

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی

مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها

اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله



بررسی آزمایشگاهی مقاومت فشاری و مقاومت ویژه الکتریکی بتن حاوی ولاستونیت و میکروسیلیس

امیر طریقت^۱، اویس افضلی ننیز^۲

۱- استادیار و عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران
۲- کارشناسی ارشد مهندسی سازه، دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران

Tarighat@srttu.edu
Afzalioveys@yahoo.com

خلاصه

امروزه مزایای استفاده از مواد مکمل سیمانی نظیر پوزولان‌های مصنوعی و طبیعی به عنوان جایگزین بخشی از سیمان، به دلیل مزایای اقتصادی و فنی، کاهش یا حذف مشکلات زیست محیطی و ... به خوبی شناخته شده است. در این تحقیق آزمایشگاهی به منظور بررسی اثر جایگزینی مقادیر مختلف پوزولان مصنوعی میکروسیلیس و ماده معدنی ولاستونیت بر برخی از خواص مکانیکی و دوام بتن، ۱۲ طرح مخلوط با سه نسبت آب به مواد سیمانی مختلف ساخته شد. در هر سه نسبت آب به سیمان علاوه بر طرح شاهد، جایگزینی ماده معدنی ولاستونیت به مقدار ۵ و ۲۰ درصد و جایگزینی میکروسیلیس به میزان ۰ و ۷ درصد وزنی سیمان انجام شد. به منظور تعیین برخی از خواص مکانیکی و دوام بتن (مقاومت فشاری، مقاومت ویژه الکتریکی) آزمایش‌های مربوطه در سنین مختلف بر روی نمونه‌های بتنی انجام شد. یافته‌های اصلی این تحقیق نشان داد که استفاده از ماده معدنی ولاستونیت در کنار میکروسیلیس می‌تواند سبب بهبود مقاومت فشاری و مقاومت ویژه الکتریکی بتن شود به گونه‌ای که بهترین عملکرد ولاستونیت در درصد جایگزینی ۵ درصد مشاهده شد.

کلمات کلیدی: بتن، ولاستونیت، میکروسیلیس، مقاومت فشاری، مقاومت ویژه الکتریکی.

۱- مقدمه

سیمان یکی از اصلی‌ترین مصالح ساختمانی است که تهیه و تولید آن فرایندی وقت گیر و پر هزینه است. تحقیقات نشان می‌دهد که استخراج بی‌رویه مواد اولیه خام سیمان باعث کاهش منابع سنگ آهک و تخریب شرایط زیست محیطی شده است. از طرف دیگر، گاز CO₂ تولیدی در فرآیند تولید سیمان کهنزدیک به ۷ درصد کل دی اکسید کربن جهان را به خود اختصاص می‌دهد، موجب گرم شدن هوای کره زمین و تشدید آثار مخرب پدیده گلخانه‌ای می‌شود [۱، ۲]. آثار سوء زیست محیطی این گاز، همچنین نیاز به افزایش مقاومت و دوام بتن و نیز کاهش هزینه‌های سنگین تعمیر و نگهداری سازه‌ها، جامعه مهندسی را به جایگزین کردن موادی با خواص مشابه سیمان تشویق کرده است. ماده‌ای که برای جایگزینی سیمان (یا جایگزینی بخشی از سیمان) در نظر گرفته می‌شود، از یک طرف باید عوامل منفی مانند: نیاز به سنگ آهک، تولید CO₂، صرف انرژی و هزینه‌ی زیاد را کاهش دهد و از طرفی، باید منجر به افزایش خصوصیات مثبت بتن مانند مقاومت و دوام شود. در این بین، پوزولان‌های طبیعی و مواد معدنی به علت کاهش گازهای گلخانه‌ای و اثرات مثبت آن‌ها بر روی خواص بتن، می‌توانند به عنوان جایگزین مناسب سیمان در نظر گرفته شوند [۳-۵]. ولاستونیت (CaSiO₃) یک ماده‌ی معدنی (متاسیلیکات

¹Wollastonite



کلسیم) است که از واکنش دگرذیسی^۲ سیلیس و سنگ آهک بوجود می‌آید. این ماده عموماً سفید است و در زمانی که سنگ آهک ناخالص در معرض دما و فشار زیاد قرار گیرد بوجود می‌آید. برخی خصوصیتی که ولاستونیت را ماده‌ای کارا و کاربردی کرده است عبارتند از: درخشندگی و سفیدی بالا، جذب آب و رطوبت پایین [۶ و ۷]. همچنین از دیگر ویژگی‌های ولاستونیت این است میکروالیاف ولاستونیت بسیار ارزان‌تر از میکروالیاف فولادی و کربنی هستند. میکروالیاف ولاستونیت بسیار ریز هستند [۸]. استفاده از میکروالیاف ولاستونیت، سبب می‌شود که ترک‌های با عرض زیاد به ترک‌های پراکنده و با عرض کم تبدیل شوند که از لحاظ خواص مکانیکی و دوام بهتر است [۹ و ۱۰]. با وجود خواص مثبت این ماده معدنی و وجود منابع فراوان آن در ایران تاکنون تحقیقات زیادی پیرامون استفاده از این ماده در بتن و تاثیر آن بر خواص بتن صورت نگرفته است. میکروسیلیس پوزولانی مصنوعی است که به صورت دود از کارخانه‌های تولید فروآلیاژهای سیلیکونی متصاعد شده و تاثیرات مثبت آن در افزایش دوام و مقابله با حملات شیمیایی بتن اثبات شده است.

مقدار مقاومت ویژه الکتریکی بتن بستگی مستقیم به نفوذ پذیری بتن و شرایط محیطی آن دارد و مسلماً هرچه نفوذپذیری بتن و میزان رطوبت بیشتر باشد، یون‌ها به راحتی و با سرعت بیشتری می‌توانند در داخل محیط بتن حرکت یابند. مقاومت ویژه الکتریکی بتن، پارامتری برای ارزیابی میزان نرخ خوردگی احتمالی نمونه‌های بتن مسلح در حمله‌ی کلرایدی می‌باشد [۱۱]. آنچه در آزمایش تعیین مقاومت الکتریکی مهم می‌باشد، امکان سنجی و بررسی خوردگی احتمالی آرماتورها در صورت قرار گرفتن بتن در محیط‌های خورنده کلرایدی است. براساس مطالعات صورت گرفته توسط واسیه^۳ در صورتیکه مقاومت الکتریکی بیش از ۱۲ کیلوهم- سانتیمتر باشد، احتمال خوردگی وجود ندارد و در صورتیکه کمتر از ۵ باشد خوردگی قطعی است و بین این دو مقدار نیز خوردگی محتمل می‌باشد [۱۲].

نتیجه پژوهش‌های رینسینجانگ و کومار درخصوص استفاده از میکروسیلیس و ولاستونیت در بتن نشان داد که نمونه حاوی ۱۰ درصد ولاستونیت و ۷/۵ درصد میکروسیلیس بالاترین مقاومت فشاری را بعد از نمونه حاوی ۱۰ درصد میکروسیلیس ثبت کرده است [۱۳]. در مطالعه دیگری که توسط ماثور^۴ و همکارانش بر روی بتن‌های حاوی خاکستر بادی و ولاستونیت انجام پذیرفت، نشان داده شد که مشارکت ولاستونیت به عنوان جایگزین قسمتی از سیمان و ماسه به ترتیب موجب بهبود مقاومت فشاری تا حدود ۳۸-۲۵٪ و بهبود مقاومت خمشی تا حدود ۴۲-۳۶٪ می‌شود [۱۴].

استفاده از مواد پوزولانی مانند میکروسیلیس مقاومت ویژه الکتریکی را بطور چشمگیری افزایش می‌دهد. تاثیر مثبت میکروسیلیس در افزایش مقاومت ویژه الکتریکی بتن، از زمان آغاز استفاده از میکروسیلیس در بتن شناخته شده است. به دلیل اندازه ذرات بسیار ریز و ویژگی پوزولانی، میکروسیلیس یک ساختار با حفرات ریز و یک تمرکز یونی پایین در محلول حفرات ایجاد می‌کند. تشکیل چنین ریزساختاری در ماتریس سیمان به افزایش معناداری در مقاومت ویژه الکتریکی بتن منجر می‌شود [۱۵ و ۱۶].

باتوجه به اینکه استفاده از ولاستونیت در ساخت بتن کمتر مورد توجه بوده، اطلاعات زیادی در خصوص تاثیر این ماده بر خواص مکانیکی و دوام بتندر دسترس نیست. در این تحقیق سعی شده است تا ضمن بررسی تاثیر میکروسیلیس و ولاستونیت بر مقاومت فشاری بتن، اثر این مواد بر مقاومت ویژه الکتریکی بتن نیز بررسی شود.

۲- معرفی مصالح مورد استفاده در تحقیق

سیمان بکار گرفته شده در ساخت کلیه نمونه‌های بتنی از نوع پرتلند تیپ ۴۲۵-۱ تولید کارخانه سیمان تهران می‌باشد. سنگدانه‌های مصرفی در این تحقیق شامل شن و ماسه‌ی طبیعی دو بار شسته شده است که از معادن موجود در اطراف تهران تهیه شده‌اند. میکروسیلیس مصرفی، محصول شرکت فروآلیاژ ایران و ولاستونیت خراسان جنوبی در این تحقیق استفاده شده است. میکروسیلیس و ولاستونیت به صورت دوغاب و همراه با آب در ساخت بتن مورد استفاده قرار گرفته‌اند. نتایج حاصل از آزمایش XRF این مصالح در جدول ۱ آورده شده است. آب مورد استفاده در ساخت نمونه‌ها آب شرب شهری است. ماده افزودنی فوق‌روان کننده نوعی افزودنی شیمیایی است که مقدار آب لازم برای مخلوط بتنی را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد. ماده افزودنی مصرف شده در این تحقیق فوق‌روان کننده با نام تجاری GLENIUM 51P بوده که بر پایه پلیمرهای پلی کربکسیلیک اتر^۵ اصلاح شده قرار دارد.

² -Metamorphic

³ -Vassie

⁴ -Mathur

1-Polycarboxylic ether



جدول ۱- ترکیب شیمیایی مواد سیمانی مورد استفاده در این تحقیق

نوع ماده شیمیایی (%)	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	L.O.I
سیمان	21/32	62/02	3/83	2/76	3/44	2/09	0/73	0/12	0/05	0/44	2/98
میکروسیلیس	91/7	0/8	1/2	1/1	0/9	0/2	1	0/7	0/1	<0/1	2/02
ولاستونیت	51/6	22/7	12	5/6	1/8	0/2	2/8	0/7	0/2	0/7	1/49

۳- مشخصات طرح‌های اختلاط

در این پروژه تحقیقاتی از ۱۲ طرح اختلاط مختلف استفاده شد. این طرح‌ها شامل سه نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ و ۰/۴ و ۰/۴۵ می‌باشد. هر نسبت آب به مواد سیمانی شامل ۴ طرح می‌باشد. در هر نسبت آب به مواد سیمانی یک طرح به عنوان طرح شاهد، بدون جایگزینی سیمان با میکروسیلیس و ولاستونیت ساخته شد. در بقیه‌ی طرح‌ها به ترتیب با ۰ و ۷ درصد وزن سیمان، میکروسیلیس و ۰ و ۵ و ۲۰ درصد وزن سیمان، ولاستونیت جایگزین شده است. در کلیه‌ی طرح‌ها عیار سیمان ۴۵۰ kg/m³ می‌باشد. برای دست یافتن به کارایی یکسان در هر یک از طرح‌های اختلاط و به منظور دستیابی به سلامتی در حدود ۸۰-۱۲۰ میلی‌متر، به میزان لازم به هر یک از طرح‌ها فوق روان کننده اضافه شد. مشخصات طرح‌های اختلاط ساخته شده در جدول ۲ آمده است. در این جدول مقدار تعیین شده برای شن، ماسه، آب، سیمان، ولاستونیت و میکروسیلیس بر حسب kg/m³ می‌باشد.

جدول ۲- جزئیات کامل طرح‌های اختلاط

طرح	نحوه نمایش طرح در نمودار	نسبت آب به مواد سیمانی	آب (Kg/m ³)	سیمان (Kg/m ³)	میکروسیلیس (Kg/m ³)	ولاستونیت (Kg/m ³)	ریزدانه (Kg/m ³)	درشت دانه (Kg/m ³)	فوق روان کننده (Kg/m ³)
Mix1	SF0 WOL0	0/35	157/5	450	0	0	1254	538	0/9
Mix2	SFv WOL0	0/35	157/5	۴۱۸/۵	۳۱/۵	0	1254	538	2/۱
Mix3	SFv WOL5	0/35	157/5	۳۹۶	۳۱/۵	22/5	1254	538	۲/۴
Mix4	SFv WOL20	0/35	157/5	۳۲۸/۵	۳۱/۵	90	1254	538	۲/۷
Mix5	SF0 WOL0	0/4	۱۸۰	450	0	0	1239	531	0/6
Mix6	SFv WOL0	0/4	۱۸۰	۴۱۸/۵	۳۱/۵	0	1239	531	1/۲
Mix7	SFv WOL5	0/4	۱۸۰	۳۹۶	۳۱/۵	22/5	1239	531	1/۲
Mix8	SFv WOL20	0/4	۱۸۰	۳۲۸/۵	۳۱/۵	90	1239	531	۲
Mix9	SF0 WOL0	0/45	202/5	450	0	0	1223	524	0
Mix10	SFv WOL0	0/45	202/5	۴۱۸/۵	۳۱/۵	0	1223	524	0/۹
Mix11	SFv WOL5	0/45	202/5	۳۹۶	۳۱/۵	22/5	1223	524	۱/۱



Mix۱۲	SF۷WOL۲۰	0/45	202/5	۳۲۸/۵	۳۱/۵	90	1223	524	1/۵
-------	----------	------	-------	-------	------	----	------	-----	-----

۴- ساخت و نگهداری نمونه‌ها و آزمایش‌ها

در این تحقیق از قالب‌های مکعبی با ابعاد 10cm برای ساخت نمونه‌های آزمایش مقاومت فشاری و مقاومت ویژه الکتریکی استفاده شده است. پس از ساخت هر طرح مخلوط بتن بلافاصله برای تعیین روانی بتن تازه، آزمایش اسلامپ انجام شد. در این تحقیق میزان فوق روان کننده به نحوی انتخاب شد تا میزان اسلامپ 10 ± 2 سانتیمتر برای همه نمونه‌ها بدست آید. در صورت مناسب بودن اسلامپ (اسلامپ بین 80 تا 120 میلی متر است) بتن درون قالب ریخته می‌شد. پس از طی ۲۴ ساعت قالب‌ها باز شده و نمونه‌ها درون حوضچه آب به منظور عمل آوری تا سن ۷ و ۲۸ روزه قرار داده شده‌اند. در خصوص نمونه‌های ۹۰ روزه، این نمونه‌ها بعد از ۲۸ روز از آب خارج شده و تار سیدن به سن ۹۰ روز در دمای محیط نگهداری شده‌اند.

۵- نتایج آزمایش‌ها و تفسیر آن‌ها

۵-۱- مقاومت فشاری

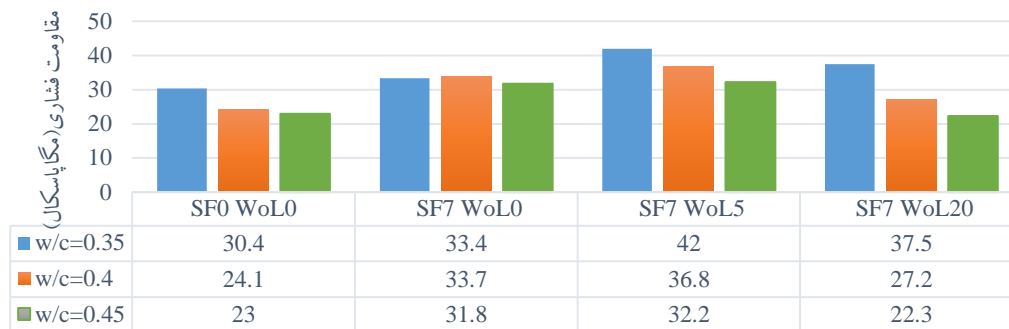
در این تحقیق آزمایشگاهی مقاومت فشاری بر روی نمونه‌های مکعبی با ابعاد ۱۰ سانتی متر و پس از ۷، ۲۸ و ۹۰ روز انجام شده است. نتایج مربوط به این آزمایش برای سنین مختلف در نمودارهای ۱ تا ۳ آورده شده است. همان طور که در نمودارها مشاهده می‌شود در تمام نسبت‌های آب به مواد سیمانی، جایگزینی سیمان با ۷ درصد میکروسیلیس و ۵ درصد ولاستونیت سبب بهبود مقاومت فشاری شده است. نقش پوزولان‌های ولاستونیت و میکروسیلیس از دو جهت مهم است، یکی واکنش‌های پوزولانی و تشکیل ژل سیلیکاتی که منجر به بهبود ساختار حفرات، کاهش تخلخل و افزایش استحکام ناحیه انتقال بین سنگدانه و خمیر سیمان می‌شود و دیگری نقش پرکنندگی این پوزولان‌ها که به دلیل ریزی بالا می‌تواند به عنوان پرکننده عمل کرده و حفرات ریز موجود در ساختار بتن را پر نمایند. در مورد پوزولان طبیعی ولاستونیت تاثیر عامل اول به کندی و با افزایش سن آشکار می‌شود. با حضور پوزولان فعال میکروسیلیس در کنار ولاستونیت، دانه‌های هیدراته نشده ولاستونیت نیز می‌تواند وارد عمل شده و در تحمل بار نقش داشته باشند.

با مقایسه طرح‌های SF7WoL0 با طرح‌های SF7WoL5 در تمام نسبت‌های آب به مواد سیمانی مشاهده می‌شود که مقاومت فشاری طرح‌های حاوی ۷ درصد میکروسیلیس و ۵ درصد ولاستونیت از مقاومت فشاری طرح‌های حاوی فقط ۷ درصد میکروسیلیس بیشتر شده است. بهبود مقاومت فشاری بتن با مشارکت ولاستونیت می‌تواند ناشی از بهبود در ریزساختار ناحیه انتقال در مجاورت ولاستونیتو همچنین نقش میکروفیبرهای ولاستونیت باشد. همچنین با توجه به نتایج بدست آمده، به طور کلی مقاومت فشاری تمام نمونه‌های بتنی با افزایش سن افزایش پیدا می‌کند که این نشان از پیشرفت و تکمیل فرآیند هیدراتاسیون و واکنش‌های پوزولانی نمونه‌ها با افزایش سن دارد، در نتیجه با تشکیل ژل سیلیکاتی بیشتر ناحیه انتقال بین خمیر و سنگدانه بهبود یافته و باعث افزایش مقاومت فشاری شده است. مقایسه طرح‌های حاوی ۷ درصد میکروسیلیس و ۵ درصد ولاستونیت با طرح‌های حاوی ۷ درصد میکروسیلیس و ۲۰ درصد ولاستونیت نشان می‌دهد افزایش سطح جایگزینی ولاستونیت از ۵ درصد به ۲۰ درصد وزن مواد سیمانی سبب افت مقاومت فشاری شده است. این کاهش مقاومت بخاطر بالا بودن میزان جایگزینی سیمان در طرح حاوی ۷ درصد میکروسیلیس و ۲۰ درصد ولاستونیت است که سبب افزایش میزان دانه‌های هیدراته نشده ولاستونیت در این طرح می‌شود. نتایج مقاومت فشاری در سن ۹۰ روز نشان می‌دهد در درازمدت و در سن ۹۰ روز چون میکروسیلیس نسبت به ولاستونیت فعال تر است، از طریق واکنش پوزولانی ژل C-S-H بیشتری تولید می‌کند و در نتیجه در این حالت کریستالهای بیشتری نسبت به حالتی که میکروسیلیس و ولاستونیت جایگزین شده اند، تولید می‌شود لذا مقاومت دراز مدت بیشتر می‌شود.

با افزایش نسبت آب به مواد سیمانی مقاومت فشاری در تمام سنین کاهش پیدا کرده است که این موضوع به دلیل افزایش میزان تخلخل در نسبت‌های آب به مواد سیمانی بالاتر است.



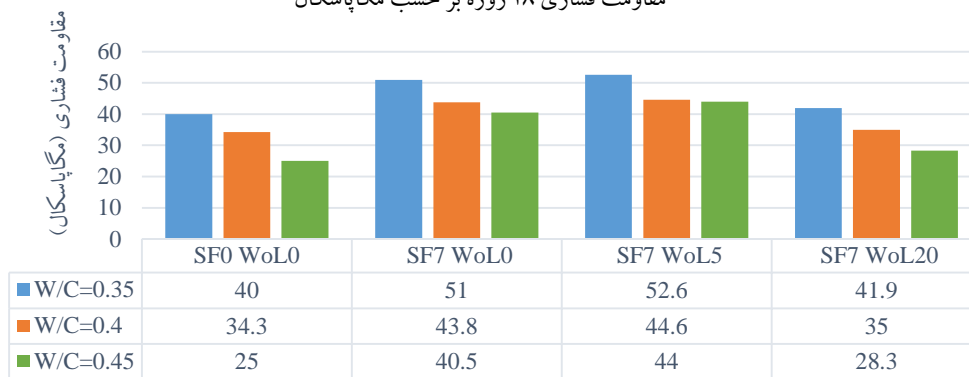
مقاومت فشاری ۷ روزه بر حسب مگاپاسکال



■ w/c=0.35 ■ w/c=0.4 ■ w/c=0.45

نمودار شماره ۱- مقاومت فشاری کسب شده در سن ۷ روزه برای نسبت‌های مختلف آب به مواد سیمانی

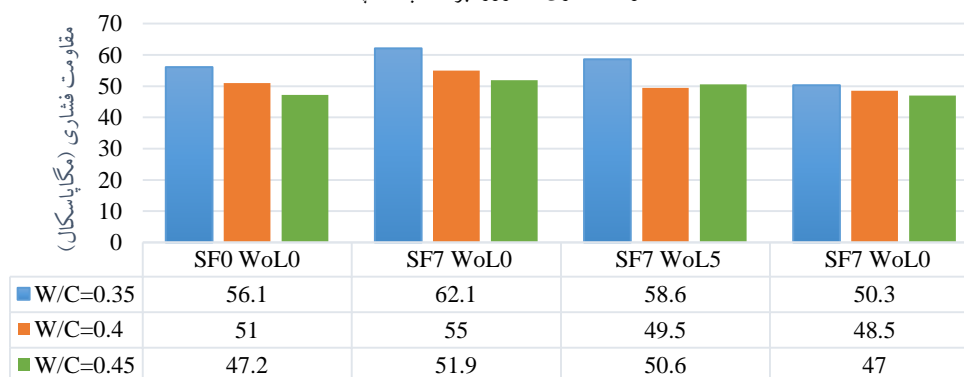
مقاومت فشاری ۲۸ روزه بر حسب مگاپاسکال



■ W/C=0.35 ■ W/C=0.4 ■ W/C=0.45

نمودار شماره ۲- مقاومت فشاری کسب شده در سن ۲۸ روزه برای نسبت‌های مختلف آب به مواد سیمانی

مقاومت فشاری ۹۰ روزه بر حسب مگاپاسکال



■ W/C=0.35 ■ W/C=0.4 ■ W/C=0.45



نمودار شماره 3-مقاومت فشاری کسب شده در سن 90 روزه برای نسبت‌های مختلف آب به مواد سیمانی

۵-۲- مقاومت ویژه الکتریکی

مقاومت ویژه الکتریکی بتن از مهم‌ترین پارامترهای مربوط به پیل خوردگی به شمار می‌رود. با بالا رفتن مقاومت ویژه الکتریکی از جریان خوردگی عبوری از مناطق آندی و کاتدی روی میلگرد کاسته می‌شود. مقاومت ویژه الکتریکی می‌تواند به عنوان یک وسیله سنجش غیر مستقیم برای بیان میزان توانایی بتن در مقابله با خوردگی بکار رود. در این تحقیق، آزمایش مقاومت ویژه الکتریکی روی نمونه‌های مکعبی با ابعاد $10 \times 10 \times 10$ cm و در سن ۲۸ روز انجام گرفت.

همان‌طور که در نمودار شماره ۴ مشاهده می‌شود مقاومت ویژه الکتریکی تمام طرح‌های حاوی پوزولان از مقاومت ویژه الکتریکی نمونه شاهد بیشتر شده است. دلیل این موضوع این است که پوزولان‌ها به دلیل اثر پوزولانی و خواص فیزیکی که دارند بر ریز ساختار خمیر سیمان و تمرکز یونهای محلول حفرات و بالاخره بر مقاومت ویژه الکتریکی بتن اثرگذار هستند. در مورد طرح‌های فقط میکروسیلیس، مقاومت ویژه الکتریکی افزایش داشته است. مهم‌ترین ویژگی میکروسیلیس اندازه فوق‌العاده ریز ذرات آن می‌باشد. ریزی بیش از حد آن باعث می‌شود فعالیت پوزولانی آن به شدت تسریع گردد. فعالیت پوزولانی میکروسیلیس در جریان هیدراتاسیون سیمان موجب می‌شود کریستالهای هیدروکسید کلسیم آزاد به سیلیکات کلسیم هیدراته شده تبدیل شود، همچنین خاصیت پرکنندگی میکروسیلیس باعث توزیع‌کنوخت و همگن محصولات بدست آمده از هیدراتاسیون در مخلوط می‌شود و نهایتاً ترکیب هر دو خاصیت پرکنندگی و پوزولانی میکروسیلیس سبب بوجود آمدن جسمی متراکم و کم تخلخل می‌گردد.

همچنین نتایج نشان می‌دهد که استفاده از میکروسیلیس و ولاستونیت در کنار هم به طرز چشمگیری مقاومت الکتریکی را افزایش می‌دهد. دلیل این موضوع این است که ذرات میکروسیلیس و ولاستونیت ما بین ذرات درشت سیمان معمولی قرار گرفته و بر اثر هیدراتاسیون، فضای بین ذرات سیمان پر می‌گردد. این فرآیند باعث می‌شود که یک سری حفرات بسته در بتن بوجود آمده و مانع تبادل یون شود و در نتیجه هدایت الکتریکی بتن کاهش یافته و مقاومت ویژه الکتریکی افزایش می‌یابد.



مقاومت ویژه الکتریکی ۲۸ روزه



نمودار شماره ۴- مقاومت ویژه الکتریکی در سن ۲۸ روز برای نسبت‌های آب به مواد سیمانی مختلف

۶- نتیجه گیری

بر اساس تحقیق‌های صورت گرفته و با در نظر گرفتن این نکته که نتایج به دست آمده منحصرًا مربوط به مواد و روش‌های به کار رفته در این پروژه آزمایشگاهی بوده و در بسیاری از موارد جهت اظهار نظر قطعی نیاز به برنامه‌های آزمایشگاهی گسترده‌تری وجود دارد، موارد زیر قابل برداشت است:

بر اساس نتایج تجربی بدست آمده در این مقاله امکان بالقوه استفاده از مواد سیمانی متشکل از سیمان پرتلند، میکروسیلیس و ولاستونیت برای بهبود مقاومت فشاری و مقاومت ویژه الکتریکی بتن وجود دارد. در تمام نسبت‌های آب به مواد سیمانی طرح‌هایی که در آنها ۷ درصد وزنی مواد سیمانی با میکروسیلیس و ۵ درصد وزنی مواد سیمانی با ولاستونیت جایگزین شده است مقاومت فشاری بهبود یافته است. این در حالی است که افزایش سطح جایگزینی ولاستونیت از ۵ درصد به ۲۰ درصد وزن مواد سیمانی سبب افت مقاومت فشاری شده است. این افزایش مقاومت به دلیل واکنش‌های پوزولانی میکروسیلیس و ولاستونیت، اثر میکروالیاف ولاستونیت و نیز نقش پرکنندگی میکروسیلیس و ولاستونیت می‌باشد.

در نمونه‌های حاوی فقط میکروسیلیس، با افزایش درصد آن، مقاومت ویژه الکتریکی افزایش یافته و تاثیر این ماده در نسبت‌های کم آب به سیمان به حداکثر مقدار خود رسیده است. استفاده از میکروسیلیس و ولاستونیت در کنار هم به طرز چشمگیری مقاومت الکتریکی را افزایش می‌دهد. دلیل این موضوع این است که ذرات میکروسیلیس و ولاستونیت ما بین ذرات درشت سیمان معمولی قرار گرفته و بر اثر هیدراتاسیون، فضای بین ذرات سیمان پر می‌گردد. این فرآیند باعث می‌شود که یک سری حفرات بسته در بتن بوجود آمده و مانع تبادل یون شود و در نتیجه هدایت الکتریکی بتن کاهش یافته و مقاومت ویژه الکتریکی افزایش می‌یابد.

۷- مراجع



- [1] Heah, C. Y., H.Kamarudin., A. M. Mustafa All Bakri., M.Lugman., I.KhairolNizar., and Y. M.Liew.2011. Potential application of kaolin without calcine as greener concrete: A review. *Australian journal of basic and applied sciences*5(7).PP1026-1035.
- [2] Erin, M. N. 2009. Geopolymers: An environmental alternative to carbon dioxide producing ordinary Portland cement. *The catholic university of America*.
- [3] Juenger, M.C.G, F. Winnefeld, J.L. Provis and J.H. Ideker, 2011. Advances in alternative cementitious binders, *Cement and Concrete Research*, 41,PP1232–1243.
- [4] Pourkhorshidi, A.R, M. Najimi, T. Parhizkar, F. Jafarpour and B. Hillemeier, 2010. Applicability of the standard specifications of ASTM C618 for evaluation of natural pozzolans, *Cement and Concrete Composites*, 32, PP794–800.
- [5] Kargol, M. A, U. Muller and A. Gardei, 2012. Properties and performance of silane: blended cement systems, *Materials and Structures*.
- [6] Mathur, R., A.K. Mishra and P. Goel . 2007. Marble slurry dust and wollastonite inert mineral admixtures for cement concrete, *Indian Highways*. 35(12),PP 41-46.
- [7]Maxim, L. D., E.E. McConnell. 2005. A review of the toxicology and epidemiology of wollastonite. *InhalToxicol*, 17, PP 451-466.
- [۸]Mathur, R. and P. Goel. 2007. Influnce of wollastonite on mechanical properties of concrete. *Journal of Scientific & Industrial Research*.66, PP 1029-1034.
- [۹] Low, N. M. and J.J Beaudoin. 1992. Mechanical properties of high performance cement binders reinforced with wollastonite micro-fibers. *Cement &Concrete Research*, 22,PP 981-989.
- [۱۰] Hyder. J. 2010. The use of wollastonite to enhance fresh andmechanical properitesOf concrete. Master of Engineering. Ryerson University.
- [۱۱] Florida Method of Test for Concrete Resistivity as an Electrical Indicator of its Permeability . 2004. Designati on:FM 5-578.
- [۱۲] Vassie, P.R.1980. A survey of site test for assessment of corrosion in reinforced concrete. RRL Report. 953. Department of Environment Publication.
- [۱۳] Ransinchung, G.D. and B.Kumar. 2010. Investigations on pastes and mortars of ordinary Portland cement admixed with wollastonite and micro silica. *Journal of Materials in Civil Engineering*, PP 305–13
- [۱۴] Mathur, R., A.K. Mishra and P. Goel . 2007. Marble slurry dust and wollastonite inert mineral admixtures for cement concrete, *Indian Highways*. 35(12), PP 41-46.



هشتمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، بابل
۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ماه ۱۳۹۳



[۱۵] Berke, N.S., Scali, M.J., Regan, J.C., and Shen, D.F. 1991. "Long-Term Corrosion Resistance of Steel in Silica Fume and/or Fly Ash Containing Concretes," Proceedings, Second CANMET/ACI International Conference on Durability of Concrete, American Concrete Institute, Farmington Hills. 126, PP 393 -415.

[۱۶] Wolsiefer, J.T. 1991. "Silica Fume Concrete: a Solution to Steel Reinforcement Corrosion in Concrete," Proceedings, Second CANMET/ACI International Conference on Durability of Concrete, American Concrete Institute, Farmington Hills, 126, PP 527 – 553.

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله