اثر زئولیت بر مقاومت فشاری بتن خودتراکم حاوی سنگدانه بازیافتی

محمد اسماعیل‌نیا عمران[۱]، مجتبی فریدی[۲]

۱- استادیار دانشکده مهندسی دانشگاه کردستان

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران- سازه دانشگاه کردستان

Email: m.faridi64@gmail.com

کد مقاله: E(52F)

چکیده:

امروزه استفاده از مواد بازیافتی و پوزولان‌های طبیعی در راستای کاهش هزینه‌های جاری و همچنین کاهش یا حذف مشکلات زیست محیطی به یکی ار مباحث مورد علاقه اکثر محققین تبدیل شده است. در این پژوهش امکان استفاده از زئولیت به عنوان یک پوزولان طبیعی و سنگدانه بازیافتی بتن به عنوان یک ماده بازیافتی در بتن خودتراکم بررسی گردید. برای این منظور از طرح اختلاط بهینه بتن خودتراکم بازیافتی استفاده شد و درصدهای مختلف زئولیت(۰٪، ۱۰٪،۱۵٪، ۲۰٪، ۲۵٪ و ۳۰٪) بر روی خواص بتن تازه و مقاومت فشاری بتن سخت شده بررسی گردید و با میکروسیلیس نیز مقایسه شد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که زئولیت باعث بهبود عملکرد بتن خودتراکم در حالت تازه می‌شود. زئولیت چسبناکی و پایداری بتن را افزایش و آب انداختگی را کاهش می‌دهد و در حالت سخت شده، مقاومت فشاری برابر یا بیشتر از بتن پایه را کسب می‌کند. در مقایسه با میکروسیلیس عملکرد ضعیفتری نشان داد اما با توجه به در دسترس بودن، ارزان‌تر بودن و مشکلاتی که استفاده از میکروسیلیس برای سلامتی کارگران ایجاد می‌کند[۱]، استفاده از زئولیت می‌تواند در بتن خودتراکم مفید باشد.

کلمات کلیدی: بتن خودتراکم، زئولیت، سنگدانه بازیافتی، مقاومت فشاری

۱. مقدمه

مقاومت بتن مهمترین خاصیت و مشخصه بتن نزد طراحان و مهندسان کنترل کیفیت بتن می‌باشد. دلیل این امر آنست که در مقایسه با سایر خواص، مقاومت بتن به آسانی قابل آزمایش و اندازه‌گیری است. علاوه بر این، بسیاری از خواص بتن، نظیر مدول ارتجاعی، ضدآب بودن یا نفوذناپذیری و مقاومت در برابر هوازدگی و عوامل ایجاد کننده آن نظیر نفوذ آب حاوی املاح مضر، مستقیماً با مقاومت مربوط بوده و می‌توان از نتایج مقاومت به آن خواص پی برد[۲].

یکی از پوزولان‌های طبیعی که در ایران به وفور یافت می‌شود و به راحتی قابل استخراج و فرآوری است زئولیت می‌باشد. وجود زئولیت در مناطقی از سمنان، میانه، ورامین، رودهن، طالقانو قلعه عسگر و کرمان گزارش شده است. زئولیت‌ها به خاطر ویژگی‌های خاص خود از جمله توان تبادل یونی، چگالی پایین و روزنه‌های فراوان امروزه کاربرد گسترده‌ای در تکنولوژی پیدا کرده‌اند[۳]. تحقیقات روی خواص زئولیت بر بتن نشان می‌دهد که این ماده می‌تواند از آب انداختگی و جداشدگی بتن تازه جلوگیری کند، فرآیند پمپاژ را آسانتر کند، نفوذپذیری بتن سخت شده را کاهش دهد، پایایی بتن را خصوصاً مقاومت در برابر واکنش قلیایی سنگدانه‌ها را افزایش دهد و سبب افزایش مقاومت بتن شود[۴].

مقادیر زیاد Al_2O_3 و SiO_2 در زئولیت با هیدروکسیدکلسیم هیدراته واکنش می‌دهد که محصول آن ژل C-S-H و آلومیناتهای اضافه بر محصولات هیدراتاسیون سیمان است و در نتیجه ریزساختار بتن سخت شده خصوصاً در ناحیه انتقالی خمیر سیمان و سنگدانه بهبود می‌یابد[۶،۵]. همچون مواد پوزولانی دیگر با جایگزینی بخشی از سیمان با زئولیت می‌توان مقاومت بتن را افزایش داد. به طوریکه استفاده از زئولیت به میزان کمتر از ۱۰ الی ۱۵ درصد باعث افزایش مقاومت در همه سنین بتن می‌شود. در حایکه استفاده از زئولیت به میزان بیشتر از ۱۵ الی ۲۰ درصد سبب کاهش مقاومت اولیه (کمتر از ۲۸ روز) و جبران مقاومت در سنین زیاد (۹۰ و ۱۸۰ روز) می‌شود[۷]. برخی محققین مقدار بهینه استفاده از زئولیت را برای افزایش مقاومت ۲۸ روزه بتن، ۱۰ الی ۱۵ درصد عنوان کرده‌اند و افزایش مقاومتی تا حدود ۱۵ درصد آزمونه‌ی شاهد را گزارش داده‌اند[۸]. در تحقیقی بتن پر مقاومت (بیش از ۸۰Mpa) و روان (اسلامپ۱۸۰mm) با استفاده از زئولیت بدست آمده است[۷]. در بررسی دیگری نیز نشان داده شده است که بتن سازه‌ای حاوی مقدار جایگزینی ۵۰ درصد زئولیت قابل ساخت است[۹]. نتایج مطالعه انجام پذیرفته توسط احمدی و شکرچی نشان می‌دهد که استفاده از زئولیت در بتن معمولی توانسته است باعث افزایش مقاومت فشاری بتن در تمامی سنین شود[۱۰]. در مطالعه‌ای دیگر چان[۱] و جی[۲] نشان دادند که افزودن زئولیت در درصد بهینه به بتن معمولی باعث افزایش ۱۴ درصدی در مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن شده است[۱۱].

امروزه استفاده 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[۱۲]. از حدود۲۰ سال پیش ، بتن حاصل از تخریب شاهراهها و ساختمانهای بتن آرمه 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[۱۳]. در جامعه 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 حدود ۱۰ تا ۱۲ میلیون تن بتن را به نحوی مورد استفاده مجدد قرار داد[۱۴].

کو[۳] و پون[۴] در سال ۲۰۰۹ نشان دادند که ویژگی‌های بتن خودتراکم ساخته شده از ماسه رودخانه‌ای و ماسه بازیافتی (با ۱۰۰٪ درشت‌دانه‌های بازیافتی برای هر دو) تفاوت ناچیزی با هم دارند، یعنی می‌توان از ۱۰۰٪ درشت‌دانه و ریزدانه بازیافتی در بتن خودتراکم استفاده کرد[۱۵]. در سال ۲۰۰۹، تابش[۵] و همکارانش به این نتیجه رسیدندکه مقاومت بتن بازیافتی ۱۰-۲۵ درصد کمتر از بتن اولیه

---

[1] - Chan SYN
[2] - Ji X
[3] _ S.C.Kou
[4] _ C.S.Poon
[5] _ Sami W.Tabsh

ساخته شده از سنگدانه‌های درشت طبیعی می‌باشد[۱۶]. در سال ۲۰۱۰، زوران جُرگردیچ[6] و همکاران به بررسی خصوصیات بتن خودتراکم دارای درشت‌دانه‌های بازیافتی بتن پرداختند. در این تحقیق سه نوع مخاوط بتن ساخته شد که سنگدانه‌های درشت بازیافتی با ۰٪ ، ۵۰٪ و ۱۰۰٪ سنگدانه‌های درشت طبیعی جایگزین شدند، در همه مخلوط‌های بتن درصدها ثابت بودند. نتایج بدست آمده نشان داد که خصوصیات هر سه نوع بتن خودتراکم ساخته شده، تفاوت ناچیزی با هم دارند و سنگدانه‌های درشت بازیافتی می‌تواند در بتن خودتراکم مورد استفاده قرار گیرد[۱۷].

با توجه به نوپا بودن صنعت بتن خودتراکم در کشورمان از یک سو و افزایش مصالح بتنی ناشی از زلزله (با توجه به زلزله خیز بودن کشورمان) و یا تخریب بناهای مختلف به خصوص سازه های فرسوده از سوی دیگر ، امکان سنجی ساخت بتن خودتراکم با استفاده از این مصالح هم به لحاظ هزینه و هم از جهت حفاظت از محیط زیست و حفظ انرژی دارای توجیه خواهد بود. بر همین اساس همخوانی دو عامل خودتراکمی و استفاده از این مصالح بازیافتی قابل توجه است.

همچنین برای کاهش عیار سیمان در بتن خود تراکم می‌توان از پوزولان زئولیت طبیعی استفاده کرد تا بتوان این بتن را بعنوان یک محصول کم هزینه و کاربردی برای انجام پروژه‌های عمرانی در کشور توصیه نمود.

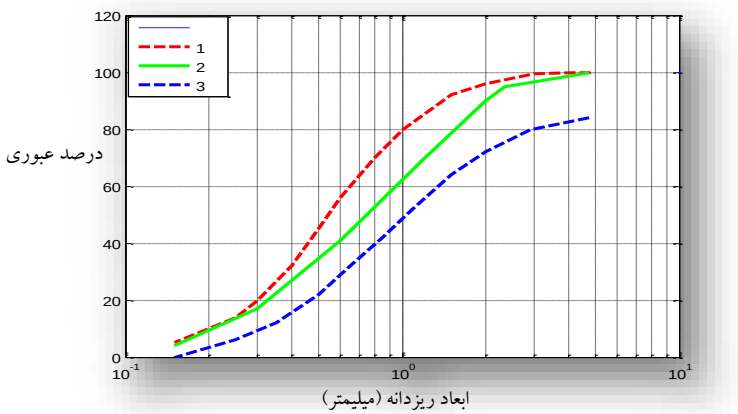
۲. برنامه آزمایشگاهی

۱,۲ مواد و مصالح مصرفی

در این پژوهش سعی شده است منحنی دانه‌بندی درشت‌دانه و ریزدانه مورد استفاده بین منحنی دانه‌بندی سوئد (حد بالا) و آلمان (حد پایین) باشد. این منحنی‌ها دراشکال۱ و ۲ نشان داده شده است[۱۸]. در اشکال ۱ و ۲ نمودار دانه‌بندی مورد استفاده در این تحقیق به صورت توپر نشان داده شده است. حداکثر مصالح درشت‌دانه ۱۹ میلیمتر می‌باشد. از شن نخودی و ماسه شسته در این تحقیق استفاده شده است. شن و ماسه مصرفی از شرکت زانا بتن واقع در استان کردستان شهر سنندج تهیه شده است. مدول نرمی ماسه اصلاح شده برابر ۲,۷۴ می‌باشد. از سیمان پرتلند بیجار تیپ یک با چگالی ۳,۱۵ گرم بر سانتی‌متر مربع و میکروسیلیس شرکت فرآورده‌های ساختمان حاوی ۹۳,۶ درصد sio_2 استفاده شده است. پوزولان زئولیت طبیعی از شرکت افرند توسکا که معدن آن در منطقه سمنان می‌باشد، تهیه شده است. تصویری از فوق روان‌کننده مصرفی در شکل ۳ نشان داده شده است. این فوق روان‌کننده از نوع Fabplast- 20 محصول شرکت فن‌آوران بتن ایرانیان فابیر می‌باشد(ASTM-C494). در جداول ۱ و ۲ مشخصات فیزیکی سنگدانه طبیعی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی سیمان، میکروسیلیس و پوزولان زئولیت طبیعی ارائه شده است.

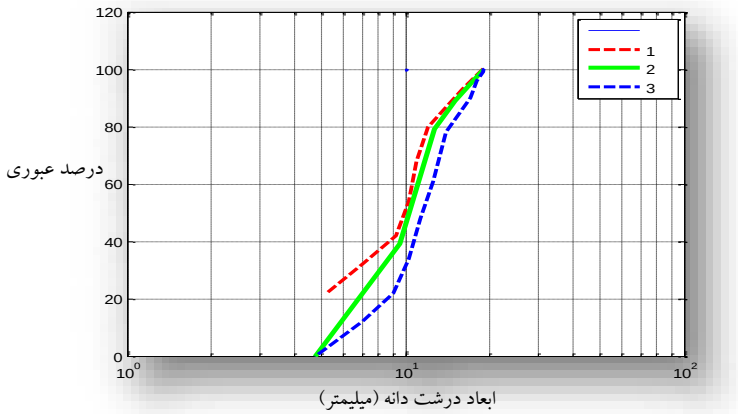
در این تحقیق مصالح اولیه جهت ساخت بتن مادر(بتن تخریب شده) و نیز مصالح ساخت بتن‌های خودتراکم از یک نوع بوده است، مقاومت مشخصه بتن مادر ۳۰ مگاپاسکال بوده و تمامی نمونه‌ها حداقل ۲۸ روز زمان از ساخت خود را سپری کرده‌ند. سپس بتن معمولی ساخته شده با استفاده از چکش به سنگدانه‌های ریز و درشت تبدیل شدند. جدول ۳ مشخصات فیزیکی سنگدانه بازیافتی را نشان می‌دهد.

[6] _ Zoran Jure Grdic



۱- سوئد
۲- دانه بندی
۳- آلمان

شکل۱-نمودار دانه‌بندی ماسه



۱- سوئد
۲- دانه بندی
۳- آلمان

شکل۲-نمودار دانه‌بندی شن

شکل۳: بسته بندی فوق روان کننده مصرفی

جدول۱: مشخصات فیزیکی سنگدانه طبیعی

حداکثر قطر سنگدانه	مدول نرمی ماسه	چگالی	جذب آب(٪)	سنگدانه
۱۹mm	۲,۷	۲,۶۵	۱,۴۶	شن طبیعی
		۲,۵۷	۲,۷۲	ماسه طبیعی

جدول۲: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میکروسیلیس، سیمان و پوزولان

پوزولان زئولیت طبیعی	سیمان	میکروسیلیس	ترکیبات شیمیایی(٪)
۶۷,۷۹	۲۲,۴۳	۹۳,۶	SiO_2
۱۳,۶۶	۲,۷	۱,۳	AL_2O_3
۱,۴۴	۲,۷۲	۰,۳	Fe_2O_3
۱,۶۸	۶۰,۴۶	۰,۴۹	CaO
۰,۵	۰	۰,۱	SO_3
۱,۲	۳,۹	۰,۹۷	MgO
۲,۰۴	۰,۱۴	۰,۳۱	Na_2O
۱,۴۲	۰,۶۲	۱,۰۱	K_2O
۱۰,۲۳	۲,۳۶	۰	LOI
–			خصوصیات فیزیکی
–	۳,۱۵	–	وزن مخصوص(kg/m^3)
–	۳۳۰۰	۲۰۰۰۰۰	بلین(m^2/gr)
–	–	۰,۰۵-۰,۱۵ micron	اندازه ذرات

جدول۳: مشخصات فیزیکی سنگدانه بازیافتی

حداکثر قطر سنگدانه	مدول نرمی ماسه	چگالی	جذب آب(٪)	سنگدانه
۱۹mm	۲,۷	۲,۳۱	۴,۳۸	شن بازیافتی
		۲,۰۵	۶,۸۹	ماسه بازیافتی

۲,۲ طرح اختلاط بهینه بتن خودتراکم بازیافتی

این طرح اختلاط بر اساس روش تاگوچی توسط عمران و فریدی در آزمایشگاه دانشگاه کردستان ساخته و بهینه شد. مقاومت بدست آمده از آزمایشگاه با مقاومت پیش‌بینی شده روش تاگوچی، تفاوت ناچیزی داشت که این نشان از درستی روش تاگوچی بود. سنگدانه‌های درشت بازیافتی با درصدهای ۰٪،۲۰٪،۴۰٪، ۶۰٪،۸۰٪ و۱۰۰٪ جایگزین سنگدانه‌های درشت طبیعی و سنگدانه‌های ریز بازیافتی با درصدهای ۰٪،۲۰٪،۴۰٪،۶۰٪،۸۰٪ و ۱۰۰٪ جایگزین سنگدانه‌های ریز طبیعی شدند.برای این منظور تعداد ۳۶ حالت نمونه آزمایشگاهی با درصدهای مختلف سنگدانه بازیافتی(از هر حالت ۳ نمونه جمعاً ۱۰۸) ساخته شدند. آزمایش‌های فاز خمیری شامل آزمایش اسلامپ فلو،آزمایش حلقه J ، قیف V شکل، جعبه U شکل و جعبه L شکل برای حصول اطمینان از بتن خودتراکم انجام شد و همچنین در فاز سخت شده، میزان مقاومت فشاری در سن ۷ روزه اندازه‌گیری شد.در نهایت درصد بهینه سنگدانه‌های درشت و ریز بدست آمد. بنابراین طرح اختلاط بهینه بتن خودتراکم بازیافتی به صورت جدول ۴ می‌باشد[۱۹].

جدول ۴- طرح اختلاط بهینه بتن خودتراکم ساخته شده از سنگدانه بازیافتی

فوق روان کننده (kg/m^3)	پودرسنگ (kg/m^3)	سیمان (kg/m^3)	آب (Lit)	ماسه بازیافتی (kg/m^3)	ماسه طبیعی (kg/m^3)	شن بازیافتی (kg/m^3)	شن طبیعی (kg/m^3)
۸,۵	۱۰۳	۴۶۴	۱۹۰	۴۹۹,۲	۳۳۲,۸	۱۴۳,۶	۵۷۴,۴

۳,۲ طرح اختلاط‌ها

در این برنامه آزمایشگاهی به منظور بررسی اثر پوزولان زئولیت بر خواص بتن خودتراکم بازیافتی، ۷ طرح اختلاط در نظر گرفته شد. بدین منظور ۶ طرح اختلاط با مقادیر ۰، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد زئولیت مورد استفاده قرار گرفت، سپس با میکروسیلیس ۱۵ درصد مقایسه شدند. نام طرح اختلاط‌ها به صورت ذیل می‌باشد.

- R یعنی نمونه شاهد(بدون پوزولان و میکروسیلیس)
- ۱۰- Z یعنی نمونه حاوی ۱۰ درصد پوزولان زئولیت
- ۱۵- Z یعنی نمونه حاوی ۱۵ درصد پوزولان زئولیت
- ۲۰- Z یعنی نمونه حاوی ۲۰ درصد پوزولان زئولیت
- ۲۵- Z یعنی نمونه حاوی ۲۵ درصد پوزولان زئولیت
- ۳۰- Z یعنی نمونه حاوی ۳۰ درصد پوزولان زئولیت
- ۱۵- S یعنی نمونه حاوی ۱۵ درصد پوزولان میکروسیلیس

۴,۲ آزمایش‌های انجام شده

آزمایش‌های انجام پذیرفته در این مطالعه شامل آزمایش‌های بتن تازه و آزمایش‌های بتن سخت شده می‌باشند.آزمایش‌های فاز خمیری شامل آزمایش اسلامپ فلو،آزمایش حلقه J ، قیف V شکل، جعبه U شکل و جعبه L شکل برای حصول اطمینان از بتن خودتراکم انجام شد و همچنین در فاز سخت شده، میزان مقاومت فشاری در سنین ۷،۲۸ و ۹۰ روزه بر روی نمونه‌های استوانه‌ای ۳۰*۱۵ سانتی‌متری بر طبق استاندارد ASTM-C39 اندازه‌گیری شد.

۳. نتایج آزمایش‌ها و بررسی آنها

۱,۳ نتایج آزمایش‌های بتن فاز خمیری(تازه)

آزمایش‌های فاز خمیری مطابق جدول ۵ بدست آمد. به منظور ارزیابی طرح‌ها در فاز خمیری، نتایج بدست آمده با مقادیر مجاز بتن خودتراکم [۲۰] مورد مقایسه قرار گرفته است. همانگونه که مشاهده می‌گردد، مقادیر بدست آمده به مقادیر مجاز نزدیک است و بنابراین، طرح‌ها در فاز خمیری با معیارهای جهانی برابری داشته و بتن را می‌توان خودتراکم تلقی کرد.

جدول۵: نتایج آزمایش‌ها روی بتن تازه برای درصدهای مختلف پوزولان

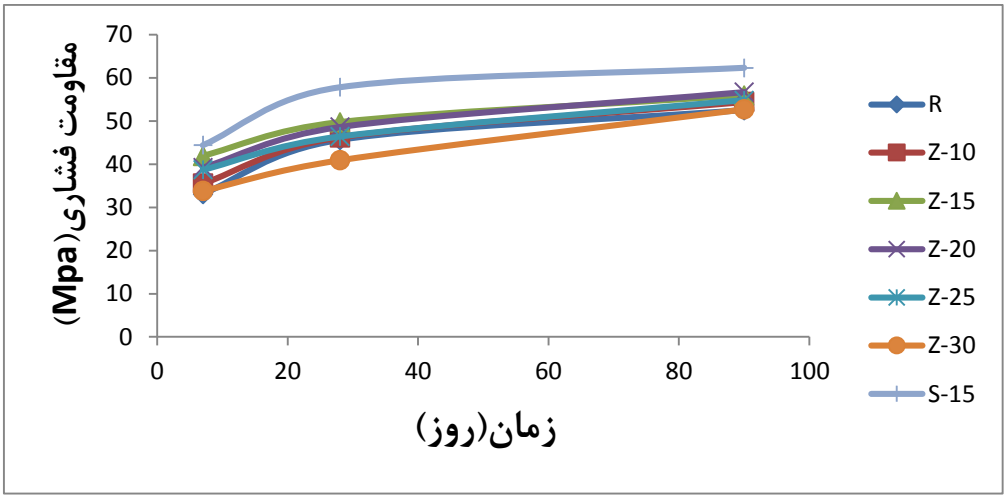
مقدار	نتایج آزمایش‌ها روی بتن تازه				
	اسلامپ فلو(Cm)	حلقه J (Cm)	قیف V شکل (S)	جعبه U شکل (Cm)	جعبه L شکل
٪۰	۷۵,۵	۰,۷	۸	۱,۴	۰,۹۶
٪۱۰ پوزولان	۷۴	۱,۱	۹	۱,۷	۰,۹۲
٪۱۵ پوزولان	۷۳	۱,۲	۹	۱,۸	۰,۸۹
٪۲۰ پوزولان	۷۴,۵	۱	۱۲	۲,۱	۰,۸۸
٪۲۵ پوزولان	۷۴,۵	۰,۹	۱۳	۲,۱	۰,۸۶
٪۳۰ پوزولان	۷۵	۰,۹	۱۴,۵	۲,۳	۰,۸۳
٪۱۵ میکروسیلیس	۷۳,۵	۱,۱	۱۰,۹	۲,۲	۰,۹۴

۲,۳ نتایج آزمایش بتن سخت شده

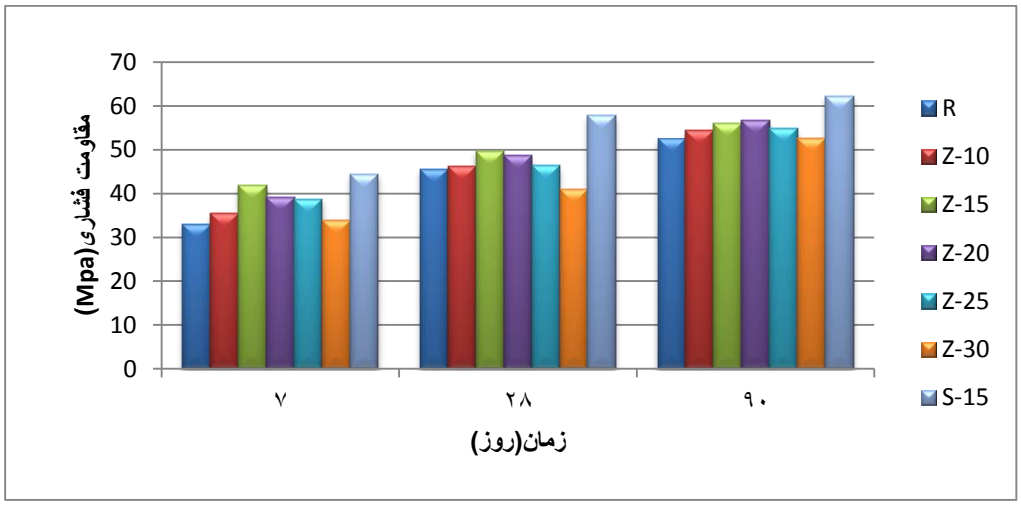
کلیه نتایج حاصل از مقاومت فشاری در جدول ۶ و شکل ۴ درج و ارائه گردیده است. با توجه به نتایج، کلیه طرح اختلاهای بتن خودتراکم ساخته شده از سنگدانه بازیافتی حاوی پوزولان زئولیت، در همه سنین به جز طرح اختلاط حاوی ۳۰ درصد پوزولان در سن ۲۸ روز، مقاومتی بیشتر از بتن شاهد(R) داشته‌اند. از عواملی که می‌توان در این مورد ذکر کرد تأخیر در واکنش شیمیایی پوزولان زئولیت ۳۰ درصد در سنین اولیه بتن می‌باشد، اما با افزایش سن نمونه به ۹۰ روز شاهد افزایش چشمگیر مقاومت بتن هستیم، به طوریکه افزایش مقاومتی از سن ۲۸ روز به سن ۹۰ روز در این طرح اختلاط (۱۱,۸Mpa) از همه طرح اختلاط‌ها بیشتر می‌باشد و در سن ۹۰ روز مقاومتی بیش از مقاومت بتن شاهد داراست. از عواملی که باعث بروز چنین رفتاری می‌شود می‌توان به کاهش فضاهای خالی بتن همراه با فزایش این پوزولان در ترکیب طرح اختلاط بتن اشاره نمود. همانطور که می‌دانیم حل شدن هیدروکسیدکلسیم و مواد قابل حل و مهاجرت آن‌ها به سطح بتن نقش زیادی در تشکیل فضاهای خالی در بتن دارند. علاوه بر آن، آبی که به صورت آزاد در بتن وجود دارد نیز باعث می‌شود که فضاهای خالی در بین ذرات بتن بوجود آید. ذرات پوزولان می‌توانند با هیدروکسیدکلسیم واکنش نشان داده و تشکیل ژلC-S-H (سیلیکات کلسیم هیدراته شده) دهند و از فرار ترکیبات قابل حل به سطح بتن جلوگیری کنند و موجب افزایش دانسیته بتن و کاهش در فضاهای خالی بتن شوند. کاهش فضاهای خالی، خود منجر به افزایش مقاومت بتن می‌شود و در دراز مدت می‌تواند اثرات مطلوبی بر روی مقاومت بتن داشته باشد و دوام بتن را با کاهش این خلل و فرج بهبود بخشد. همانطور که در جدول۶ قابل مشاهده است طرح‌های حاوی پوزولان زئولیت مقاومتی کمتر از طرح اختلاط بتن حاوی ۱۵ درصد میکروسیلیس دارا می‌باشند. با توجه به شکل۵ مقدار جایگزینی بهینه پوزولان زئولیت برای مقاومت ۷ و ۲۸ روزه برابر ۱۵ درصد و برای مقاومت ۹۰ روزه برابر ۲۰ درصد می‌باشد. در جدول۷ و شکل۶ نتایج مربوط به درصد تغییرات مقاومت فشاری نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد ارائه شده است. در این جدول علامت مثبت نشان‌دهنده افزایش مقاومت و علامت منفی نشان‌دهنده کاهش مقاومت می‌باشد. با توجه به این نتایج، مشاهده می‌شود که با افزایش درصد پوزولان(۱۵ درصد به بالا در ۷ و ۲۸ روزه و ۲۰ درصد به بالا در ۹۰ روزه) تغییرات مقاومت نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد کاهش پیدا می‌کند. همانطور که از شکل پیداست افزایش مقاومت فشاری نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد در عمر ۷ روزه بیشتر از عمر ۲۸ و ۹۰ روزه می‌باشد که نشان از فعالیت پوزولانی بالای زئولیت می‌باشد.

جدول۶: نتایج آزمایش مقاومت فشاری بتن خودتراکم ساخته شده از سنگدانه بازیافتی

مقاومت فشاری(Mpa)			
نمونه	۷ روزه	۲۸ روزه	۹۰ روزه
R	۳۳,۱	۴۵,۶	۵۲,۵
Z-۱۰	۳۵,۵	۴۶,۲	۵۴,۴
Z-۱۵	۴۱,۹	۴۹,۷	۵۵,۹
Z-۲۰	۳۹,۲	۴۸,۶	۵۶,۷
Z-۲۵	۳۸,۷	۴۶,۴	۵۴,۸
Z-۳۰	۳۳,۸	۴۰,۹	۵۲,۷
S-۱۵	۴۴,۴	۵۷,۸	۶۲,۳



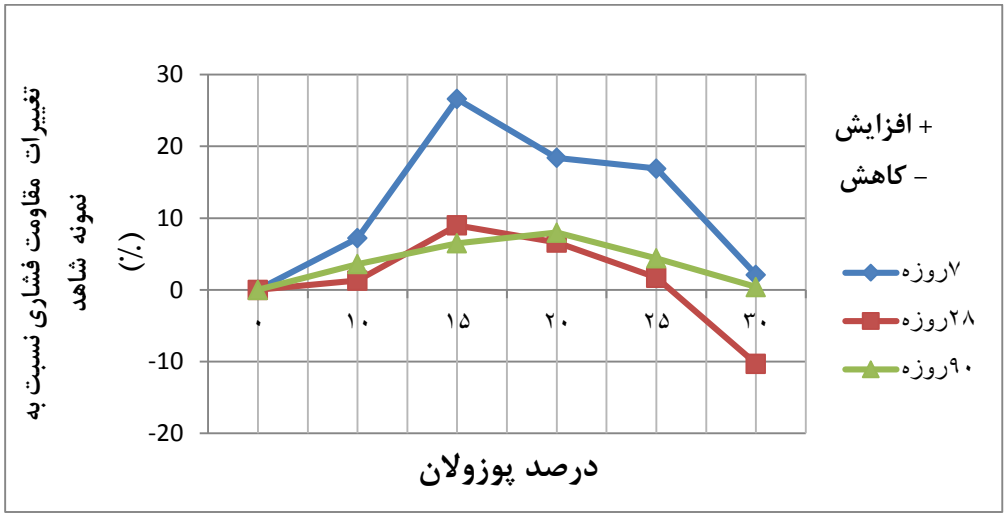
شکل۴: نتایج آزمایش مقاومت فشاری بتن خودتراکم ساخته شده از سنگدانه بازیافتی نسبت به زمان



شکل۵: مقایسه آزمایش مقاومت فشاری بتن خودتراکم ساخته شده از سنگدانه بازیافتی در سنین مختلف

جدول۷: درصد تغییرات مقاومت فشاری نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد

درصد تغییرات مقاومت فشاری (٪)			
نمونه	۷ روزه	۲۸ روزه	۹۰ روزه
R	۰	۰	۰
Z-۱۰	۷,۲	۱,۳	۳,۶
Z-۱۵	۲۶,۶	۹	۶,۵
Z-۲۰	۱۸,۴	۶,۶	۸
Z-۲۵	۱۶,۹	۱,۷	۴,۴
Z-۳۰	۲,۱	-۱۰,۳	۰,۴
S-۱۵	۳۴,۱	۲۶,۷	۱۸,۷



شکل۶: درصد تغیرات مقاومت فشاری نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد برای درصدهای متفاوت پوزولان

۴. نتیجه‌گیری

در این تحقیق تأثیر زئولیت بر خواص بتن تازه و مقاومت فشاری بتن خودتراکم بازیافتی مورد بررسی قرار گرفت که نتایج زیر قابل استنباط می‌باشد.

۱. نتایج آزمایش‌ها روی بتن خودتراکم بازیافتی تازه با درصدهای متفاوت پوزولان زئولیت طبیعی نشان می‌دهد با افزایش درصد جایگزینی زئولیت، چسبندگی و لزجت مخلوط افزایش می‌یابد و سبب کاهش روانی بتن می‌شود. همچنین این نتایج حاکی از این است که همه طرح اختلاط‌ها با درصدهای جایگزینی زئولیت ۱۰ تا ۳۰ درصد در محدوده ایمنی بتن خودتراکم می‌باشند.

۲. نتایج آزمایش‌ها روی بتن خودتراکم بازیافتی سخت شده نشان می‌دهد که نمونه‌های حاوی پوزولان زئولیت طبیعی، عملکرد بهتری نسبت به بتن خودتراکم بازیافتی بدون پوزولان(بتن شاهد) و عملکرد ضعیفتری نسبت به بتن خودتراکم بازیافتی حاوی ۱۵ درصد میکروسیلیس دارند.

۳. با بررسی نتایج آزمایش‌ها به نظر می‌رسد که درصد بهینه استفاده از پوزولان زئولیت طبیعی در بتن خودتراکم بازیافتی برای مقاومت ۷ و ۲۸ روزه برابر ۱۵ درصد و برای مقاومت ۹۰ روزه برابر ۲۰ درصد می‌باشد.

۵. مراجع

۱.خانزادی، مصطفی، نبی‌زاده شهربابک، محمدرضا، سعیدانژاد،علی."بررسی اثر زئولیت و مسباره بر کارایی بتن خودتراکم"، اولین کنفرانس ملی صنعت بتن، مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، خرداد ۱۳۹۱.

۲. رمضانیانپور، علی‌اکبر، پیدایش، منصور. شناخت بتن، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر،۱۳۸۹.

۳. صداقت دوست، آرش، اخوان خرازیان، حمید، نیکوان، پیمان، " بررسی تاثیرات زئولیت بر مقاومت فشاری بتن سبک"، اولین کنفرانس ملی صنعت بتن، مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، خرداد ۱۳۹۱.

4. N. Q. Feng and G. F. Peng, “Applications of natural zeolite to construction and building materials in China” , Construction and Building Materials, Volume 19, Issue 8, Pages 579,2005.

5. C. S. Poon, L. Lam, S. C. Kou and Z. S. Lin, “A Study on the Hydration Rate of Natural Zeolite Blended Cement Pastes”, Construction and Building Materials, Volume 13, Issue 8, Pages 427-432, 1999.

6. Th. Perraki, G. Kakali and F. Kontoleon, “The Effect of natural zeolites on the early hydration of Portland cement” , Microporous and Mesoporous Materials, Volume 61, Issues 1-3, Pages 205-212, 18, 2003.

7. N. Q. Feng, G. Z. Li and X. W. Zang, “High- Strength and flowing Concrete with zeolitic mineral admixtures”, Cement, Concrete and Aggregates, Volume 12, Issue 2, Pages 61-69,1990.

8. Sammy Y. N. Chan and Xihuang Ji, “Comparative Study of the Initial Surface Absorption and Chloride Diffusion of High Performance Zeolite, Silica Fume and PFA Concrete”, Cement and Concrete Composites, Volume 21, Issue 5, Pages 293-300, 1999.

9. B. Uzal, L. Turanli, P.K.Mehta, “High-volume natural pozzolan concrete for structural applications”, ACI Materials Journal, Volume 104, Issue 5, Pages 535-538, 2007.

10. Ahmadi Babak, Shekarchi Mohammad. Use of natural zeolite as a supplementary cementitious material. Cement & Concrete Composites, 32, 134-141, 2010.

11. Chan SYN, Ji X. Comparative study of the initial surface absorption and chloride diffusion of high performance zeolite, silica fume and PFA concrete. Cement& Concrete Composites, 21, 293-300, 1999.

12. Malhortra,V.M,Neville,A. “Symposium on concrete thechnologi in the use of demolition waste in concrete”,by wain Wright, Pj26,1995,pp.179-197.

13. Frondistion,K.Yannas,S., “Economics of concrete Recycing in the united sates, “Advanced Research institute problems in the Recycling concrete, France,Nov.25-28,1980,pp.163-186.

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

15. S.C.Kou ,C.S.Poon. “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.622-627(2009).

16. Sami W.Tabsh,Akmal S.Abdelfatah, “Influence of recycled concrete aggregates on strength properties of concrete”, Construction and Building Materials Vol.23,pp.1163-1167,(2009).

17. Zoran Jure Grdic, Gordana A. Toplicic-Curcic, Iva M.Despotovic, Nenad S.Ristic. “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.1129-1133(2010).

18. Tine Aarre ,Dansk beton Teknik Ais, Denmark ,Peter Domone , University College London UK, “Reference Concrete for Evaluation of test Method for SCC” . pp.495-502 , August (2003).

۱۹. محمد اسماعیل‌نیا عمران، مجتبی فریدی،(۱۳۹۲)، "بهینه‌سازی بتن خودتراکم ساخته شده از سنگدانه بازیافتی بتن"، هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، زاهدان۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ماه۱۳۹۲.

20. Precast/Prestressed Concrete Institute (PCI), “Interim Guidelines for the Use of Self-Consoldation Concrete in Precast/PrestressedConcerte Institute Member Plants”, TR-6-03.PCI,Chicago,IIIinois2003.

Effect of zeolite on the compression strength self compacting concrete containing recycled aggregates

Esmaeilnia Omran Mohammad [1], Faridi Mojtaba [2]

1-Assistant Professor, Faculty of Engineering, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran,
2- Master student, Faculty of Eng., University of Kurdistan, Sanandaj ,Iran

m.esmaeilnia@uok.ac.ir
m.faridi64@gmail.com

Abstract
The use of recycled materials and natural Pozzolan in order to reduce current costs and also reduce or eliminate the environmental problems have become one of the topics of interest to many investigators. In this study, the use of zeolite as natural pozzolan and recycled aggregate concrete as recycled material in self-compacting concrete was investigated. For the purpose of recycled self compacting concrete mix design optimization was used and different percentages of zeolite (0%, 10%, 15%, 20%, 25% and 30%) on the properties of fresh concrete and compressive strength of hardened concrete was as compared with micro silica. The results showed that the zeolite of performanced improve self compacting concrete in the fresh state. Increased viscosity and stability of the concrete and reduces ellipsis water and in hardened concrete compressive strength equal to or greater than that base concrete obtained. Showed poorer performance than micro silica, but the availability of cheaper and problems that can cause the micro silica to the health workers, the use of Zeolite can be useful in self compacting concrete.

Keywords
Self compacting concrete, Zeolite, Recycled aggregate, compression strength.