بررسی تاثیر پوزولان تراس در خواص مکانیکی و برخی از پارامترهای دوام بتن

صدیقه حسن‌پور، شقایق سادات حاجی‌وثوق ، شیرین بیدگلی ، بهناز نوین‌فرد[۱] ، علی اکبر رمضانیانپور[۲]، ابراهیم قیاسوند[۳]

۱.دانشجویان کارشناسی مهندسی عمران، دانشکده عمران و محیط زیست ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۲.استاد دانشکده عمران ، رئیس مرکز تحقیقات تکنولوژی و دوام بتن دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۳.دانشجوی دکتری مدیریت ساخت ، دانشکده عمران و محیط زیست ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

Email:anis_hasanpour@aut.ac.ir

(کدمقاله : E - کد انجمن :۱۸)

چکیده

مزایای استفاده از مواد مکمل سیمانی نظیر پوزولان‌های طبیعی به عنوان جایگزین بخشی از سیمان به خوبی شناخته شده است. مقاله حاضر، اثرات استفاده از سه نوع پوزولان طبیعی (تراس جاجرود) بر مقاومت فشاری، جذب آب مویینه، جذب آب حجمی، مقاومت الکتریکی و انبساط ناشی از واکنش قلیایی سیلیسی در نمونه‌های بتن و ملات را بررسی می‌کند. سیمان‌های آمیخته مصرفی در این پژوهش، با استفاده از جایگزینی بخشی از کلینکر با ۲۸، ۴۲ و ۵۶ درصد پوزولان و با استفاده از آسیاب جداگانه، تولید شدند. نسبت آب به سیمان در همه طرح-های بتنی برابر با ۰/۵ و مقدار سیمان در هر مترمکعب برابر با ۳۵۰ کیلوگرم در نظر گرفته شد. به طور کلی، نتایج نشان می‌دهد مقاومت فشاری نمونه‌های بتنی با افزایش پوزولان کاهش یافته؛ اما پارامترهای دوام نمونه‌های ساخته شده از سیمان‌های آمیخته پوزولانی نسبت به سیمان شاهد، به میزان قابل ملاحظه‌ای بهبود یافته است.

واژه های کلیدی: پوزولان طبیعی ، سیمان آمیخته ، دوام ، مقاومت فشاری

۱- مقدمه

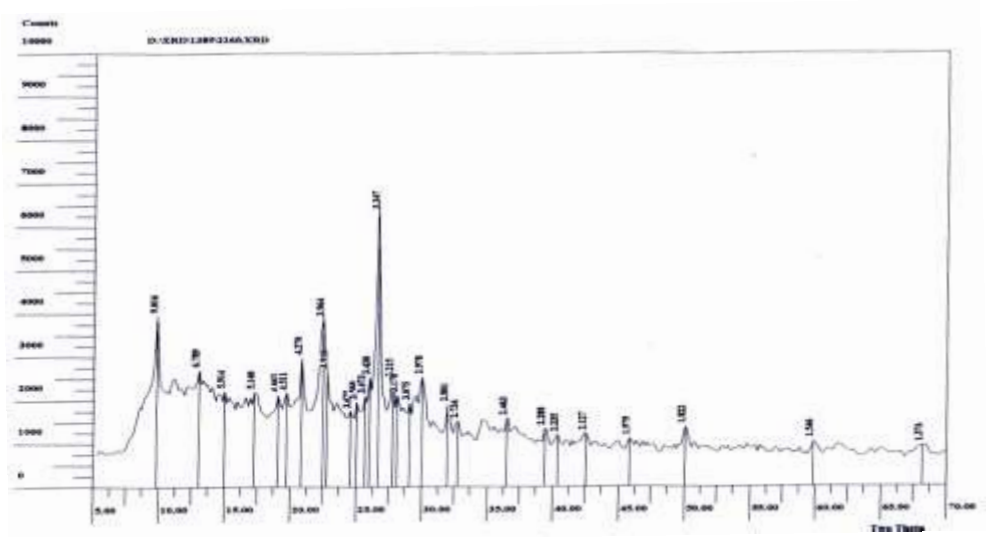
بتن به دلیل دارا بودن مزیت‌هایی نسبت به مصالح ساختمانی دیگر، به عنوان پرمصرف‌ترین مصالح ساختمانی شناخته می‌شود. با افزایش تولید سیمان از ابتدای قرن گذشته، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای افزایش یافته است. صنعت سیمان به عنوان یکی از اصلی‌ترین منابع تولیدکننده گازهای گلخانه‌ای شناخته می‌شود. در این میان، کشورهای در حال توسعه با حجم بالای فعالیت‌های عمرانی، نیاز بیش‌تری به توسعه صنعت سیمان دارند. کشور ما نیز از این امر مستثنی نمی‌باشد. یکی از راه‌های عملی در این زمینه تولید سیمان‌های آمیخته می‌باشد؛ تا بتوان ضمن تنوع بخشیدن به محصولات تولیدی، در جهت کاهش میزان انرژی مصرفی و آلودگی زیست محیطی اقدام موثری انجام داد[۱]. در این راستا در سال ۱۸۹۵ کاندلوت و دایک هوف از گرد آهک (نوعی که بر اثر جذب آب متورم می‌شود) به عنوان کاهش‌دهنده نفوذپذیری بتن استفاده کردند. در سال ۱۹۶۲ فرت نتایج تحقیقات خود را در زمینه اثر کربنات‌ها، سولفات‌ها، سیلیکات‌ها، کلریدها و برخی از مواد آلی به صورت رسمی منتشر نمود. از سال ۱۹۳۵ تولید مواد افزودنی در سطحی گسترده و به صورت تجاری آغاز گردید. امروزه استفاده از سیمان‌های پوزولانی به منظور صرفه‌جویی در میزان سیمان و افزایش دوام و پایائی بتن بسیار مورد توجه قرار گرفته است[۲]. به طور مثال در سال‌های اخیر طی آزمایشاتی نشان داده‌شده است که مقاومت فشاری ملات‌ها و بتن‌های ساخته شده از سیمان آمیخته تا سن ۹۱ روز از نمونه‌های ساخته شده با سیمان پرتلند کم‌تر است[۳و۴]. بتن‌های ساخته شده با پوزولان تراس در دراز مدت شروع به ازدیاد مقاومت کرده و مقاومت نهایی در این بتن‌ها حتی بالاتر از بتن حاوی سیمان پرتلند معمولی می‌باشد[۵] و نیز گیرش اولیه و نهایی سیمان آمیخته طولانی‌تر از سیمان پرتلند است[۶].

به طور کلی دستیابی به کیفیت مناسب در بتن‌های ساخته شده از سیمان‌های آمیخته برای افزایش دوام و مقاومت دراز مدت، مستلزم انجام سلسله آزمایشاتی است. در این راستا با هدف بررسی پارامترهای دوام و مقاومت بتن‌های حاوی سیمان آمیخته آزمایش‌هایی انجام گرفته است.

۲- برنامه آزمایش‌ها

۲-۱ مصالح

در این پژوهش به منظور بررسی پارامترهای مقاومت و دوام بتن‌های حاوی پوزولان طبیعی، سیزده طرح که مشخصات مصالح آن به شرح زیر می‌باشد،در آزمایشگاه بتن و مصالح‌ساختمانی دانشگاه صنعتی امیرکبیر ساخته‌شد.
سیمان‌های استفاده شده، سیمان تیپ ۲ تهران در چهار گروه به نام های PTO ، PTN ، PTT و PTS (سیمان شاهد) است.
سیمان PTO از سنگ‌های توف می‌باشد. کانی‌های شاخص آن فلدسپات‌ها وکوارتز است. متخلخل می‌باشد و براساس معیارهای میکروسکوپی، درجه فعالیت پوزولانی آن در زمره متوسط تا خوب قرار می‌گیرد.
سیمان PTN از سنگ‌های آذرین و توف می‌باشد. کانی‌های شاخص آن فلدسپات‌ها وکوارتز است. متخلخل می‌باشد و براساس معیارهای میکروسکوپی، درجه فعالیت پوزولانی آن در زمره متوسط به سمت ضعیف پیش‌بینی می‌شود.
سیمان PTT از سنگ‌های آذرین و توف می‌باشد. کانی‌های شاخص آن فلدسپات‌ها و کوارتز است. تخلخل میکروسکوپی آن جزئی است و براساس معیارهای میکروسکوپی، درجه فعالیت پوزولانی آن در زمره ضعیف قرار می‌گیرد.
به طور مثال نتیجه آزمایش XRD پوزولان PTO در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که عناصر موجود در PTO به ترتیب فراوانی عبارتند از: کوارتز ، هیولندیت ، آلبیت ، آنورتیت .



شکل۱- آنالیزXRD سیمان حاوی پوزولان PTO

هم‌چنین نتایج آنالیز شیمیایی پوزولان PTO در جدول ۱ آورده شده‌است.

جدول ۱- نتاج آنالیز شیمیایی نمونه پوزولان PTO

نمونه	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	Na2O	K2O	LOI	Total
PTO	۶۶/۱۵	۱۱/۹۲	۲/۲۰	۴/۰۳	۲/۴۲	۲/۱۴	۱/۷۱	۹/۱۶	۹۹/۷۴

هم‌چنین نتایج تست فعالیت پوزولانی به روش TG بر روی نمونه‌های دپوی پوزولان سیمان تهران در جدول و شکل ۲ نشان داده شده‌است.

جدول ۲- نتایج تست فعالیت پوزولانی به روش TG نمونه‌های معرف دپوی پوزولان سیمان تهران

ردیف	کد نمونه	موقعیت نمونه	زبره باقیمانده روی الک ۹۰ میکرون (٪)	نتایج اکتیویته پوزولانی به روش TG			
				۳ روزه	۷ روزه	۱۴روزه	۲۸روزه
۱	PTO	دپوی قدیمی	۴/۲	۴۳/۴۷	۴۹/۴۶	۵۴/۱۰	۵۷/۳۶
۲	PTN	دپوی جدید	۴/۶	۴۵/۹۸	۵۱/۶۳	۵۳/۸۴	۵۸/۹۹
۳	PTT	دپوی جدید و قدیم	۴/۴	۳۶/۳۰	۴۵/۴۳	۵۲/۴۳	۵۹/۷۸
۴	شاهد – پوزولان خاش	ایران	-	۴۵/۴۹	۵۳/۶۱	۶۰/۲۵	۶۶/۹۰

سنگدانه‌های مصرفی در این پروژه جهت ساخت بتن، از معادن سنگی حاشیه شهر تهران تأمین گردید و حداکثر اندازه سنگدانه-های مصرفی برابر با ۱۹ میلی‌متر بود.
ضمناً جهت انجام آزمایش واکنش قلیایی سیلیسی تسریع شده، از مصالح سنگی موجود در سد شهریار (استور) استفاده شد که این مصالح از واکنش‌زایی نسبتاً زیادی برخوردار هستند.
برای ساخت ملات‌ها از ماسه با دانه‌بندی طبق استاندارد ASTM C1260 [۷]استفاده شده است که مشخصات آن در جدول۳ آورده شده‌است.

جدول ۳- مشخصات دانه بندی ماسه

شماره الک	درصد وزنی ردشده از الک
۴	۱۰۰
۸	۹۰
۱۶	۷۵
۳۰	۷۵
۵۰	۷۵
۱۰۰	۸۵

۲-۲ نسبت اختلاط

ساخت بتن در مخلوط‌کن۳۰ لیتری انجام شده‌است. پوزولان‌های جایگزین شده ۴۲،۲۸،۱۴و۵۶ درصد می‌باشد. تمام جایگزین‌ها بر اساس وزن است. نسبت آب به سیمان (W/C) در کلیه طرح‌ها مقدارثابت ۰/۵ درنظر گرفته شده‌است. جزئیات طرح اختلاط یک مترمکعب بتن در جدول ۴ آورده شده‌است.

جدول۴- مشخصات طرح اختلاط نمونه‌های بتن

W/C	اجزای بتن در (kg/m^3)				
	شن نخودی	شن بادامی	ماسه	سیمان	آب
۰/۵	۴۵۳/۷۵	۴۵۳/۷۵	۱۳۶۱/۲۵	۳۵۰	۱۷۵

هم‌چنین در طرح‌های حاوی پوزولان از روان‌کننده به مقدار ۱ الی ۷ درصد وزن سیمان، بسته به درصد جایگزینی پوزولان، استفاده شده است.

۳-۲ مراحل آزمایش‌ها و آماده سازی نمونه‌ها

نمونه‌ها پس از ساخت به منظور خروج هوای محبوس، روی میز ویبره قرار گرفتند. پس از ویبره کردن، به مدت یک روز با پارچه مرطوب پوشیده شده و بعد از آن از قالب خارج گردیدند و تا سن آزمایش به منظور جلوگیری از تبادل یونی کلسیم هیدروکسید، درآب آهک اشباع غوطه‌ور شدند.

از نمونه‌های مکعبی۱۰*۱۰*۱۰ سانتی‌متر برای آزمایش مقاومت فشاری استفاده شد. این آزمایش طبق استاندارد ISIRI3206 [۸] انجام شده‌است.ئنمونه‌ها در سنین ۲۸،۷،۳و۹۰ روز پس از عمل‌آوری در آب آهک ، مورد آزمایش قرار گرفتند.

آزمایش جذب آب حجمی طبق استاندارد BS EN-12390-8 [۹] روی نمونه‌های مکعبی ۱۰*۱۰*۱۰ سانتی‌متر و در سنین ۷و۲۸و۹۰ روز انجام شد. نمونه‌ها تا سن آزمایش در آب آهک اشباع غوطه‌ور بودند. سپس ۲ روز در آون بادمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد و پس از آن ۱ روز در دمای آزمایشگاه قرار گرفتند. بعد از آن نمونه به مدت ۳۰ دقیقه در آب غوطه‌ور شد.

آزمایش جذب آب موئینه طبق استاندارد EN480-50 [۱۰] روی نمونه های مکعبی ۱۰*۱۰*۱۰ سانتی متر و در سنین ۲۸ و۹۰ روز انجام شد. نمونه‌ها تا سن آزمایش در آب آهک اشباع غوطه‌ور بوده، سپس ۱۴روز در اون با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس ۵ وجه هر مکعب با مواد عایق پوشانده شد و نمونه‌ها از وجهی که پوشیده نشده بود در آب قرار گرفتند به گونه‌ای که عمق آب در ۰/۵ سانتی‌متری از وجه پایینی نمونه قرار داشت.

واکنش قلیایی سیلیسی تسریع شده سنگدانه‌ها طبق استاندارد ASTM C1260 [۷] روی نمونه‌های منشوری ۲.۵*۲.۵*۲۸.۵ سانتی‌متر و در سنین ۳و۱۰و۱۴و۲۸ روز انجام شد. نمونه‌ها تا سن آزمایش درمحلول سودسوزآور قرار داشتند.

آزمایش مقاومت الکتریکی روی نمونه‌های مکعبی ۱۰*۱۰*۱۰ سانتی‌متر و در سنین ۱۴،۳و۲۸ روز انجام گردید. نمونه‌ها تا سن مورد آزمایش در آب آهک عمل‌آوری گردیدند. در هر بار از انجام آزمایش، ابتدا دستگاه آزمایش مقاومت الکتریکی کالیبره می‌شد و سپس مقاومت الکتریکی بر وجوه مختلف هر نمونه بتنی اندازه‌گیری گردید. رطوبت نمونه بتنی بر روی نتایج اثر می‌گذارد، از این‌رو باید نمونه‌های بتنی پس از خارج شدن از محلول آب آهک به سرعت مورد آزمایش قرار گیرند.

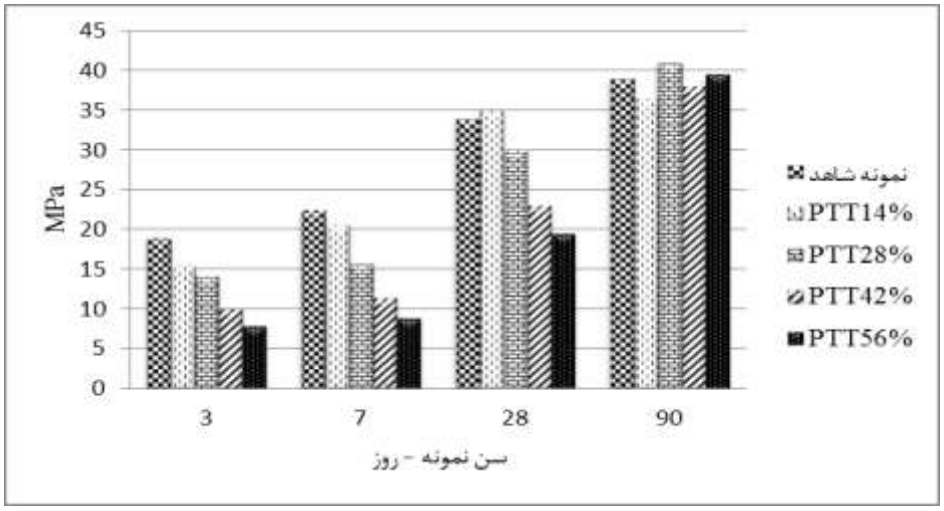
۳- تفسیر نتایج

۳-۱ مقاومت فشاری

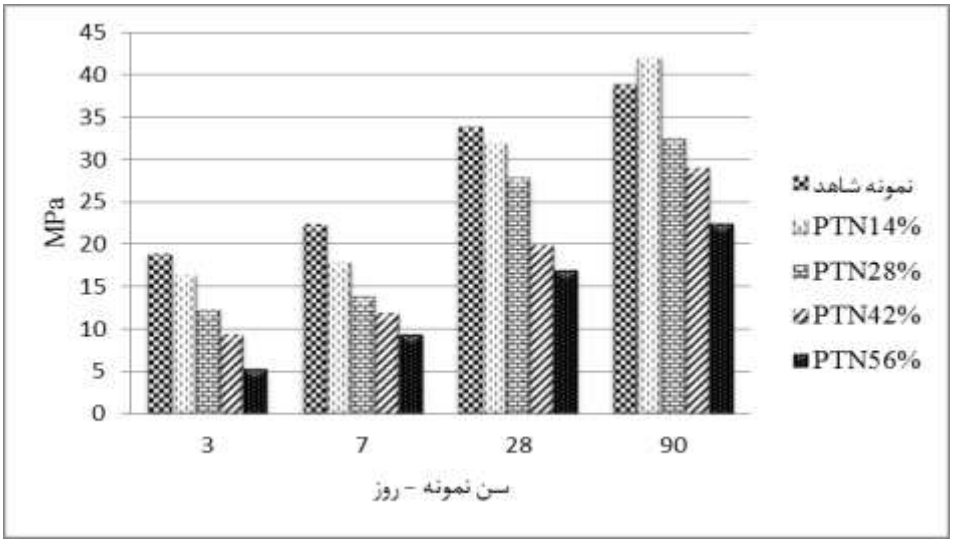
مقاومت فشاری نمونه‌های ساخته شده در سنین ۲۸،۷،۳و۹۰ روزه به دست آمده و نتایج آن در جدول ۵ و شکل‌های ۴،۳ و۵ آمده است.

جدول ۵- مقاومت فشاری نمونه های بتن(مگاپاسکال)

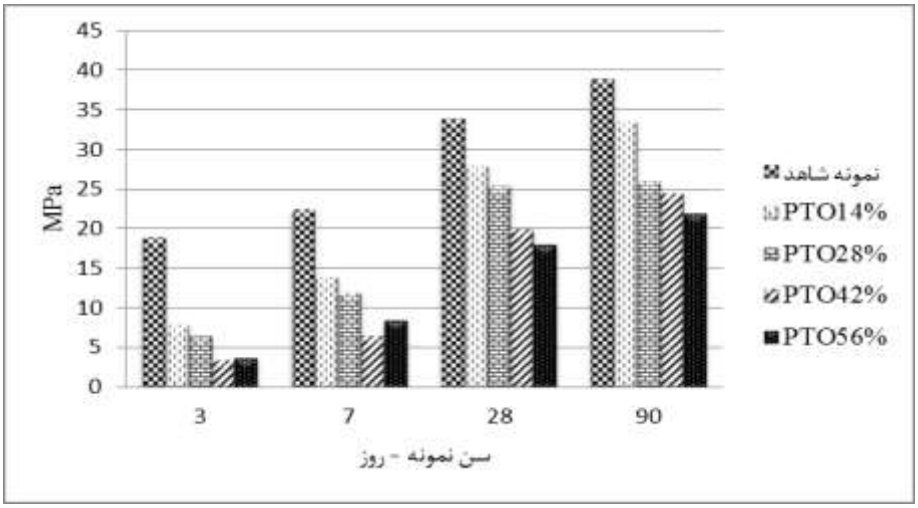
نمونه / سن	*PTS*	*PTT14*	*PTT28*	*PTT42*	*PTT56*	*PTN14*	*PTN28*	*PTN42*	*PTN56*	*PTO14*	*PTO28*	*PTO42*	*PTO56*
۳ روزه	۱۴	۱۲	۸.۵	۶	۴	۱۰.۲۵	۷.۵	۶.۲۵	۳.۷۵	۸	۶.۵	۳.۵	۳.۷۵
۷ روزه	۲۲.۵	۲۱	۱۵.۷۵	۱۱.۵	۹	۱۸	۱۴	۱۲	۸.۵	۱۴	۱۲	۶.۵	۸.۵
۲۸ روزه	۳۴	۳۵	۳۰	۲۳	۱۹.۵	۳۲	۲۸	۲۰	۱۷	۲۸	۲۵.۵	۲۰	۱۸
۹۰ روزه	۳۹	۴۲	۴۱	۳۸	۳۹.۵	۴۲	۳۲.۵	۲۹	۲۲.۵	۳۳.۵	۲۶	۲۴.۵	۲۲



شکل ۳- مقایسه مقاومت فشاری نمونه‌های PTT با نمونه شاهد



شکل۴- مقایسه مقاومت فشاری نمونه‌های PTN با نمونه شاهد



شکل ۵- مقایسه مقاومت فشاری نمونه‌های PTO با نمونه شاهد

با توجه به شکل‌های فوق نمونه‌های ساخته شده از سیمان‌های حاوی پوزولان PTT ، در درصدهای مختلف مقاومت بیشتری را نسبت به نمونه‌های ساخته شده از PTO و PTN از خود نشان می‌دهند، که این امر نشان‌دهنده فعالیت پوزولانی سریع‌تر گروه PTT می‌باشد.
همان‌طور که از شکل‌ها برمی‌آید اکثر نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد ، تا سن ۹۰ روز دارای مقاومت کم‌تری می‌باشند. این موضوع پس از سن ۹۰ روز می‌تواند وضعیت دیگری را داشته باشد.
در سن ۳-۷ ، ۷-۲۸ و ۲۸-۹۰ روز درصد افزایش مقاومت در تمام نمونه‌های حاوی پوزولان بیش از نمونه شاهد است.
هرچه درصد پوزولان جایگزین شده بیشتر باشد، درصد افزایش مقاومت در سنین ۳-۷ ، ۷-۲۸ و ۲۸-۹۰ روز بیش‌تر است.
بخش عمده افزایش مقاومت در نمونه شاهد در سن ۳-۷ روز اتفاق می‌افتد؛ درصورتی‌که در نمونه‌های حاوی پوزولان عمده افزایش مقاومت مربوط به سن ۷-۲۸ روز می‌باشد. در نمونه‌های حاوی۴۲ و ۵۶ درصد پوزولان، خصوصا نمونه PTN ، افزایش مقاومت تا سن ۹۰ روز نیز با سرعت زیادی ادامه دارد. به‌طور نمونه درصد افزایش مقاومت برای PTN56% در سنین۷-۲۸ و ۲۸-۹۰ روز به‌ترتیب مطابق زیر است:

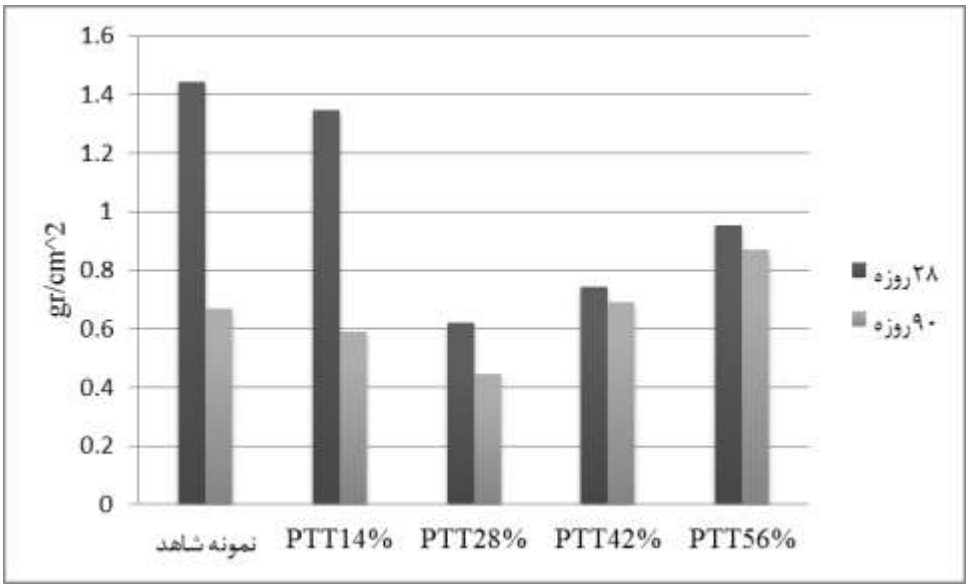
[(۱۹.۵-۹)/۹]*۱۰۰=۱۱۷%
[(۳۹.۵-۱۹.۵)]*۱۰۰=۱۰۲%

۳-۲ جذب آب موییِنه

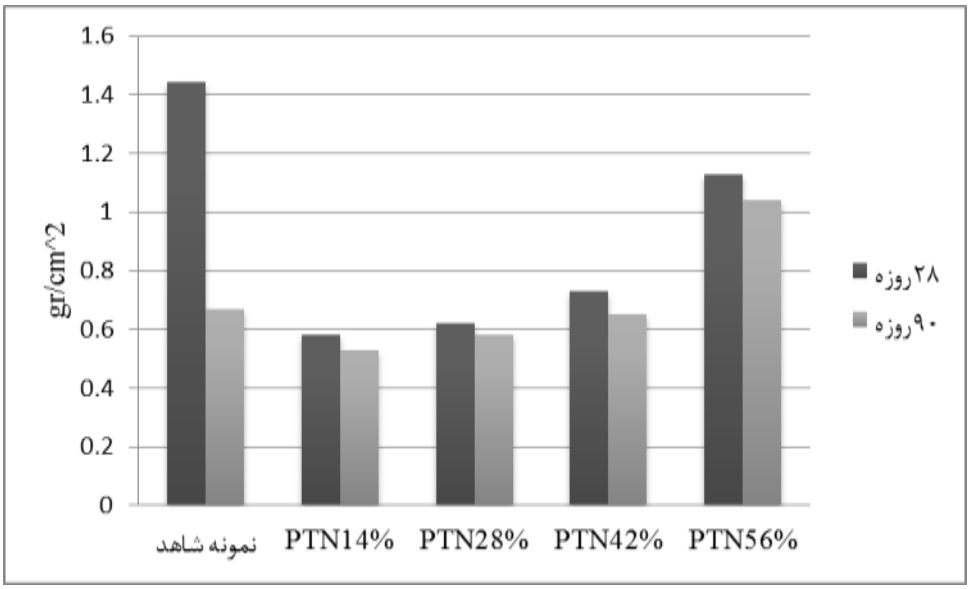
جذب آب موییِنه نمونه‌های ساخته شده در سنین ۲۸ و ۹۰ روزه به دست آمده و نتایج آن درجدول ۶ وشکل ۷،۶و۸ آمده‌است.

جدول۶- جذب آب موییِنه نمونه‌های بتن (گرم برسانتی متر مربع)

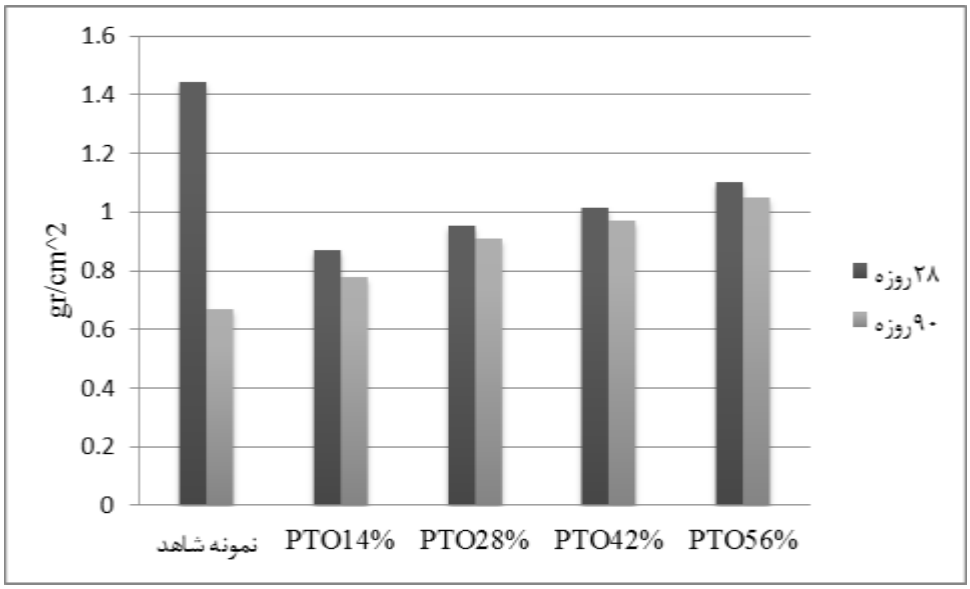
نمونه / سن	*PTS*	*PTT14*	*PTT28*	*PTT42*	*PTT56*	*PTN14*	*PTN28*	*PTN42*	*PTN56*	*PTO14*	*PTO28*	*PTO42*	*PTO56*
۲۸ روزه	۱.۴۴۵	۱.۳۴۵	۰۶۲	۰.۷۴۵	۰.۹۵۵	۰۵۸	۰۶۲	۰۷۳	۱.۱۳	۰۸۷	۰.۹۵۵	۱.۰۱۵	۱.۱
۹۰ روزه	۰۶۷	۰۵۹	۰.۴۴۵	۰۶۹	۰۸۷	۰۵۳	۰۵۸	۰۶۵	۱.۰۴	۰۷۸	۰۹۱	۰۹۷	۱.۰۵



شکل ۶- مقایسه جذب آب موئینه نمونه‌های PTT با نمونه شاهد



شکل۷- مقایسه جذب آب موئینه نمونه‌های PTN با نمونه شاهد



شکل۸- مقایسه جذب آب موئینه نمونه های PTO با نمونه شاهد

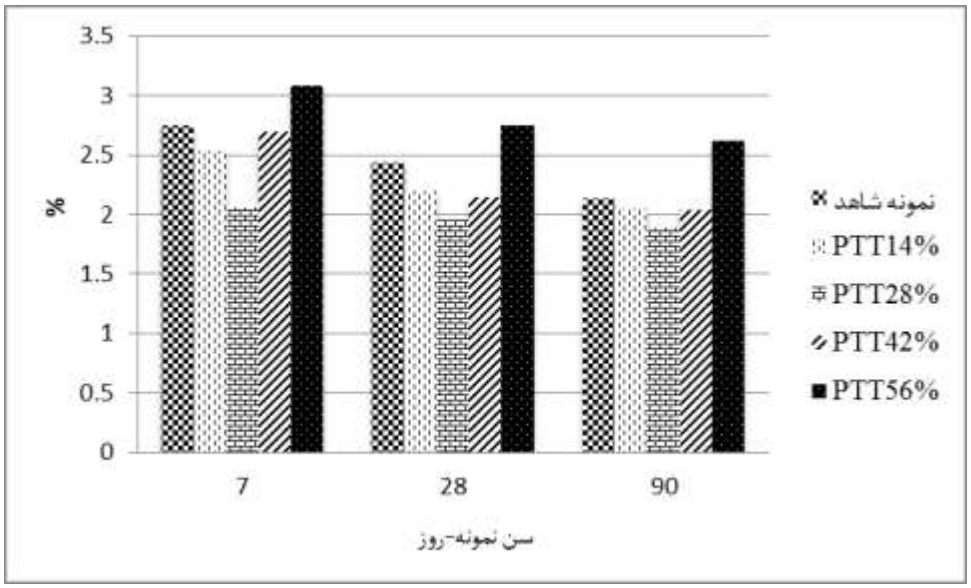
جذب آب مویینه با گذشت زمان کاهش می‌یابد؛ این کاهش در نمونه‌های PTT به دلیل تخلخل جزئی آن بارزتر است.
شکل ۶و۷ نشان می‌دهد تاجایگزینی ۲۸٪ کلینکر با پوزولان، جذب آب مویینه روند کاهشی داشته، لیکن در درصدهای ۴۲و۵۶ این روند افزایشی است. افزایش جذب آب مویینه در نمونه‌های حاوی بیش از ۲۸ درصد پوزولان تراس، می‌تواند به دلیل پدیده رقیق سازی کلینکر باشد.
با توجه به شکل ۸، در نمونه‌های PTO کم‌ترین جذب آب مویینه را PTO14% دارا می‌باشند و با افزایش درصد پوزولان، همواره جذب آب افزایش می‌یابد.

۳-۳ جذب آب حجمی

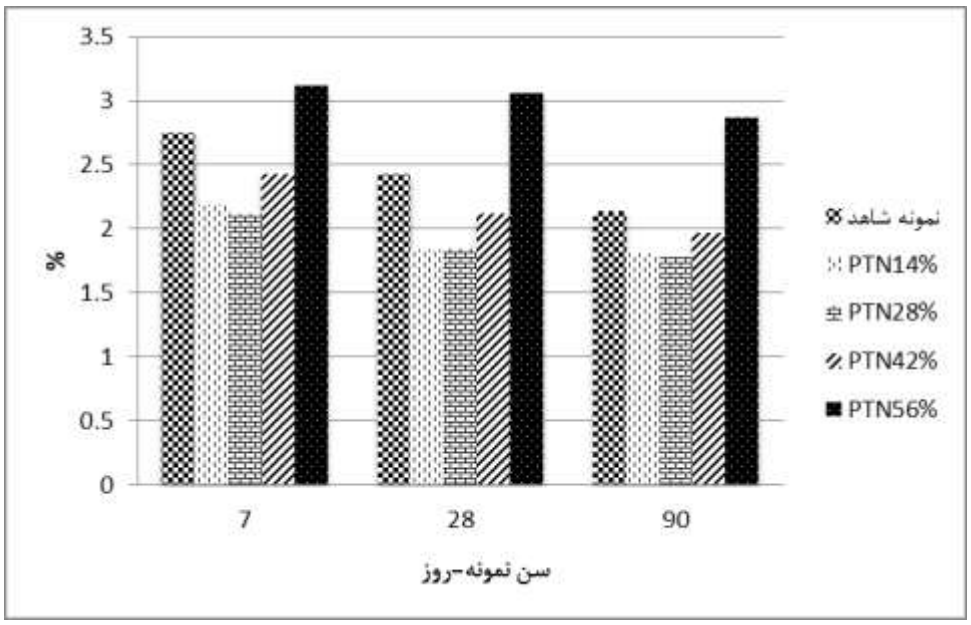
جذب آب حجمی نمونه‌های ساخته شده در سنین ۲۸،۳و۹۰ روزه به دست آمده و نتایج آن در جدول ۷ و شکل ۹،۱۰و۱۱ آمده است.

جدول ۷- جذب آب حجمی نمونه‌های بتن(٪)

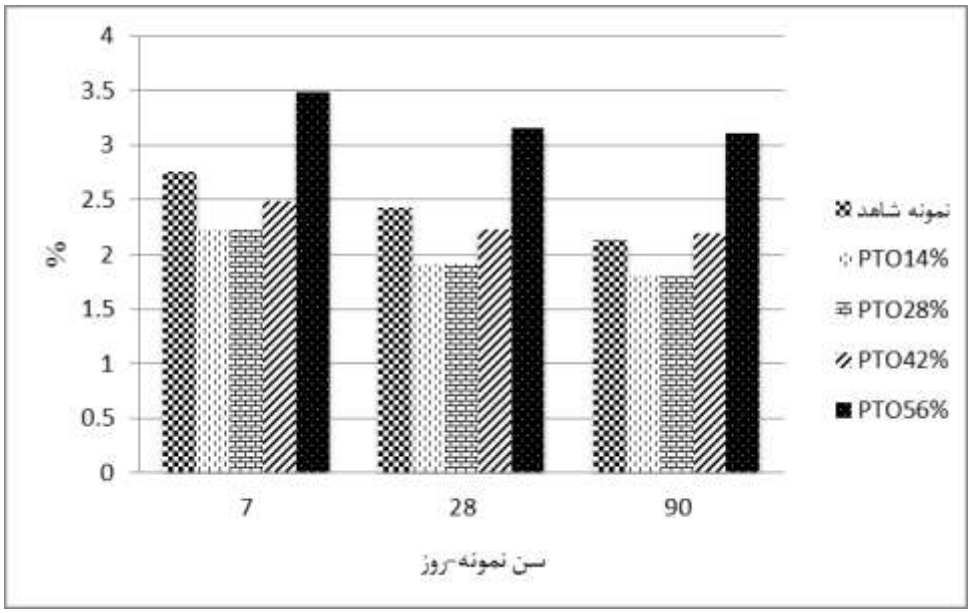
نمونه / سن	PTS	PTT14	PTT28	PTT42	PTT56	PTN14	PTN28	PTN42	PTN56	PTO14	PTO28	PTO42	PTO56
۷روزه	۲.۷۵	۲.۵۳	۲.۰۵۵	۲۶۹	۳.۰۸۵	۲.۱۸۵	۲.۱۱۵	۲.۴۲۵	۳.۱۲	۲.۲۳	۲.۲۵۵	۲.۴۸	۳.۴۸۵
۲۸روزه	۲.۴۳	۲.۲	۱.۹۵	۲.۱۴۵	۲.۷۵	۱.۸۴	۱.۸۵	۲.۱۱۵	۳.۰۵۵	۱.۹۱	۱.۹۷	۲.۲۳	۳.۱۵
۹۰روزه	۲.۱۳۵	۲.۰۵	۱.۸۹	۲.۰۴	۲.۶۲	۱.۸۱	۱.۷۸	۱.۹۷	۲.۸۶۵	۱.۸	۱.۹۴	۲.۱۹	۳.۱۱



شکل۹- مقایسه جذب آب حجمی نمونه های PTT با نمونه شاهد



شکل۱۰- مقایسه جذب آب حجمی نمونه‌های PTN با نمونه شاهد



شکل۱۱- مقایسه جذب آب حجمی نمونه‌های PTO با نمونه شاهد

در شکل‌های فوق مشخص است که در هر گروه نمونه‌های حاوی ۲۸ درصد پوزولان کم‌ترین میزان جذب آب حجمی را دارا می-باشند. در این میان نمونه‌های گروه PTN در درصدهای جایگزینی ۲۸،۱۴و۴۲ نسبت به دو گروه دیگر جذب آب حجمی کم-تری دارند، لیکن در درصد جایگزینی۵۶ درصد آزمایش‌ها روند مشخصی را نشان نمی‌دهند.

۳-۴ آزمایش مقاومت الکتریکی

تمامی نمونه‌ها در سنین ۴۲،۲۸،۷و۹۰ روز دارای مقاومت الکتریکی ۱۰۰ کیلواهم-سانتی‌متر بودند.این موضوع حاکی از آن است که میزان افزایش و بهبود عملکرد نمونه‌های بتن حاوی مواد پوزولانی، از نظر مقاومت الکتریکی بسیار مطلوب است که دلیل آن

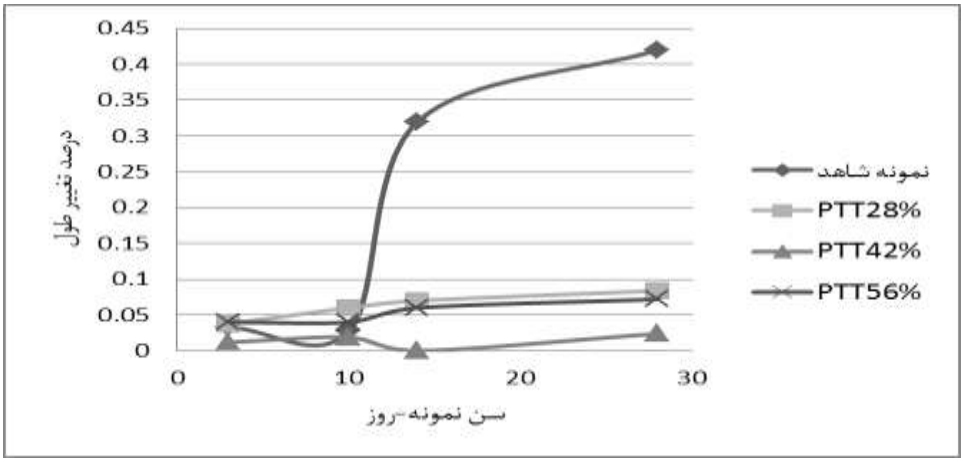
می‌تواند به تأثیر همزمان کاهش تخلخل و نیز فعالیت پوزولانی برگردد و نتیجه آن، کاهش مقدار هیدروکسید و یون‌های قلیایی که مهمترین عامل در عبور بار الکتریکی هستند، خواهد بود. در پی ایجاد مانع در حرکت الکترونها از نواحی آندی به کاتدی، مقاومت الکتریکی بتن افزایش پیدا می‌کند و باعث ایجاد تأخیر در پروسه خوردگی آرماتور در بتن می‌گردد.

۳-۵ آزمایش واکنش قلیایی سنگدانه ها

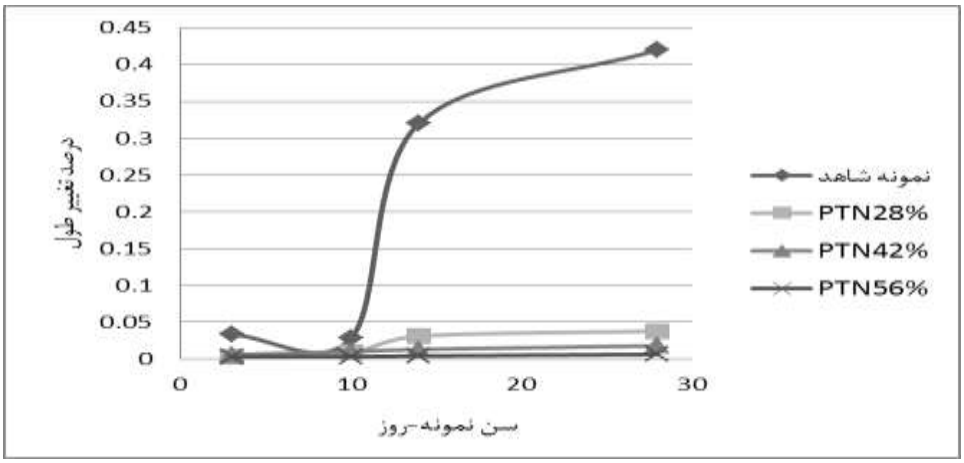
تغییرطول نمونه‌های ساخته شده در سنین ۳،۱۰،۱۴و۲۸ روزه به دست آمده و نتایج آن در جدول ۷ و شکل ۱۲،۱۳و۱۴است.

جدول۷- تغییرطول نمونه های ملات (٪)

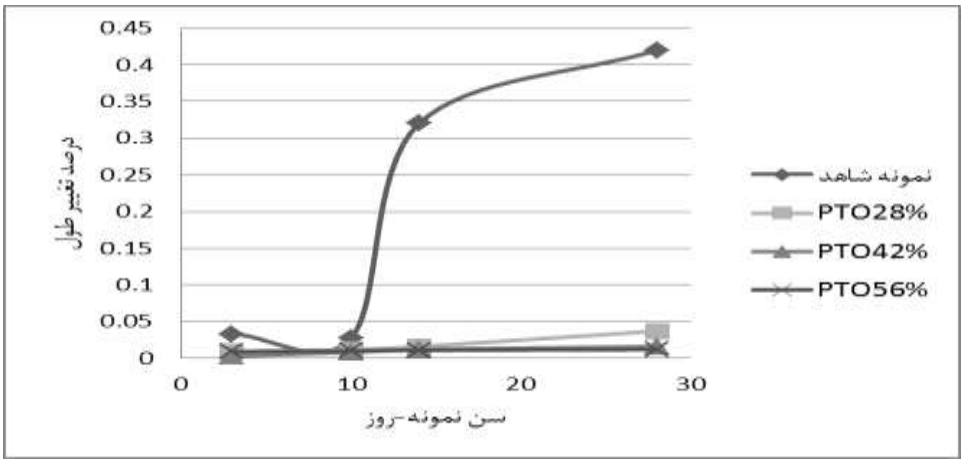
نمونه / سن	*PTS*	*PTT28*	*PTT42*	*PTT56*	*PTN28*	*PTN42*	*PTN56*	*PTO28*	*PTO42*	*PTO56*
۳ روزه	۰.۰۳۳	۰.۰۳۸	۰.۰۱۲	۰.۰۴	۰.۰۰۳	۰.۰۰۶	۰.۰۰۲۶	۰.۰۰۹	۰.۰۰۳	۰.۰۰۹
۱۰ روزه	۰.۲۸	۰.۰۶	۰.۰۱۹	۰.۰۴	۰.۰۰۹	۰.۰۱	۰.۰۰۳۳	۰.۰۱۲	۰.۰۰۸	۰.۰۱
۱۴ روزه	۰.۳۲	۰.۰۷	۰.۰۲۱	۰.۰۶	۰.۰۳۱	۰.۰۱۳	۰.۰۰۴۲	۰.۰۱۶	۰.۰۱۲	۰.۰۱۱
۲۸ روزه	۰.۴۲	۰.۰۸۴	۰.۰۲۴	۰.۰۷۲	۰.۰۳۸	۰.۰۱۸	۰.۰۰۶۳	۰.۰۳۷	۰.۰۱۶	۰.۰۱۲



شکل۱۲- مقایسه تغییرطول نمونه‌های PTT با نمونه شاهد



شکل۱۳- مقایسه تغییرطول نمونه‌های PTN با نمونه شاهد



شکل۱۴- مقایسه تغییرطول نمونه‌های PTO با نمونه شاهد

طبق استاندارد ASTM C1260 و نتایج حاصل از انجام واکنش قلیایی سیلیسی، این نتیجه مشهود است که درصد تغییر طول نمونه شاهد در تمامی سنین (به جز ۳روز) بیش از ۰/۲درصد است، که این نشان دهنده فعال بودن سنگدانه‌ها از لحاظ واکنش قلیایی می‌باشد. اما استفاده از پوزولان، درصد تغییر طول را به کم‌تر از ۰/۱٪ کاهش داده است، که بیانگرتاثیر پوزولان در غیرفعال شدن سنگدانه‌ها می‌باشد. پوزولان بیش‌ترین تاثیر را در گروه پوزولانی PTN56% داشته است که مقدار تغییر طول را تا سن ۲۸روز به ۰/۰۰۶۳٪ کاهش داده است.

۴- نتیجه گیری

۱. با افزایش میزان پوزولان، تقاضای آب به شدت افزایش یافته و به منظور ساخت بتن با کارایی ثابت، استفاده از مواد افزودنی روان‌کننده ضروری است.
۲. افزایش درصد پوزولان، سبب کاهش مقاومت نمونه‌های بتنی تا سن ۹۰روز گردیده است.
۳. باتوجه به نتایج آزمایش مقاومت فشاری، بتن‌های ساخته شده با سیمان‌های حاوی مقادیر زیاد پوزولان، در سنین بالا افزایش مقاومت دارند. بنابراین این سیمان‌ها در پروژه‌هایی نظیر ساخت سدها مطلوب است.
۴. درکلیه نمونه‌ها، جذب آب مویینه با افزایش سن، کاهش می‌یابد. این موضوع حاکی از آن است که با گذشت زمان نفوذ پذیری بتن کاهش می‌یابد.
۵. درکلیه نمونه‌ها، جذب آب حجمی با افزایش سن، کاهش می‌یابد. این موضوع حاکی از آن است که باگذشت زمان دوام بتن در مقابل عوامل مخرب، افزایش می‌یابد.
۶. نمونه‌های حاوی پوزولان، تغییرات طول بسیار کمتری تحت واکنش قلیایی سنگدانه نسبت به نمونه شاهد دارند. این موضوع حاکی از آن است که استفاده از پوزولان، سنگدانه‌ها را از حالت فعال به غیر فعال رسانده است.

۵- منابع

۱. رمضانیانپور، کاربرد مواد جایگزین سیمان و کاهش مصرف انرژی.۱۳۷۷

۲. دکتر علی اکبر رمضانیانپور و دکتر افشین طاهری و مهندس طیبه پرهیزگار،۱۳۷۷، "مواد افزودنی و پوزولانی و کاربرد آن در بتن"، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.

3. L. Turanli, B. Uzal, F. Bektas, Effect of large amounts of natural pozzolan addition on properties of blended cements,2005.

4. B. Uzal, L. Turanli, Studies on blended cements containing a high volume of natural pozzolans,2003.

۵. علی‌اکبر رمضانیانپور، منصور پیدایش، دوام بتن و نقش سیمان‌های پوزولانی (نشریه شماره ۲۷۴)، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران، ۱۳۷۶.

6.L. Turanli*, B. Uzal, F. Bektas,Effect of material characteristics on the properties of blended cements containing high volumes of natural pozzolans,2004.

7. ASTM C1260,Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method). American Societyfor Testing and Materials. 2005.

۸. استاندارد ملی ایران شماره ۳۲۰۶ (۱۳۷۷)،"تعیین مقاومت فشاری بتن" .

9. BS EN-12390-8, Depth of penetration of water under pressure. British Standards Institution,2000.

10. BS EN-480-5 ,Tests methods, determination of capillary absorption. BritishStandards Institution,1997.