳- تاثیر سنگدانه های بازیافتی بر مقاومت کششی بتن

نمونه هایی با جایگزینی ۲۵، ۳۰ و ۵۵ درصد سنگدانه های بازیافتی را مورد آزمایش قراردادند و نتایج نشان داد که مقاومت کششی حدود ۱۰ درصد نسبت به بتن معمولی کاهش یافته است[۱۹]

نمونه هایی با جایگزینی ۳۰،۵۰،۷۰ و ۱۰۰ درصد سنگدانه های بازیافتی بتنی را مورد آزمایش قراردادند و گزارش کردند که مقاومت کششی در بتن با سنگدانههای بازیافتی بتنی بین ۱۲ تا ۳۸ درصد نسبت به بتن معمولی کاهش یافته است[۳۰]

کاهش ۱۰ تا ۱۵ درصدی مقاومت کششی بتن با سنگدانه های بازیافتی برای نمونه های با سنگدانه بازیافتی با درصد جایگزینی ۵۰ و ۱۰۰ را گزارش کردند [۲۹]

با آزمایش نمونه هایی با جایگزینی ۳۰،۵۰ و ۱۰۰ درصد سنگدانه های بازیافتی نتایج مشاهده کردند که مقاومتت کششی با جایگزینی سنگدانه های بازیافتی حدود ۱۵ درصد نسبت به بتن معمولی افزایش یافته است.[۱۸]

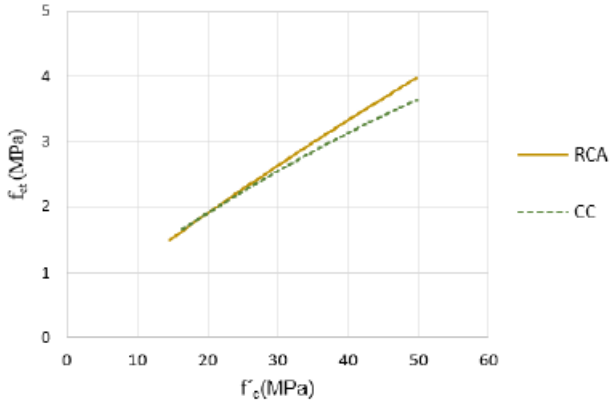
نمونه هایی با جایگزینی ۵۰ و ۱۰۰ درصد سنگدانه های بازیافتی را آزمایش کردند و نتایج نشان داد که مقاومت کششی در بتن با سنگدانه های بازیافتی در یک سال بیشتر از بتن معمولی بوده است و در ۵ سال مقاومت کششی در بتن با سنگدانه های بازیافتی بیشترین مقدار خود را داشته و حدود ۱۶تا۴۵ درصد نسبت به بتن معمولی افزایش یافته است[۲۰]

با جایگزینی ۱۰۰ درصد سنگدانه های بازیافتی بتنی نشان دادند که مقاومت کششی در بتن با سنگدانه های بازیافتی بتنی نشان دادند که مقاومت کششی در بتن با سنگدانه های بازیافتی نسبت به بتن معمولی حدود ۱۰ درصد بالاتر بوده است. [۶]

در پژوهشی که در سال ۹۸ ۱۳ توسط شقایق افشار و همکاران صورت گرفت با تحلیل های آماری انجام شده بر روی بانگ داده های مقاومت کششی بتن معمولی و بتن با سنگدانه های بازیافتی ، بهنترین خط برازش شده برای هر داده با استفاده از نرم افزار Minitab17.1.0 رسم شده است.(شکل ۱). شکل ۱ نشان می دهد که شیب خط بتن با سنگدانه های بازیافتی تا مقاومت فشاری حدود ۳۰ مگاپاسکال حدودا برابر با خط بتن معمولی است و برای مقاومت فشاری ۳۰ تا ۵۰ مگا پاسکال شیب بتن با سنگدانه های بازیافتی کمی بیش از بتن معمولی است. این بدان معناست که در مقاومت های فشاری یکسان(بیشتر از ۳۰ مگاپاسکال) بتن با سنگداانه های بازیافتی مقاومت کششی بیشتری نسبت به بتن معمولی دارد.

www.SID.ir

Archive



شکل ۱. مقایسه خط برازش شده مقاومت کششی بتن معمولی و بتن با سنگدانه های بازیافتی(شقایق افشار و همکاران)

نتیجه می گیرن که در بهترین خط برازش شده برای داده های مقاومت کششی، شیب نمودار بتن با سنگدانه های بازیافتی در ازای مقاومت فشاری یکسان نسبت به بتن معمولی بیشتر می باشد که این بدان مهناست که بتن با سنگدانه های بازیافتی مقاومت کششی بیشتری دارد.

و روابط زیر برای مقاومت کششی، مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته بتن با سنگدانه های بازیافتی پیشنهاد گردید.

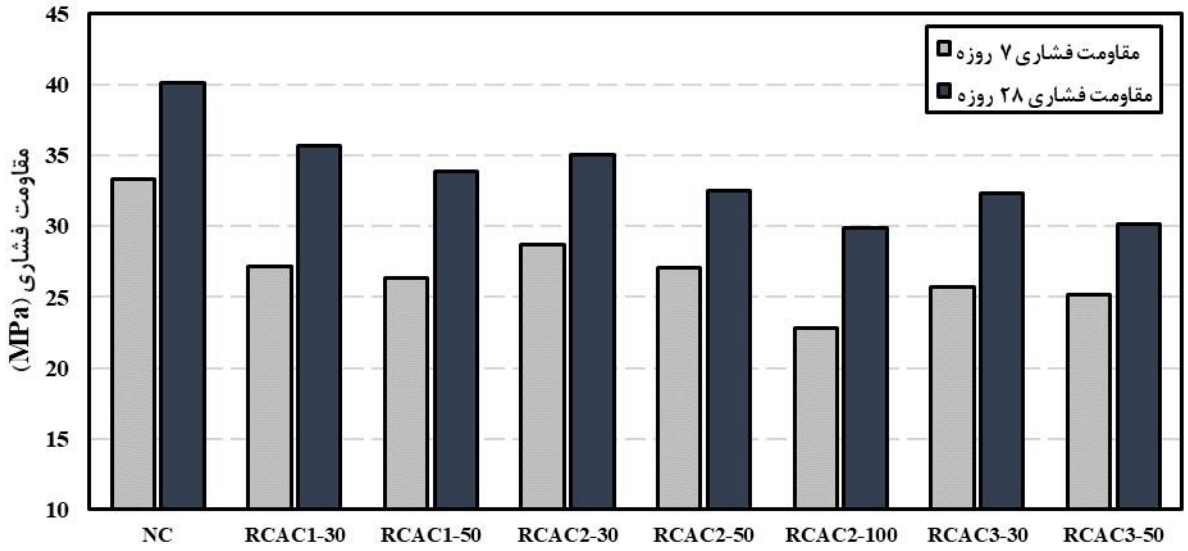
$$f_{ct} = 0.20\ f_c^{0\ 0.75}$$
$$f_r = 1.67\ f_c^{0\ 0.27}$$
$$E_C = 11.2\ f_c^{0.25}$$

۴- تاثیر سنگدانه های بازیافتی بر مقاومت فشاری بتن

در پژوهشی میلاد عقیلی لطف و همکاران دریافتند که با افزایش نسبت جایگزینی شن طبیعی با هریک از شن های بازیافتی بتنی، رفتار طرح های بتنی در آزمایشهای جذب آب ،مقاومت فشاری و دوام در برابر پوسته شدگی تغییر میکند. با افزایش این نسبت، درصد جذب آب طرحهای بتنی افزایش میابد. این پارامتر به عنوان یک فاکتور دوامی، برروی عملکرد دوامی طرحهای بتن بازیافتی تأثیر منفی می گذارد .همچنین مقاومات فشاری در هر دو سن ۷ و ۲۸ روزه برای طرحهای بتنی با افزایش نسبت جایگزینی کاهش میابد. به طوری که در طرح های دارای شن RCA، مشاهده شد که طرح ۲RCAC-۱۰۰ به ترتیب ۲۶، ۱۹ و ۱۲٪ مقاومات فشاری ۲۸ روزه کمتری نسبت به طرح های NC،RCAC2-30 و ۲RCAC-۵۰ دارد (شکل ۲) [۲] .

www.SID.ir

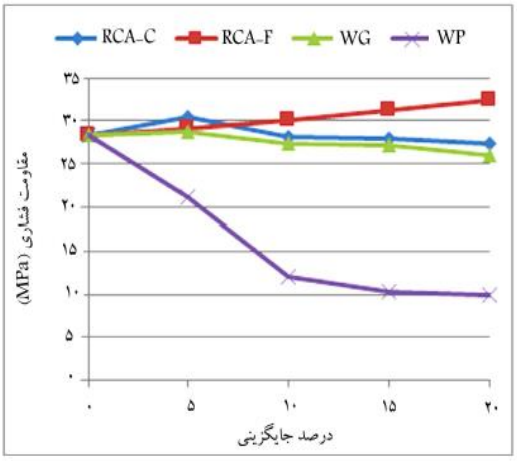
Archive



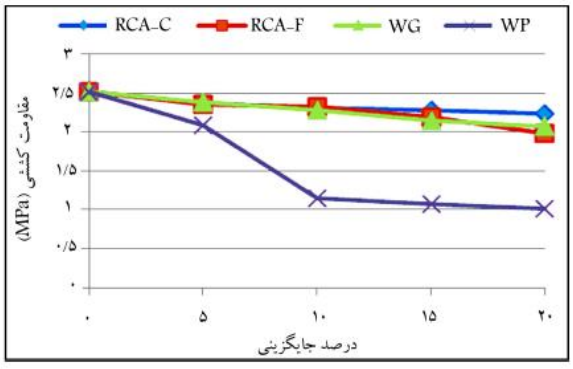
شکل ۲- نتایج حاصل از انجام آزمایش تعیین مقاومت فشاری در سنهای ۷ و ۲۸ روزه) MPa [۲]

در پژوهش دیگری که توسط محمود نیلی و همکاران صورت گرفت از دانه های سنگی حاصل از تخریب بتن، شیشه و پلاستیک زائد به عنوان جایگزین بخشی از سنگدانه های بتن استفاده شده است. هدف از انجام آزمایش ها، شناخت بهتر بتن های حاوی مواد زائد به منظور دفن مواد زائد در بتن جهت حفظ محیط زیست، کاهش مصرف دانه های سنگی طبیعی در بتن، کاهش مصرف انرژی و شناخت عملکرد بتن های بازیافتی بوده است. به طوری که بازیافت مصالح زائد علاوه بر کاهش هزینه های دفن آنها، ما را در داشتن محیط زیستی پاک کمک می کند. نتایج به دست آمده ی پژوهش به این قرار است:

- مقاومت فشاری بتن های حاوی سنگ دانه ی بازیافتی و یا شیشه، کاهش جزئی در مقایسه با بتن های مرجع داشتند. دلیل اصلی این امر، مقاومت نسبی مناسب شیشه و سنگ دانه های بازیافتی است ، که در رقابت با سنگ دانه های طبیعی، عملکرد نسبتا مشابهی دارند. در حالی که به کارگیری پلاستیک به دلیل شکل ورقه یی آنها و ضعف در مقاومت پیوستگی باعث افت شدید در مقاومت فشاری شده است (شکل۳).
- مقاومت کششی و خمشی در تمام بتن های حاوی مصالح جایگزین، با کاهش همراه بوده است، که این موضوع در پلاستیک شدیدتر از سایر مصالح بوده است [۳] (شکل۴).



شکل ۳. تاثیر درصد مواد جایگزین بر مقاومت فشاری [۳]



شکل ۴.اثر مواد زائد شیشه، پلاستیک و بتن تخریبی جایگزین شده با دانه های سنگی در مقاومت کششی بتن [3]

www.SID.ir

Archive

۵- نتیجه‌گیری

با توجه به میزان قدمت استفاده از بتن در ساختمان سازی در کشور ایران، بزودی شاهد تولید حجم انبوهی از ضایعات بتنی ناشی از تخریب ساختمان ها خواهیم بود. از این نظر می بایست بررسی مشخصات فنی بتن با مصالح بازیافتی و تدوین آیین نامه های سازه ای برای مصرف بتن بازیافتی در کشور مورد توجه قرار گیرد.

آزمایشات نشان می دهد که جایگزینی سنگدانه های طبیعی با سنگدانه های بازیافتی سبب کاهش مقاومت فشاری بتن می شود. میزان کاهش مقاومت فشاری بتن با توجه به میزان مصرف سنگدانه بازیافتی و دقتی که در تهیه طرح اختلاط و تولید بتن وجود دارد، متغیر خواهد بود.

با توجه به نتایج آزمایشات در خصوص مشخصات فنی بتن با مصالح بازیافتی بنظر می رسد باید در استفاده از سنگدانه های بازیافتی برای تولید بتن سازه ای، آزمایشات و بررسی های کافی به انجام برسد تا از بروز حوادث ناشی از کیفیت پایین بتن جلوگیری شود

از نظر مقاومت فشاری، کششی، خمشی و برشی در ابتدا می‌توان گفت که به‌طور کلی با ۳۰٪ جایگزینی سنگدانه‌های بازیافتی، بجای سنگدانه‌های طبیعی می‌توان به بتنی با تغییرات نه چندان متفاوت با بتن شاهد، دست یافت که این ساده‌ترین و اقتصادی‌ترین راه برای به‌دست آوردن بتن بازیافتی، برای مصارف عمومی می‌باشد. در مقایسه با بتن شاهد، استفاده از درشت‌دانه بازیافتی به همراه ریز دانه طبیعی، ۲۰٪ و استفاده از درشت‌دانه و ریزدانه بازیافتی ۲۱٪ کاهش در مقاومت فشاری را ناشی می‌شود.

بر طبق نتایج منتشر شده سال ۱۹۹۶ انیستیتوی بتن امریکا، مقاومت فشاری بتن بازیافتی را می‌توان بالا برد و حتی به میزانی بیشتر از مقاومت بتن شاهد رساند. مقاومت کششی بتن با سنگدانه بازیافتی در حدود ۲۰٪ تا ۲۵٪ کمتر از بتن شاهد می‌باشد. کاهش مقاومت خمشی بتن با سنگدانه بازیافتی در حدود ۲۰٪ می‌باشد.

مراجع

۱. شربتدار، محمدکاظم.، حمزه نژادی،ابوذر.، قاسمیان بالف، محمد.، "بررسی خواص بتن خودتراکم طبیعی و بتن خودتراکم تهیه شده از مصالح بازیافتی"، کنگره ملی بتن خودتراکم، مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی،۱۳۹۱.).

۲. عقیلی لطف، میلاد و همکاران "بررسی تأثیر انواع مختلف سنگدانه بازیافتی بتنی بر روی خواص بتن" نشریه علمی – پژوهشی مهندسی سازه و ساخت، دوره ۷، شماره ۳، سال ۱۳۹۹ ، صفحه ۱۷۹ تا۱۹۲

۳. نیلی، محمود و همکاران "تاثیر سنگ دانه های حاصل از بتن های بازیافتی، شیشه و پلاستیک های زائد در خواص بتن" نشریه مهندسی عمران شریف، دوره ی ۲-۳۱، شماره ی ۲/۱ ، ص ۱۱۹-۱۱۱ تابستان ۱۳۹۴

٤. Aghili lotf, M (2017). Evaluation of the mechanical and durability properties of recycled concrete aggregates and its use in concrete mixes. Master thesis, university of Tehran, Iran.

٥. Ahmadi, M., Farzin, S., Hassani, A., & Motamedi, M. (2017). Mechanical properties of the concrete containing recycled fibers and aggregates. *Construction and Building Materials*, *144*, 392-398..

٦. Ajdukiewicz, A. B., & Kliszczewicz, A. T. (2007), "Comparative tests of beams and columns made of recycled aggregate concrete and natural aggregate concrete." Journal of Advanced Concrete Technology, Vol. 5, No.2, pp. 259-273.

٧. BS 8500-1. (2015) Concrete – Complementary British Standard to BS EN 206. Method of specifying and guidance for the specifier. https://www.thenbs.com/PublicationIndex/documents/details?Pub=BSI&DocID=310373.

٨. Domone, P.L.," A review of the hardened mechanical properties of self compacting concrete," Cemand con composites vol.29 Issuel 1-12,2007.

www.SID.ir

Archive

۹. Debieb, F., Courard, L., Kenai, S. and Degeimbre, R., (2009). Roller compacted concrete with contaminated recycled aggregates. *Construction and Building Materials*, *23*(11), pp.3382-3387.

۱۰. Donalson, J., Curtis, R., & Najafi, F. T. (2011). Sustainable assessment of recycled concrete aggregate (RCA) used in highway construction. In *Proceedings of the 90th annual meeting of the transportation research board*.

۱۱. De Brito, J., & Saikia, N. (2012). Recycled aggregate in concrete: use of industrial, construction and demolition waste. Springer Science & Business Media.

۱۲. Dohertya, N.F., Marplesa, C.G. and Suhaimib, A. (1999) *Therelative success of alternative approaches to strategicinformation systems planning: an empirical analysis*, Journal of Strategic Information Systems 8 .pp. 263–283.

۱۳. Fisher C, Werge M (2009) EU as a recycling society. ETC/SCP working paper 2/2009, p 25. http://scp.eionet.europa.eu.int Accessed on May 2017.

۱۴. Frondistion, K.,Yannas, S., "Economics of concrete Recycing in the united sates, Advanced Research institute problems in the Recycling concrete," France, Nov.25-2۸, □□.۱۶۳-۱۸۶,۱۹۸۰.

۱۵. Gonzalez-Fonteboa B, Martinez-Abella F (2008) Concretes with aggregates from demolition waste and silica fume: materials and mechanical properties. Build Environ 43(4):429–437.

۱۶. Gonzalez-Fonteboa B, Martinez-Abella F (2008) Concretes with aggregates from demolition waste and silica fume: materials and mechanical properties. Build Environ 43(4):429–437.

۱۷. Hansen, T.C., (Editor), "Recycling of Demolition and Masonry, RLLEM (The intemational union of testing and Research laboratories for materials and structures)," Reports, 1992.

۱۸. Ignjatović, I. S., Marinković, S. B., Mišković, Z. M., & Savić, A. R., (2013), "Flexural behavior of reinforced recycled aggregate concrete beams under short-term loading." Materials and structures, Vol. ۴۶,NO.۶, PP.۱۰۴۵-۱۰۵۹.

۱۹. Kutalmıs Recep Akça a, .zgür Cakır b, Metin _Ipek., (2015), "Properties of polypropylene fiber reinforced concrete using recycled aggregates" Construction and Building Materials 98 (2015), pp. 620–630.

۲۰. Kou, S. C., & Poon, C. S., (2013), "Long-term mechanical and durability properties of recycled aggregate concrete prepared with the incorporation of fly ash." Cement and Concrete Composites, Vol. 37, pp. 12-۱۹.

۲۱. Kou, S.C.,Poon, C.S., "Properties of self-compacting concrete prepared with coarse and fine recycled concrete aggregates," Department of Civil and Structural Engineering The Hang Kong Polytechnic University, Hong Kong, China, Cement&Concrete Composites Vol.31, pp.622-6۲۷, ۲۰۰۹.

۲۲. Malešev, M., Radonjanin, V., & Marinković, S. (2010). Recycled concrete as aggregate for structural concrete production. *Sustainability*, *2*(5), 1204-1225.

۲۳. McGinnis, M. J., Davis, M., de la Rosa, A., Weldon, B. D., & Kurama, Y. C. (2017). Strength and stiffness of concrete with recycled concrete aggregates. *Construction and Building Materials*, *154*, 258-269.

۲۴. Malhortra, V.M., Neville, A., "Symposium on concrete thechnologi in the use of demolition waste in concrete," bywain Wright, Pj26,pp.179-197,1995.

۲۵. Otoko, G. R (2014). Review Of The Use Of Construction And Demolition Waste In Concrete. International Journal of Engineering and Technology Research Vol. 2, No. 4, pp. 1 – 8, ISSN: 2327 – 0349 (Online) Available online at www.ijeatr.org.

۲۶. Sadati, S., & Khayat, K. H. (2016). Field performance of concrete pavement incorporating recycled concrete aggregate. *Construction and Building Materials*, *126*, 691-700.

۲۷. Surya, M., VVL, K. R., & Lakshmy, P. (2013). Recycled aggregate concrete for transportation infrastructure. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *104*, 1158-1167.

۲۸. Sami, W.Tabsh. ,Akmal, S., Abdelfatah, "Influence of recycled concrete aggregates on strength properties of concrete," Construction and Building Materials Vol.23,pp.1163-1۱۶۷, ۲۰۰۹.

۲۹. Tabsh, S. W., & Abdelfatah, A. S., (2009), "Influence of recycled concrete aggregates on strength properties of concrete". Construction and Building Materials, Vol. 23, No.2, pp. 1163-1167.

۳۰. Rajendra Kumar Choubey, Shailendra Kumar, M. Chakradhara Rao., (2015), "Modeling of fracture parameters for crack propagation in recycled aggregate concrete" Construction and Building Materials 106, pp.168–178.

۳۱. Wang, L., Wang, J., Qian, X., Chen, P., Xu, Y., & Guo, J. (2017). An environmentally friendly method to improve the quality of recycled concrete aggregates. *Construction and Building Materials*, *144*, 432-441.

www.SID.ir

Archive

۳۲. Zoran , Jure, Grdic., Gordana, A., Toplicic-Curcic, Despotovic, M. Iva., S. Ristic, Nenad., "Properties of self-compacting concrete prepared with coarse recycled concrete aggregate," Faculty of civil Engineering and Architecture of Nis, Serbia, Construction and Building Materials Vol.24,2010, pp.1129-1۱۳۳, ۲۰۱۰.

www.SID.ir