تأثیر جایگزینی پوزولان های طبیعی زئولیت و پومیس تفتان بر مشخصات بتن تازه و سخت شده خودتراکم

محسن قاسمی[۱]،جواد برنجیان [۲]، حسام آذری جعفری[۱و۳] ، نویدرضا فروهر[۱]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت موسسه آموزش عالی طبری بابل
۲- استادیار و رئیس موسسه آموزش عالی طبری بابل
۳- کارشناس انستیتو مصالح ساختمانی دانشگاه تهران

Email: Moo.ghasemi@yahoo.com

کد موضوع مقاله :E

چکیده

روش های نوین اجرای سازه های مختلف و در برخی موارد ضرورت های اجرا ، منجر به رویکرد مهندسین به استفاده از بتن خود تراکم شده است. از آنجا که مواد پودری مورد استفاده در بتن خود تراکم در مقایسه با سایر انواع بتن بیشتر است ، بنابراین، تأثیر جنس و عملکرد این مواد بر خواص این بتن از اهمیت بالایی برخوردار است .در همین راستا ، استفاده از پوزولان های طبیعی مانند ، زئولیت و پومیس تفتان بعنوان پر کننده در بتن خودتراکم هم به دلیل نقش تاثیر گذار شان بر خواص بتن خودتراکم و هم به دلیل کاهش هزینه های تولید سیمان و کاهش یا حذف مشکلات زیست محیطی برای دستیابی به مفهوم توسعه پایدار مورد بررسی گرفت . در این تحقیق ۱۰ طرح اختلاط با دو نسبت آب به مواد پودری ۰/۳۶ و ۰/۴و با درصدهای جایگزینی زئولیت ۱۰ و ۲۰ درصد و پومیس ۱۵ و ۳۰ درصد جهت بررسی خواص بتن تازه و سخت شده خود تراکم ساخته شد و نتایج بتن تازه حاکی از آن بود که بتن حاوی زئولیت در مقایسه با بتن شاهد و بتن حاوی پومیس برای رسیدن به خصوصیات بتن تازه در نسبت آب به مواد پودری ثابت به فوق روان کننده بیشتری نیاز داشت که این امر به خواص زئولیت نسبت داده می شود و خواص بتن سخت شده حاوی زئولیت عملکرد بهتری نسبت به بتن حاوی پومیس دارا می باشد .

واژگان کلیدی : بتن خودتراکم ، زئولیت ، پومیس تفتان ، خواص بتن تازه و سخت شده

The effect of replacement, natural pozzolan zeolite and Taftan's pumice on the properties of fresh and hardened self-compacting concrete

Mohsen Ghasemi [1], Javad Berenjian [2], Hessam Azari jafari [1,3],Navid Reza Forouhar[1]

1. Master's degree student of engineering and construction management, Tabari Higher education Institution , Babol
2. Assistant professor and head of Tabari Higher education institution
3. Expert of Construction Material Institution, Tehran University

Email: moo.ghasemi@yahoo.com

Mobile. No: +98 9113222386

Abstract

Modern methods of execution of various structures and in some cases execution requirements resulted in engineers′ approach for utilizing self-consolidated dense concrete. Since powders used at self-compacting concrete are more than that of other concretes, therefore, the effect of material and function of this materials on the property of this concrete has its peculiar performance. Moreover, use of natural Pozzolans such as Zeolite and Pumice of Taftan as the filler at the self compacting concrete both as their effective function on the properties of self compacting concrete and because of their reduce of production costs of cement and reduction or omission of environment for sustainable development access has been dealt. This article deals with 10 mixed plans with 2 water powder rates to powder materials 0.36, 0.4 and with replaced percentages of zeolite of %10 & %20, 15 & 30 percent of Pumice to study properties of self compacting and fresh concrete. The results of fresh concrete revealed that the concrete containing zeolite for achieving to the fresh concrete properties in proportion of water to the stable powder materials needed more superplasticizer powder versuz control concrete and concrete containing Pumice and this matter is attributed to Zeolite properties and properties of consolidated concrete containing Zeolite had better performance than concrete containing Pumice.

Key words: Self compacting concrete, Zeolite, Pumice of Taftan, Properties of the consolidated fresh concrete

۱- مقدمه

بتن مصالح برگزیده قرن حاضر است و لازمهٔ اصلی ساخت و ساز پایدار محسوب می شود ، که روز به روز بر استفاده از آن افزوده می شود . در این میان از یک سو ، با پیشرفت علم و تکنولوژی و پیدایش سیستم های پیچیده تر ساختمانی و از سوی دیگر با روند رو به گسترش ساخت و ساز های عمرانی در سطح کلان نیاز به بکارگیری از مصالح ساختمانی جدیدتر و با کارایی بیشتر ، بسیار محسوس می باشد . بتن خودتراکم یکی از انواع بتن توانمند است این بتن یک فناوری نوپا در عرصه ساخت و ساز دنیا محسوب می شود . نظریه این نوع بتن توسط پروفسور اکامورا از دانشگاه کوچی ژاپن در سال 1986 پیشنهاد گردید [۱] .اوکامورا در خلال تحقیقات خود دریافت که علت اصلی ضعف دوام و کارایی بتن در سازه های ساخته شده در ژاپن عدم یکپارچگی بتن در هنگام بتن ریزی می باشد و با توسعه بتن خودتراکم این نقاط ضعف را در ژاپن برطرف نمود[۲] .

طبق تعریف ACI 237R-07 بتن خودتراکم " بتنی با کارایی بالا و عدم جداشدگی است که می تواند در محل مورد نظر ریخته شود، فضای قالب را پر کند و اطراف آرماتورها را بدون نیاز به تراکم مکانیکی فرا بگیرد" [۳] . بطور کلی بتن خودتراکم با مصالح بتن معمولی ساخته می شود و در برخی موارد برای ساخت آن علاوه بر مقادیر نسبتا زیاد فوق روان کننده، از لزجت دهنده نیز استفاده می شود.

از محاسن این بتن می توان به طول عمر بیشتر قالب ها ، ساخت در زمان کوتاهتر ، سطوح کار تمام شده بهتر ، کاهش آلودگی صوتی ، کاهش نیروی انسانی ، محیط کار ایمن تر و آزادی عمل بیشتر برای طراحی مقاطع اشاره کرد . این بتن به تغییرات نسبت های اختلاط ، مخصوصا آب اختلاط به شدت حساس است و این عامل در کنار کمبود نیروی کار ماهر در این زمینه شاید یکی از دلایل احتمالی عدم استقبال همگانی فعالان این عرصه باشد [۴] .

بتن خودتراکم تازه برای داشتن ویژگی های مناسب باید هر دو حالت سیالیت بالا و چسبندگی خوب را همزمان داشته باشد در این نوع بتن برای داشتن مخلوطی با روانی زیاد، باید تنش تسلیم مخلوط را کاهش داد تاخمیر بتواند به راحتی تغییر شکل دهد. برای رسیدن به این منظور استفاده از افزودنی های فوق روان کننده در بتن خودتراکم، اجتناب ناپذیر به نظر می رسد. از طرف دیگر روانی بیش از حد مخلوط های بتن خودتراکم، خطر جداشدگی را در این مخلوط ها افزایش می دهد[۵] . به همین منظور اکامورا و اوزاوا پیشنهاد نمودند علاوه بر استفاده افزودنی های شیمیایی، می توان با افزایش میزان پودر و همچنین کاهش حجم درشت دانه بتن خودتراکم با پایداری و قابلیت تراکم مطلوب تولید نمود.در مطالعات جهت افزایش میزان پودر معمولا افزایش میزان سیمان توصیه نمی گردد ، زیرا که استفاده از میزان بالای سیمان می تواند سبب تنزل خواص مهندسی بتن می گردد. از طرفی در حدود ۷ درصد از کل انتشار گاز دی اکسید کربن بر اثر تولید کلینکر در کارخانجات سیمان می باشد که نشان دهنده این واقعیت می باشد که استفاده از میزان بالای سیمان سبب افزایش آلودگی زیست محیطی و افزایش هزینه های تولید سیمان می گردد[۶]. از این رو یکی از راهکار های کاهش مصرف سیمان، جایگزین کردن بخشی از آن با مواد افزودنی ارزان قیمت و در دسترس مانند پوزولان‌های طبیعـی به دلیل منابع فراوان آن در کشور و صرف انرژی کمتر هم به دلیل خاصیت پوزولانی و هم نقش آن ها در بهبود خصوصیات بتن می باشد.

در سال های اخیر استفاده از پوزولان های طبیعی در بتن خودتراکم هم به دلیل نقش تاثیر گذارشان بعنوان فیلر در خواص بتن تازه و هم اثرات موثر بر خواص مکانیکی این بتن مورد توجه محققین قرار گرفت . یکی از این پوزولان های طبیعی زئولیت می باشد که که دارای ساختار سه بعدی است و از زمان باستان مورد استفاده قرار می گرفت[۷]. بر اساس تحقیقات صورت گرفته توسط محققین ، Sahmaran و همکاران در بررسی های شان به این نتیجه رسیدند که زئولیت می تواند بعنوان یک عامل اصلاح کننده لزجت در ملات های سیمانی مورد استفاده قرار گیرد [۸]. مدندوست و همکاران در بررسی استفاده از زئولیت بر خواص بتن تازه خود تراکم دریافتند که استفاده از زئولیت باعث افزایش میزان مصرف کاهنده شدید آب شده و با افزایش زمان انتقال ، جریان پذیری بتن خودتراکم به شدت کاهش یافته و در عین حال این

پودر باعث حفظ لزجت بتن خودتراکم می شود و خاصیت پرکنندگی مطلوب در بتن خودتراکم ایجاد می کند [۶] . Turkmen و همکاران در مطالعات خود روی جریان پذیری، مقاومت و سرعت عبور امواج در بتن خودتراکم حاوی زئولیت و روباره و ترکیب روباره و زئولیت با فوق روان کننده ثابت دریافتند که فقط با ۱۰ درصد زئولیت قادر به تولید بتن خودتراکم می باشیم [۹] . در مطالعه دیگر تاثیر خاکستر بادی، دوده سیلیس و دو نوع زئولیت با میزان اکسیدهای تشکیل دهنده متفاوت توسط Cioffi و همکاران مورد بررسی قرار گرفت .در آن مطالعه دو گروه مختلف از اختلاط ها در نظر گرفته شد که در آنها زئولیت تا ۴۰ درصد جایگزین سیمان مصرفی شده اند نتایج نشان می دهد که بتن خودتراکم حاوی زئولیت با مقادیر جریان اسلامپ در محدوده ۶۰ تا ۷۰ ساتنیمتر قابل تولید می باشد [۱۰] .رمضانیانپور و همکاران به عملکرد مناسب استفاده از زئولیت در مخلوط های بتن خود تراکم بر خواص بتن تازه مانند جریان پذیری ، قابلیت عبور و پایداری اذعان داشتند . همچنین آن ها با افزایش درصد جایگزینی زئولیت بالای ۳۰درصد ، شاهد بهبود مقاومت در برابر جداشدگی و بهبود خواص دوام مخلوط های بتن خودتراکم بودند [۱۱] .

یکی دیگر از پوزولان های طبیعی که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته پومیس تفتان بوده که جهت بررسی خواص تازه و سخت شده بتن خودتراکم مورد استفاده قرار گرفت . مواد آذرین نظیر پومیس که دارای ساختار شیشه ای و آلومینه سیلیکاتی تغییر نیافته و بافت متخلخل هستند، در زمره مواد پوزولان طبیعی می باشند . در ایران منابع قابل توجهی از این مواد در منطقه تفتان در استان سیستان و بلوچستان، در منطقه سبلان و در منطقه دماوند در شمال تهران وجود دارند[۱۲] . اولین مصرف عمده این پوزولان در سدهای جگین و زیردان مورد استفاده قرار گرفت [۱۳] . نتایج آزمایشات انجام شده روی پودر پوزولان تفتان در بتن معمولی نشانگر فعالیت مناسب آن می باشد که در محدوده ۱۵ تا ۲۵ درصد جایگزینی با سیمان بهترین مقاومت را از خود نشان می دهد [۱۴] . اگر چه نتایج تحقیق kelestemur و Demirel نشان می دهد که استفاده از پوزولان طبیعی پومیس موجب کاهش مقاومت فشاری بتن می شود [۱۵]. نتایج تحقیق Hossain نیز نشان می دهد کاربرد پوزلان طبیعی پومیس در سن ۲۸ روزه باعث کاهش مقاومت فشاری می شود و با افزایش میزان جایگزینی پومیس تا ۳۰ درصد ، میزان کاهش مقاومت فشاری بتن بیشتر می شود [۱۶] .

رمضانیانپور و همکاران در بررسی آثار مواد پوزولانی بر دوام بتن خودتراکم به این نتیجه رسید که امکان استفاده از پومیس به عنوان پوزولان در بتن خودتراکم وجود دارد و دست یابی به چنین بتنی با کیفیت مطلوب، با توانایی بر آورده ساختن الزامات بتن خودتراکم از نظر شرایط بتن تازه (مانند قابلیت و سرعت تغییر شکل مناسب، بدون بروز جداشدگی و آب انداختگی)، میسر است[۱۷].

بر اساس مطالعاتی که توسط سارانی و همکاران در زمینه استفاده همزمان پومیس با پودر زئولیت بعنوان جایگزین بخشی از سیمان مصرفی در بتن خود تراکم صورت گرفت ،مقدار جایگزینی پومیس۱۰ درصد بوده که با مقادیر۰و ۵و ۱۰ و۱۵ درصد زئولیت به صورت همزمان مورد استفاده قرار گرفت و آن ها دریافتند که افزایش جایگزینی زئولیت منجر به کاهش جریان اسلامپ بتن تازه شده و کاهش مقاومت فشاری ۷ و ۲۸ روزه را به همراه دارد [۱۸].

۲- برنامه آزمایشگاهی

۲-۱- مواد و مصالح مصرفی

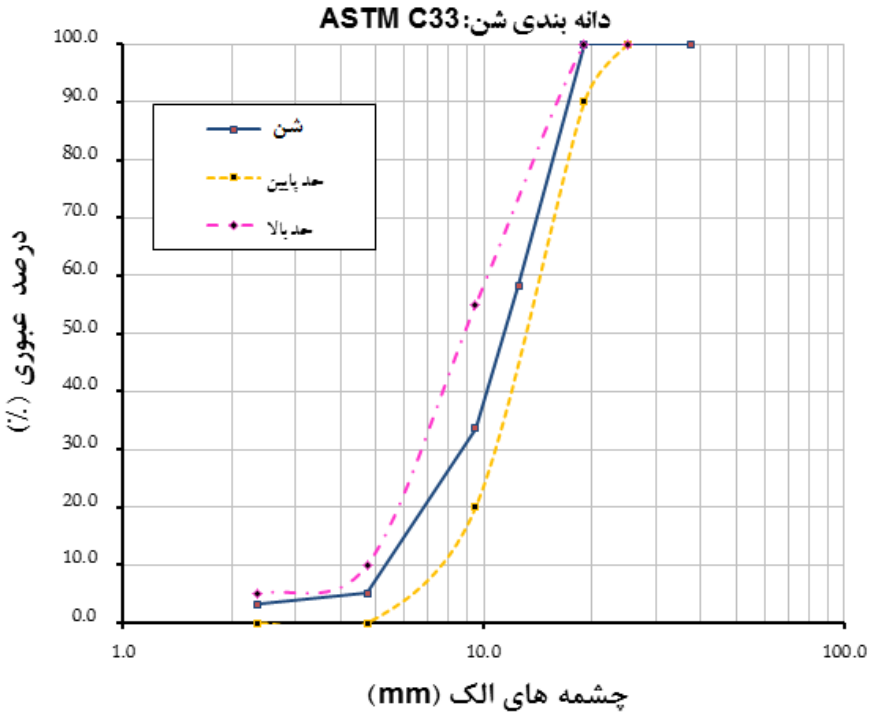
ریزدانه (ماسه) مصرفی در این پروژه از نوع رودخانه ای بابل با چگالی ۲۵۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب و جذب آب ۲ ٪ می باشد. مصالح درشت دانه (شن) از نوع شکسته دولومیتی آمل با جذب آب ۱/۴ ٪ با حداکثر قطر سنگدانه ۱۹/۵ میلیمتر وچگالی ۲۶۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب می باشد که منحنی دانه بندی شن در شکل ۱ و منحنی دانه بندی ماسه در شکل ۲ نشان داده شده است .

سیمان مورد استفاده سیمان تیپ II نکا می باشد که ترکیبات شیمیایی آن در جدول ۱ مشخص شده است . پودر زئولیت مورد استفاده با چگالی ویژه ۲/۲۵۰ گرم بر سانتی متر مکعب تولیدکارخانه افرند توسکا از معادن افتر سمنان می باشد همانطوری که در جدول ۱ مشخص شده است مقدار کل Fe_2O_3 و Al_2O_3 و SiO_2 در زئولیت حدود ۷۵٪ می باشد که بیشتر از مقدار حداقل مجاز تعیین شده برای پوزولان های طبیعی در ASTMC618 (۷۰٪) می باشد .پومیس تفتان مصرفی از معادن واقع در دامنه تفتان در شمال غربی شهرستان خاش با چگالی ویژه ۲,۵ گرم بر سانتی متر مکعب می باشد که آنالیز شیمیایی آن ها همچنین در جدول ۱ نشان داده شده است . در ساخت مخلوط

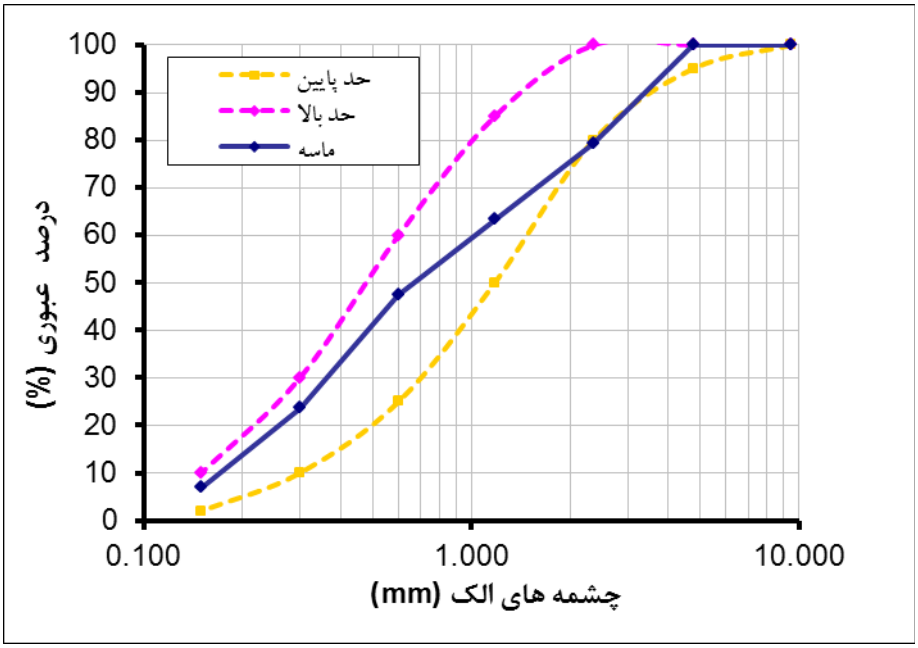
های بتنی از آب آشامیدنی شهر بابل استفاده شده است ، همچنین برای دستیابی به روانی مورد نیاز برای بتن خودتراکم ، از فوق روان کننده با پایه کربوکسیلاتی محصول شرکت طراحان بتن پایدار استفاده شد .

جدول (۱) آنالیز شیمیایی سیمان ، زئولیت . پومیس تفتان

مصالح	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	L.O.I
سیمان	۲۱/۲۵	۴/۹۵	۳/۱۹	۶۴/۰۷	۱/۲	۲/۰۴	۰/۳۸	۰/۶۳	۱/۰۵
زئولیت	۶۷/۷۹	۱۳/۶۶	۱/۴۴	۱/۶۸	۱/۲	۰/۵	۲/۰۴	۱/۴۲	۱۰/۲۳
پومیس	۵۱/۲	۲۰/۷	۱/۲۴	۶/۵	۲/۶	۰/۴۴	۱/۸	۱/۶	۲



شکل ۱ – منحنی دانه بندی شن



شکل ۲ – منحنی دانه بندی ماسه

۲-۲- طرح اختلاط

در این برنامه آزمایشگاهی به منظور بررسی اثر پوزولان بر خواص بتن خودتراکم ۱۰ طرح اختلاط با مقادیر مختلف پوزولان در نظر گرفته شد بدین منظور پودر زئولیت با ۱۰ و ۲۰ درصد وزنی و پومیس تفتان با ۱۵ و ۳۰ درصد وزنی جایگزین سیمان و مورد استفاده قرار گرفتند . در طرح ها از دو نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۶ و ۰/۴ استفاده شد . استاندارد EFNARC که جریان اسلامپ را در سه رده دسته بندی کرده است . رده SF2 که جریان اسلامپ در محدوده ۶۶۰- ۷۵۰ میلیمتر می باشد و برای بسیاری از کاربردهای متداول بتن ریزی مناسب می باشد ، از این رو در این تحقیق سعی شده است مقدار فوق روان کننده طوری انتخاب شود تا قطر اسلامپ بتن های شاهد و پایه زئولیتی و پومیس در این محدوده قرار گیرد که درصد وزنی فوق روان کننده مورد استفاده در جدول ۲ آمده است .

جدول (۲) طرح اختلاط مخلوط ها

کد طرح	w/p	سیمان Kg/m^3	زئولیت Kg/m^3	پومیس نقتان Kg/m^3	درشت دانه Kg/m^3	ریز دانه Kg/m^3	فو ق روان کننده (درصد وزنی مواد سیمانی)	جریان اسلامپ(سانتیمتر)
C	۰/۳۶	۵۰۰	۰	۰	۶۷۴	۹۹۲	۰/۶	۶۷
Z10	۰/۳۶	۴۵۰	۵۰	۰	۶۶۸	۹۸۲	۱	۶۸/۵
Z20	۰/۳۶	۴۰۰	۱۰۰	۰	۶۶۲	۹۷۳	۱/۶	۶۹
P15	۰/۳۶	۴۲۵	۰	۷۵	۶۶۸	۹۸۳	۰,۶	۶۸
P30	۰/۳۶	۳۵۰	۰	۱۵۰	۶۶۲	۹۷۳	۰/۷۳	۶۹
C	۰/۴	۵۰۰	۰	۰	۶۵۴	۹۶۲	۰/۵	۶۸/۵
Z10	۰/۴	۴۵۰	۵۰	۰	۶۴۸	۹۵۲	۰/۸	۶۸
Z20	۰/۴	۴۰۰	۱۰۰	۰	۶۴۱	۹۴۳	۱/۲	۶۷
P15	۰/۴	۴۲۵	۰	۷۵	۶۴۸	۹۵۲	۰/۵	۶۷
P30	۰/۴	۳۵۰	۰	۱۵۰	۶۴۲	۹۴۲	۰/۵۵	۶۹

۲-۳- آزمایش های انجام شده

آزمایش های بتن خودتراکم در دو حالت تازه و سخت شده مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایش های بتن تازه خودتراکم شامل جریان اسلامپ، قیف V شکل ، بر مبنای EFNARC انجام شده است و میزان افت جریان اسلامپ تا ۲ ساعت مورد بررسی قرار گرفت.

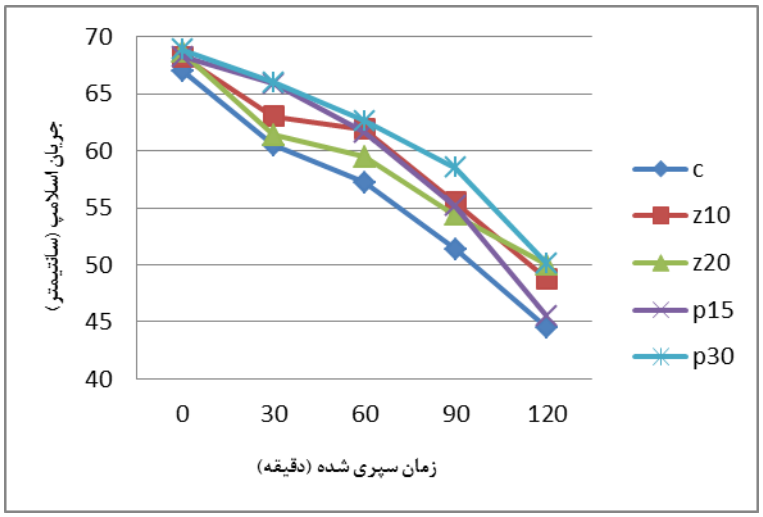
پس از اتمام آزمایش های بتن تازه نمونه ها در داخل قالب ها مربوطه بدون هرگونه تراکم خارجی ریخته شدند .مقاومت فشاری بتن خودتراکم در سنین مختلف شامل ۷ و ۲۸ روزه بر روی نمونه های مکعبی ۱۰ سانتیمتری مورد ارزیابی قرار گرفته است. علاوه بر مقاومت فشاری، نمونه های استوانه ای ۱۵×۳۰cm جهت بررسی مقاومت کششی بتن خودتراکم در سن ۲۸ روزگی بر مبناء آزمایش کشش غیر مستقیم برزیلی استفاده گردید.

۳- نتایج آزمایش ها و بررسی آن ها

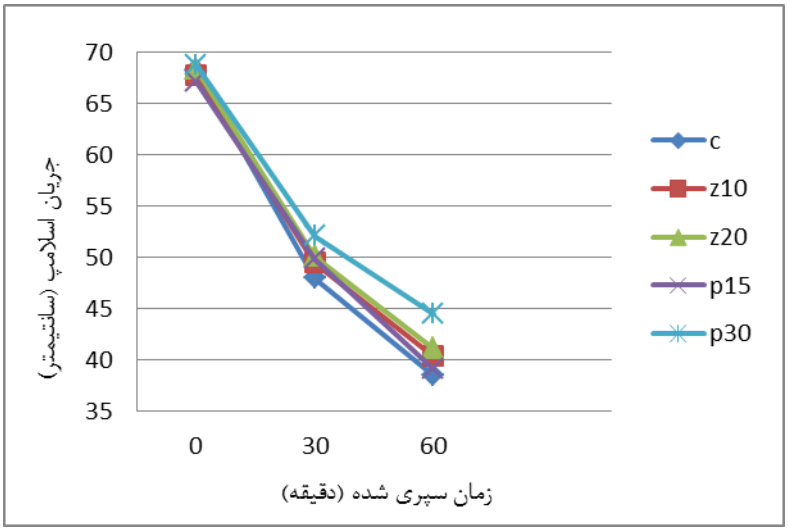
۳-۱- نتایج بتن تازه

۳-۱-۲- آزمایش های بتن خودتراکم در حالت تازه :

در این مطالعه میزان جریان اسلامپ ، میزان افت جریان اسلامپ تا ۲ ساعت ، زمان رسیدن جریان اسلامپ به قطر ۵۰ سانتیمتر و زمان عبور از قیف V شکل مورد بررسی قرار گرفته است . بر اساس نتایج بدست آمده از اشکال ۳ و ۴ افت روانی در هر دو نسبت آب به موادچسباننده روند مشابهی داشته ، طرح های بدون پودر با شدت بیشتری کارایی خود را از دست داده و طرح های شامل پومیس ۳۰ درصد دیرتر افت از خود نشان داده است . بر اساس مطالعات صورت گرفته مهم ترین عامل افت روانی بتن واکنش بین تری کلسیم آلومینات و گچ بوده که منجر به تشکیل اترینگایت شده و کاهش کارایی را به همراه دارد و استفاده پوزولان به عنوان جایگزین بخشی از سیمان منجر به کاهش واکنش فوق شده و کارایی را در مدت زمان بیشتری حفظ می کند..



شکل ۳ – افت روانی در نسبت آب به مواد سیمانی۰/۳۶



شکل ۴ – افت روانی در نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴

تأثیر متفاوت جایگزینی پوزولان طبیعی در نسبت های مختلف آب به چسباننده بر زمان T50 با گذشت زمان بر اساس جداول۳ و ۴ می باشد.

جدول (۳)زمان جریان اسلامپ T50(ثانیه) در نسبت آب به پودر ۰/۳۶

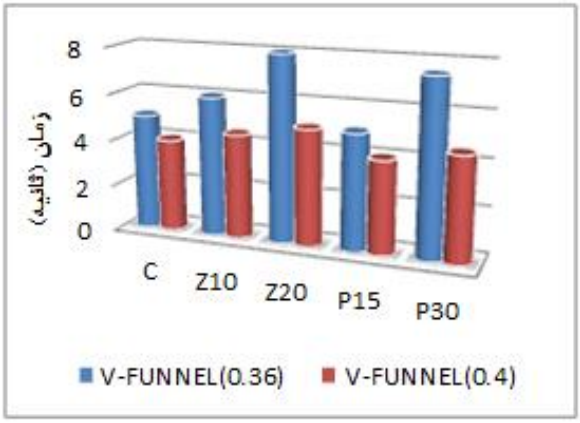
زمان سپری شده (دقیقه)	۰	۳۰	۶۰	۹۰	۱۲۰
C	**۴**	**۸**	**۱۱**	**۱۲**	...
Z10	**۵**	**۸**	**۹**	**۱۱**	...
Z20	**۴**	**۶**	**۷**	**۱۰**	۱۸
P15	**۴,۵**	**۷**	**۹**	**۱۱**	...
P30	**۵**	**۷**	**۹**	**۱۱**	۱۸

جدول (۴)زمان جریان اسلامپ T50(ثانیه) در نسبت آب به پودر ۰/۴

زمان سپری شده (دقیقه)	۰	۳۰	۶۰
C	**۴**	**...**	...
Z10	**۴**	**...**	...
Z20	**۳,۵**	**۸**	...
P15	**۳**	**...**	...
P30	**۳,۵**	**۷**	...

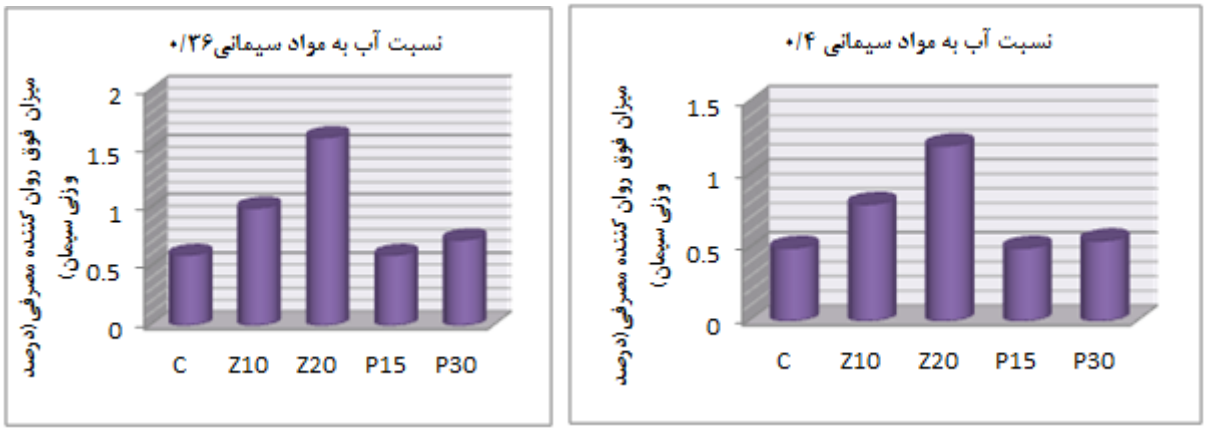
بر اساس نتایج بدست آمده از جدول ۳ با گذشت زمان تا ۱۲۰ دقیقه ، جریان اسلامپ برای نمونه شاهد ، زئولیت ۱۰٪ و پومیس ۱۵٪ به قطر ۵۰ سانتیمتر نرسید ولی در درصد های جایگزینی زئولیت ۲۰ ٪ و پومیس ۳۰٪ تا ۱۲۰ دقیقه زمان جریان اسلامپ عدد بالایی را نشان می دهد که این امر به درصد بالای فوق روان کننده مصرفی در این دو طرح نسبت داده می شود . و بر اساس نتایج جدول ۴ که مشابه نتایج بدست آمده جدول ۳ می باشد ، به دلیل کاهش مقدار فوق روان کننده مصرفی در تمامی طرح ها جریان اسلامپ در برخی طرح ها تا ۳۰ دقیقه به قطر ۵۰سانتیمتر نرسید که افزایش لزجت در این طرح ها با کاهش فوق روان کننده مصرفی صورت گرفته است .

بر اساس شکل۵ با افزایش درصد جایگزینی زئولیت و پومیس در مخلوط ها ، زمان قیف V شکل افزایش پیدا کرده و این نشان از افزایش لزجت بتن می باشد . با توجه به این که زئولیت از خاصیت بالای جذب آب و ساختار شبکه ای بر خوردار می باشد تا حدودی خواص جریان پذیری مخلوط کاهش یافته است اما با افزایش درصد جایگزینی پومیس آهنگ افزایش لزجت بتن کمتر از زئولیت در نسبت های آب به مواد سیمانی های مختلف شده است که علت آن می تواند مربوط به خاصیت جذب آب کمتر پومیس نسبت زئولیت باشد .با توجه به اینکه میزان مصرف فوق روان کننده در نمونه های حاوی زئولیت بیشتر از پومیس بوده و همچنین فوق روان کننده مورد استفاده از خاصیت لزجت زیادی برخوردار است نتایج تایید کننده بر این امر می باشد.



شکل ۵ – تغییرات زمان قیف Vشکل در نسبت های آب به مواد سیمانی ۰/۳۶ و ۰/۴

همان طوری که در شکل ۶ مشخص است با افزایش درصد آب به مواد چسباننده ، کاهش میزان دز مصرفی فوق روان کننده در همه طرح ها ایجاد شده و در هر دو نسبت آب به مواد چسباننده بیشترین و کمترین دز مصرفی فوق روان کننده به ترتیب برای زئولیت ۲۰درصد و پومیس ۱۵ درصد اتفاق افتاده است .



شکل۶- میزان مصرف فوق روان کننده در نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ و ۰/۳۶

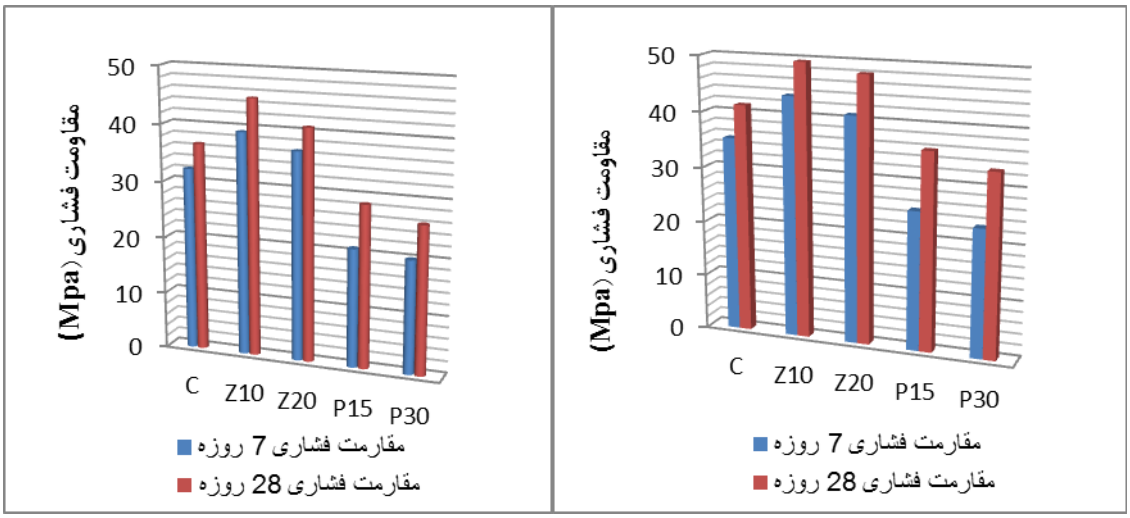
۳-۲- نتایج بتن سخت شده

۳-۲-۱- مقاومت فشاری

مقاومت فشاری بتن در دو نسبت آب به مواد سیمانی و درصد مختلف جایگزینی سیمان در سنین ۷ و ۲۸ روزه مورد بررسی قرار گرفت . و نتایج در اشکال ۷ و ۸ نشان داده شده است . در تمامی طرح ها مقاومت فشاری نمونه ها با افزایش سن بتن افزایش می یابد و با افزایش نسبت آب به مواد سیمانی کاهش مقاومت رخ داده است ، همچنین با توجه به اینکه از درصد های مختلف هر یک از مواد پوزولانی استفاده شده است ، درصد بهینه هر یک از پوزولان ها با توجه به طرح اختلاط مورد استفاده در این تحقیق بدست آمده است . نتایج آزمایش مقاومت فشاری حاکی از آن است که نمونه های حاوی زئولیت و پومیس به ترتیب بیشترین و کمترین مقاومت خود را به خود اختصاص داده اند .با توجه به اینکه مقادیر SiO_2 و Al_2O_3 در پوزولان طبیعی زئولیت بیشتر از پومیس بوده و می تواند با آهک آزاد و آهک حاصل از هیدراتاسیون سیمان واکنش بیشتری دهد و بهبود ریزساختار بتن را در پی داشته باشد ، منجر به افزایش مقاومت فشاری می شود.

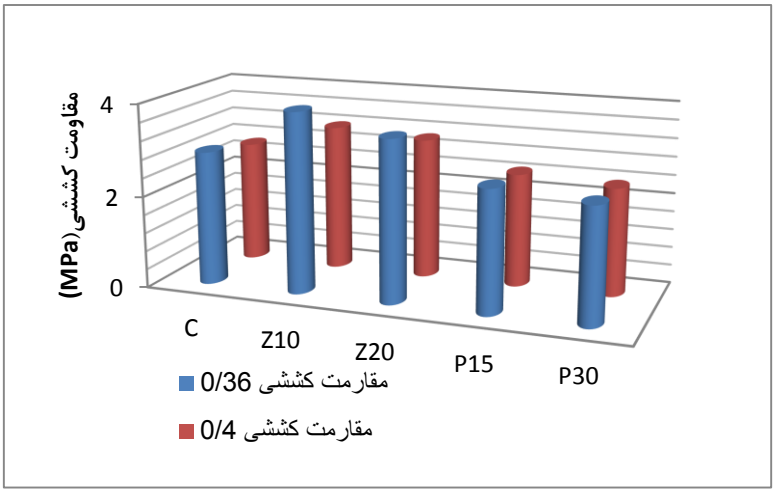
۳-۲-۲- مقاومت کششی

آزمایش مقاومت کششی نمونه ها در سن ۲۸ روز برای تمامی طرح ها مورد برررسی قرار گرفت همان طور که در شکل ۹ نشان داده شده است افزودن پوزولان زئولیت همانند مقاومت فشاری سبب بهبود مقاومت کششی نمونه های بتنی نسبت به طرح های شاهد و پومیس شده است . و در اشکال ۱۰ و ۱۱ ارتباط بین مقاومت فشاری و کششی در نسبت های آب به مواد سیمانی مختلف نشان داده شده است.

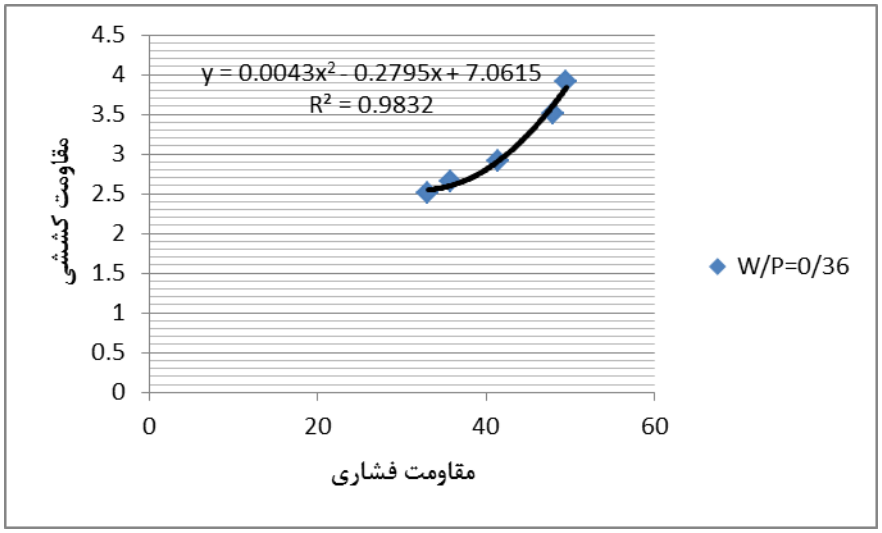


شکل ۷- مقاومت فشاری در W/C=۰/۳٦

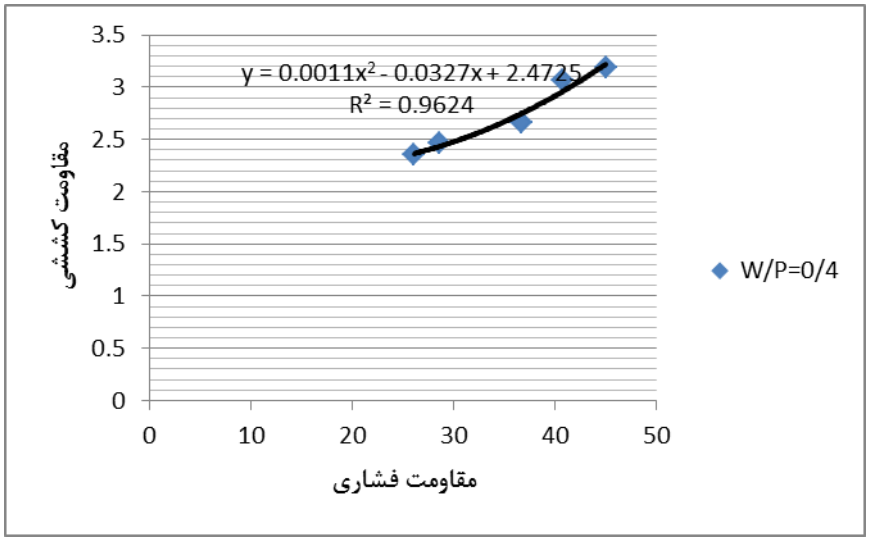
شکل۸- مقاومت فشاری در W/C=۰/٤



شکل ۹- مقاومت کششی ۲۸ روزه



شکل ۱۰- ارتباط بین مقاومت فشاری و کششی ۲۸ روزه در نسبت آب به مواد سیمانی۰/۳۶



شکل۱۱- ارتباط بین مقاومت فشاری و کششی ۲۸ روزه در نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴

۴- نتیجه گیری :

۴-۱- با توجه به ثابت نگه داشتن جریان اسلامپ با استفاده از فوق روان کننده در تمامی طرح ها می توان نتیجه گرفت که با افزایش جایگزینی پوزولان ها مقدار فوق روان کننده مصرفی افزایش می یابد .

۴-۲- نتایج آزمایش قیف V شکل نشان می دهد که در هر نسبت آب به مواد سیمانی، افزایش درصد جایگزینی پودر زئولیت باعث افزایش لزجت نسبت به مخلوط های دارای پومیس و شاهد می شود .

۴-۳- افزایش نسبت آب به مواد پودری سبب کاهش مقاومت فشاری و کششی در تمامی طرح ها در سنین ۷ و ۲۸ روزه می شود .

۴-۴- از بین درصد های جایگزین شده پوزولان ها ، مقدار ۱۰ درصد زئولیت و ۱۵ درصد پومیس نتایج مقاومت فشاری و کششی بهتری در سنین ۷ و ۲۸ روزه از خود نشان می دهد .

۴-۵- روند تغییرات مقاوت فشاری در تمامی طرح ها همانند روند تغییرات مقاومت کششی می باشد به طوری که ارتباط این دو پارامتر با یک تابع درجه دو قابل مشاهده است.

۴-۶- نتایج افت روانی در طرح های حاوی پوزولان نشان می دهد که با جایگزینی پوزولان ها ، به دلیل کاهش واکنش تری کلسیم آلومینات و گچ شاهد افت روانی کمتر ی نسبت به نمونه های بدون پودر می باشیم.

. ۴-۷- بر اساس نتایج بدست آمده در هر دو نسبت آب به مواد سیمانی ، طرح حاوی جایگزینی پومیس ۳۰ درصد کارایی را برای مدت زمان بیشتری حفظ می کند .

۴-۸- تغییران جریان اسلامپ با گذشت زمان نشان می دهد که با افزایش نسبت آب به مواد پودری جریان پذیری بتن خودتراکم به شدت کاهش می یابد که این امر به کاهش مقدار فوق روان کننده مصرفی در نسبت آب به مواد سیمانی بالا نسبت داده می شود .

مراجع:

1- De Geyter, N., (2002), "The Influence of Filler on The Properties of Self Compacting Concrete in Fresh and Hardened State" , Catholic University Leuven.

2- EFNARC., (2005), "the European Guidelines for Self Compacting Concrete, Specification, production and use", http://www.efnarc.Org

3- ACI237R-07, "Self-Consolidating Concrete", American Concrete Institute, 2007.

۴- رحمت مدندوست ، ملک محمد رنجبر تکلیمی ، جاوید ملک دوست ، " ارزیابی تغییرات بتن خودتراکم حاوی زئولیت در دیوار بتنی " ، چهارمین کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران ،تهران ، ۱۵ مهرماه ۱۳۹۱

۵- محمد شکرچی زاده ، نیکلاس علی لیبر ، راحیل خوش نظر ، اسرا کمالی نژاد ، " بررسی روش های متداول طرح مخلوط بتن خود تراکم " دومین کارگاه تخصصی بتن خود متراکم ، اردیبهشت ۱۳۸۸ دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۶- رحمت مدندوست ، سید یاسین موسوی ، " تاثیر زئولیت بر خواص بتن تازه وسخت شده خودتراکم " ، چهارمین کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران ،تهران ، ۱۵ مهرماه ۱۳۹۱

7- Najmi, M. and Sobhani, J. and Ahmadi, B. and Shekarchi, M., "An experimental study on durability properties of concrete containing zeolite as a highly reactive natural pozzolan," Constr Build Mater, Vol. 35, Jul, 2012, pp. 1023-1033.

8- Sahmaran, M. and Ozkan, N. and Keskin, S.B. and Uzal, B., "Evaluation of natural zeolite as a viscosity-modifying agent for cement-based grouts," Cem Concr Res," Vol. 38, 2008, pp. 930-937

9- Türkmen I, Aydin A, Aydin AC. Characteristics of workability, strength, and ultrasonic pulse velocity of SCC containing zeolite and slag. Science Research Essays, 5, 2055-2064, 2010.

10- Cioffi R, Colangelo F, Caputo D, Liguori B. Influence of High Volumes of Ultra-Fine Additions on Self-Compacting Concrete.

11- Ramezanianpour, A. A. and Kazemian, A. and Sarvari, M. and Ahmadi, B., "Use of natural zeolite to produce Self-consolidating concrete with low Portland cement content and high durability," J. of Materials in Civil Engineering, ASCE, accepted June 2012.

۱۲- هرمز فامیلی .علیرضا باقری .محمود ایرجیان، " مواد پوزولانی و سرباره ای کشور و کاربرد آنها در صنعت سیمان و بتن "،اولین کنفرانس بین المللی بتن وتوسعه، تهران. ۱۳۸۰

۱۳- وحید خلیلی خرّم ، حمیدرضا وثوقی فر ، عباس منصوری"بررسی آزمایشگاهی تأثیر پوزولان خاش بر افزایش مقاومت بتنRCC در سنین بالا"، سومین کنفرانس بین المللی بتن و توسعه،۱۳۸۸

۱۴- سامان شایگی نیک، (۱۳۸۵) ، " بررسی بعضی از خصوصیات پودر پوزولان پومیس تفتان به عنوان جایگزین بخشی از سیمان "،پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان.

15- Kelestemur, O. Demirel, B. (2010) "Corrosion behavior of reinforcing steel embedded in concrete produced with finely ground pumice and silica fume", Constrution and building matreails, Vol. 24, pp. 1898-1905.

16- Hossain, Kh.M.A. (2008) "Pumice based blended cement concretes exposed to marine environment: Effects of mix composition and curing conditions", Cement and concrete composites, Vol. 30, pp. 97-105.

۱۷- علی اکبر رمضانیانپور، مرتضی صمدیان ، مهدی مهدی خانی ، فرامرز مودی، "بررسی آثار مواد پوزولانی بر دوام بتن های خودمتراکم" ، مجله علمی -پژوهشی «عمران مدرس» دوره یازدهم، شماره۳ ، پاییز ۱۳۹۰

۱۸- ناصر سارانی ، محمود میری ، مهدی قویدل شهرکی ، "بررسی مقاومت ویژه الکتریکی و امواج فرا صوت در بتن خود تراکم حاوی پومیس و زئولیت " ، هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی شهید یکبخت، زاهدان ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ماه۱۳۹۲