

مطالعه تهیه سیمان پوزولانی حاوی ترکیب متاکائولین و پرلیت

کدمقاله: 54E-2

سیدحسین قاسم زاده موسوی نژاد^۱ ، امین رضاپور^۲*

۱- استادیار-دانشگاه گیلان

۲- دانشجوی ارشد-دانشگاه گیلان

h.mosavi@guilan.ac.ir
aminrezapour29@yahoo.com

چکیده

تولید سیمان برای مصرف در بتن با مشکلات عدیده ای از جمله مصرف انرژی زیاد و آلودگی محیط زیست مواجه است. بنابراین اصلاح الگوی مصرف و بهینه سازی تولید سیمان بیش از پیش ضرورت دارد. از جمله راه های بهسازی تولید سیمان، جایگزین کردن بخشی از آن با مواد افزودنی معدنی ارزان قیمت و در دسترس است که پوزولان های طبیعی از جمله این مواد می باشند. هدف از این تحقیق معرفی ترکیب مواد معدنی پرلیت و متاکائولین به عنوان یک پوزولان طبیعی توانمند و بررسی عملکرد آنها بعنوان جایگزین سیمان در بتن به منظور بهبود دوام بتن می باشد.

به همین منظور و برای بررسی عملکرد بتن های پوزولانی، نمونه های ملاتی از سیمان پرتلند و متاکائولین و پرلیت به عنوان ماده پوزولانی ساخته شد و آزمایشهایی از قبیل مقاومت خمشی و فشاری ۷ و ۱۴ و ۲۸ روزه و خصوصیات مکانیکی و پارامترهای مربوط به دوام انجام شد. برای این منظور ابتدا با جایگزینی بخشی از سیمان پرتلند با ترکیب متاکائولین و پرلیت نوعی سیمان پوزولانی تهیه نموده سپس با نسبت آب به سیمان ۰.۵ و سیمان مذکور با مقادیر مختلف ترکیب پرلیت و متاکائولین به عنوان پوزولان به صورت مجزا ولی با روانی تقریباً یکسان، طرح های اختلاط مختلف ملات تهیه و نمونه های ملات ساخته شد. پس از عمل آوری مناسب آزمایشات لازم روی نمونه ها صورت گرفت و سپس با توجه به نسبت های اختلاط این ملاتها، تأثیر سیمان با مقادیر مختلف ترکیب پوزولانهای مذکور مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله درصد بهینه افزودن ترکیب پوزولانهای مذکور را مشخص نمود.

کلمات کلیدی: پوزولان، پرلیت، متاکائولین، خصوصیات مکانیکی

Study of Preparation of pozzolanic cement containing composition perlite and metakaolin

Type of article:54E-2

Qasemzadeh Mousavi nezhad Hosein, Rezapour Amin

1 - Assistant Professor - University of Guilan

2 - graduate student - University of Guilan

h.mosavi @ guilan.ac.ir

Aminrezapour29@yahoo.com

abstract

Production of Cement to Use in Concrete with many problems such as high energy consumption and environmental pollution risk. The modified cement consumption and production optimization is needed more than ever. Including ways to improve the production of cement, mineral additives to replace some of it is cheap and available natural that such materials are natural Pozzolan. This study presents the mineral composition of perlite and metakaolin as a formidable natural pozzolan as a cement replacement in concrete and to evaluate their performance in order to improve the durability of concrete. For this reason, and to evaluate the performance of pozzolanic concrete, mortar specimens made of Portland cement and pozzolanic material became Metakaolin and perlite tests such as bending strength and compressive 7, 14 and 28 days and the mechanical properties and durability of the parameters was performed. For this purpose, initially by replacing Metakaolin and perlite instade of part of Portland cement ,Pozzolanic Cement has produced then with water to cement ratio of 0.5 and cement and perlite mix Metakaolin and that pozzolanic cement which maded by different amounts of pozzolan as a separate but similar mental, various mixing schemes mortar samples were prepared, and the mortar was made. postoperative necessary tests on the samples were properly collected and then according to the mixing ratio of mortar, cement effect of different doses of the compound were studied . Result of optimum Add Pozzolan combines the delineated.

Keywords: pozzolan, perlite, Metakaolin, mechanical properties

۱-۱- مقدمه:

بتن، رایج ترین ماده کاربردی در صنعت ساختمان در جهان است که مخلوطی از دو جزء اصلی شامل مصالح ریزدانه و خمیر چسباننده می باشد. در سالهای اخیر، تحقیقات و اصلاحات زیادی به منظور تولید بتن با خصوصیات و ویژگیهای مطلوب انجام شده است و نیز برای رسیدن به بتن یا کارآیی و مقاومت بیشتر ادامه دارد.

شناسایی خاصیت پوزولان ها در بتن و ملات سال هاست که به طور وسیعی در کشورهای مختلف آمریکایی، اروپایی و ایران صورت گرفته است به نحوی که به کارگیری این مواد به عنوان ماده جایگزین سیمان در بتن در آیین نامه ها آورده شده است. از جمله مزایای استفاده از پوزولانها، داشتن خصوصیات سیمانی و در نتیجه صرفه ی اقتصادی، بالابردن مقاومت در برابر حمله اسیدها و قلیایی سنگدانه ها و جلوگیری از ترک خوردن سطحی گسترده بتن، کاهش بتن ذیری، خاصیتی که در ارتباط با آب بند بودن سازه های نگهدارنده آب و همچنین در ارتباط با حملات شیمیایی مورد توجه می باشد. بررسی مکانیزم حمله سولفات ها و تاثیر پوزولان ها بر افزایش مقاومت بتن در برابر حمله سولفات ها، از طریق کاهش میزان C3A در سیمان که منجر به بالا بردن دوام بتن مورد تهاجم آب دریا می شود، صورت می گیرد. [۱]

پوزولانها موادی هستند سیلیسی و آلومینی که پس از ترکیب با آهک در حضور آب و دمای معمولی، مواد پایداری تشکیل داده و خاصیت گیرشی بروز میدهند. هرچه میزان شیشه موجود در مواد پوزولانی بیشتر باشد، فعالیت پوزولانی برای جذب آهک بیشتر خواهد شد. بر این اساس فار شیشه (آمورف) در ترکیبات پوزولانی از اهمیت بیشتری برخوردار است. پوزولان یک ماده طبیعی یا مصنوعی است شامل سیلیس و آلومینیوم می باشند. پوزولانها به خودی خود حاوی مقادیر بسیار کم یا اصولاً فاقد چسبندگی هستند. اگرچه در حالت جداسازی شده ی دقیق و در صورت وجود رطوبت به صورت شیمیایی با مواد قلیایی واکنش داده و ترکیبات چسبنده ایجاد می کنند. پوزولانها باید به دقت جداسازی شوند تا بتوانند در یک سطح وسیع در معرض محلول های قلیایی قرار بگیرند تا واکنش آغاز گردد [۲]

۱-۲- سیمان پرتلند پوزولانی

سیمان پرتلند پوزولانی حاوی پوزولان طبیعی می باشد که از خواصی به شرح ذیل برخوردار است:

۱. مقاومت در مقابل مواد شیمیایی و فاضلاب
۲. مقاومت نهایی بالاتر
۳. قابلیت نفوذ و کارپذیری بهتر برای ویبره شدن
۴. حفاظت مصالح و آرماتور درون بتن در مقابل نفوذ مواد خورنده
۵. خارج کردن املاح قلیایی از بتن
۶. انبساط کمتر و قابل استفاده در بتن ریزی های حجیم
۷. حرارت هیدراتاسیون کمتر در بتن ریزی های حجیم
۸. بتن تشکیل شده از سیمان پوزولانی به علت نفوذ پذیری بهتر پوزولان و روانی آن دچار ترک خوردگی نمی شود.
۹. کاهش مصرف انرژی الکتریکی به علت کم سایش بودن در آسیاب های سیمان
۱۰. حفظ منابع طبیعی به علت کاهش مصرف در سوخت و مواد اولیه سیمان
۱۱. کاهش آلودگی هوا به علت جایگزین شدن به جای کلینگر و کاهش مصرف سوخت های فسیلی
۱۲. کاهش قیمت تمام شده در تولید سیمان [۳]

۱-۳- ترکیب مواد پوزولانی برای جانمایی سیمان

در تحقیقی VIKAS SERVESTA و همکاران تاثیر ترکیب سیلیکافوم و متاکائولین را بر بتن مورد بررسی قرار دادند با توجه به اطلاع از اینکه خاصیت پوزولانی متاکائولین بیشتر از سیلیکا فوم می باشد ترکیب درصد های (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵) از متاکائولین را با درصد های (۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰) از سیلیکا فوم را مورد آزمایش و مطالعه و بررسی قرار دادند که ترکیب ۱۵ درصد متاکائولین و ۶ درصد سیلیکافوم بالاترین مقاومت فشاری و خمشی را نشان داد در تحقیقی MOHAMED HEIKAL و همکاران تاثیر ترکیب میکروسیلیکا و خاکستر بادی را تحت دماهای مختلف مورد ارزیابی قرار دادند که ترکیب ۱۰ درصد میکروسیلیکا و ۱۰ درصد خاکستر بادی بیشترین مقاومت را در دماهای بالای ۴۵۰ درجه سانتی گراد نشان می دهد [۴ و ۵]

۲- برنامه آزمایشگاه

۱-۲ موادومصالح مصرفی

ریزدانه (ماسه) مورد استفاده در این تحقیق از نوع رودخانه ایی شسته می باشد که پس خشک کردن از الکهای مختلف برای رسیدن به استاندارد مورد نظر عبور داده شد ضمناً جذب آب ماسه فوق که از کارخانه لوله سازی شمال تهیه شده بود برابر ۲.۲ درصد بود که این مقدار طبق استاندارد انجام آزمایش ها (استاندارد ۳۹۲، ۳۹۴، ۳۹۳) به مقدار آب محاسبه شده طرح اختلاط اضافه گردید. مشخصات دانه بندی ماسه مصرفی در جدول ۱ آورده شده است.

شماره الک	۴	۸	۱۶	۳۰	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	زیرالکی
درصد رد شده	۱۰.۴	۲۷.۱	۲۳	۱۴.۶	۱۱.۳	۱۰.۲	۱.۸	۱.۶
درصد رد شده	۸۹.۶	۶۲.۵	۳۹.۵	۲۴.۹	۱۳.۶	۳.۴	۱.۶	
تجمعی								

سیمان مصرفی در این آزمایش ها از نوع سیمان پرتلند ۱-۴۲۵ می باشد که از کارخانه سیمان خزر تهیه گردید. آب مصرفی جهت ساخت ملات آب شرب شهر رشت می باشد همچنین به دلیل اینکه افزودن پوزولان و جانشینی آن به جای سیمان مصرفی موجب کاهش روانی ملات و در نتیجه اختلاط نامناسب ملات می شود از فوق روان کننده ایی با پایه پلی کربوکسیلاتی استفاده گردید. مقدار فوق روان کننده برای هر طرح هم با آزمایش روانی مشخص گردید. [۶]

۲-۲ پوزولان

در این تحقیق آزمایشگاهی ترکیب دو ماده معدنی به عنوان پوزولان استفاده شده است که متاکائولین مصرفی از شرکت کاویان صنعت و پرلیت مورد استفاده از شرکت پرلیت تابنده طوس مشهد تهیه گردید که مشخصات آنها به همراه مشخصات سیمان مصرفی در جدول ۲ آمده است. پرلیت ماده معدنی است که با توجه به اجزای تشکیل دهنده آن میتواند به عنوان ماده ایی پوزولانی برای رفع معضل مذکور مورد توجه قرار گیرد.

سیمان	متاکائولین	پرلیت	ترکیبات شیمیایی
۲۱.۵	۵۲.۱	۷۲-۶۸	Sio2
۵.۰۵	۴۲.۸	۱۸-۱۲	Al2O3
۲.۷۷	۱.۶	۱	Fe2O3
۶۳.۰۵	۰.۲	۱.۹	CaO
۱.۷۴	۰.۲۱	۰.۴	MgO
۲.۵	۰.۰۰	۰.۰۰	SO3
۰.۸۵	۰.۳۲	۴-۱	K2O
۰.۲۶	۰.۱۱	۵-۲	Na2O

۳- طرح اختلاط آزمایشها

در این مطالعه آزمایشگاهی برای مطالعه و بررسی خاصیت پوزولانی دو ماده معدنی مورد نظر در حالت ترکیبی طرحهای اختلاط با درصدهای مختلف دوماه معدنی را با هم ترکیب شد و جانشین سیمان مصرفی در ملات سیمانی گردید. این ملات طبق استاندارد آزمایشهای خمشی و فشاری شماره ۳۹۲ و ۳۹۳ موسسه استاندارد ایران ساخته شد و جهت انجام آزمایش فشاری و آزمایش جذب آب در قالبهای ۵*۵*۵ و برای انجام آزمایش خمشی در قالب ۴*۴*۱۶ طبق استاندارد در دو مرحله ریخته شد و در هر مرحله کوبش مورد نیاز طبق استاندارد انجام گردید. طرح اختلاط آزمایشهای انجام شده به صورت جدول ۳ می باشد.

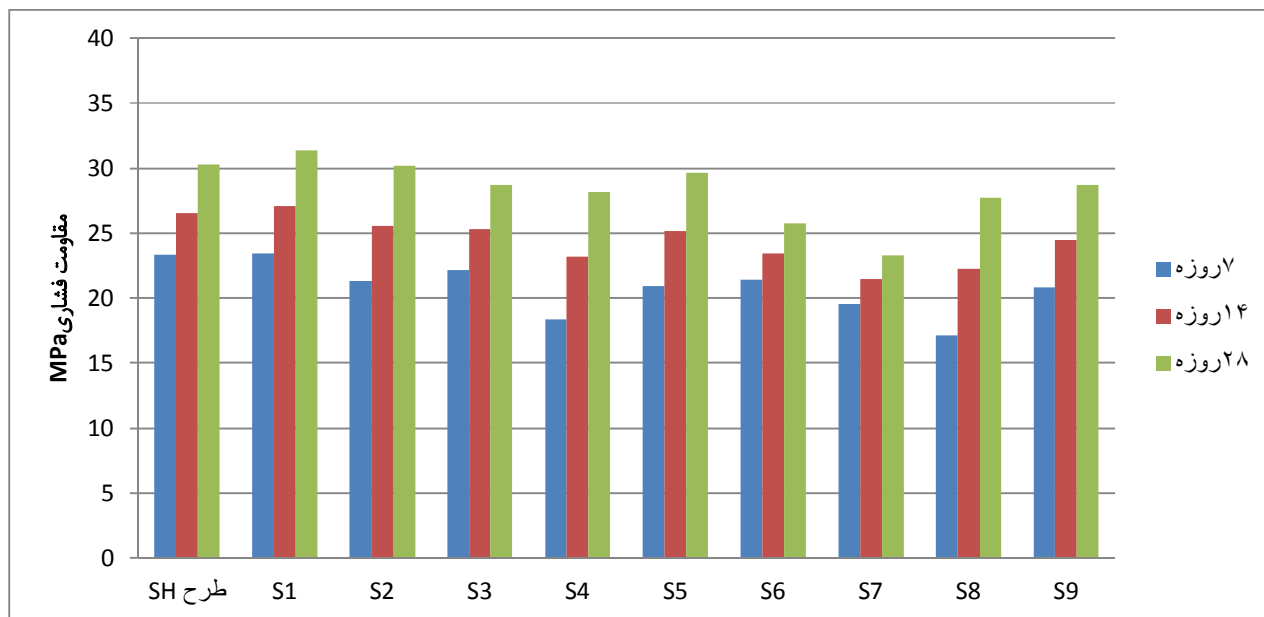
جدول ۳- مقادیر درصد های مورد استفاده مواد مصرفی در طرح های اختلاط							
عنوان طرح	سیمان (%)	نسبت پرلیت به سیمان (%)	نسبت متاکائولین به سیمان (%)	نسبت آب به سیمان	نسبت سنگدانه به مواد سیمانی	اسلامپ سانتی متر	فوق روان کننده به سیمان (%)
SH	۱۰۰	۰	۰	۰/۵	۲/۷۵	۳۲	۰
S1	۹۰	۵	۵	۰/۵	۲/۷۵	۳۱	۰.۸
S2	۹۰	۱۰	۵	۰/۵	۲/۷۵	۳۱.۵	۱.۳
S3	۸۵	۱۵	۵	۰/۵	۲/۷۵	۳۱	۱.۹
S4	۸۰	۵	۱۰	۰/۵	۲/۷۵	۳۲	۰.۵
S5	۷۵	۱۰	۱۰	۰/۵	۲/۷۵	۳۱	۱.۲
S6	۹۵	۱۵	۱۰	۰/۵	۲/۷۵	۳۰.۵	۱.۸
S7	۹۰	۵	۱۵	۰/۵	۲/۷۵	۳۱	۰.۵
S8	۸۵	۱۰	۱۵	۰/۵	۲/۷۵	۳۱	۱
S9	۸۰	۱۵	۱۵	۰/۵	۲/۷۵	۳۰	۱.۸

نمونه ها در قالبهای ۵*۵*۵ و ۴*۴*۱۶ ساخته شد و پس از ۲۴ ساعت از قالب خارج گردید و برای عمل آوری مناسب داخل حوضچه آب قرارداده شد. ساخت نمونه ها و انجام آزمایشهای مورد نیاز این تحقیق در آزمایشگاه بتن دانشکده فنی دانشگاه گیلان انجام شد.

۴- نتایج و نمودارهای آزمایش ها

۴-۱- آزمایش مقاومت فشاری

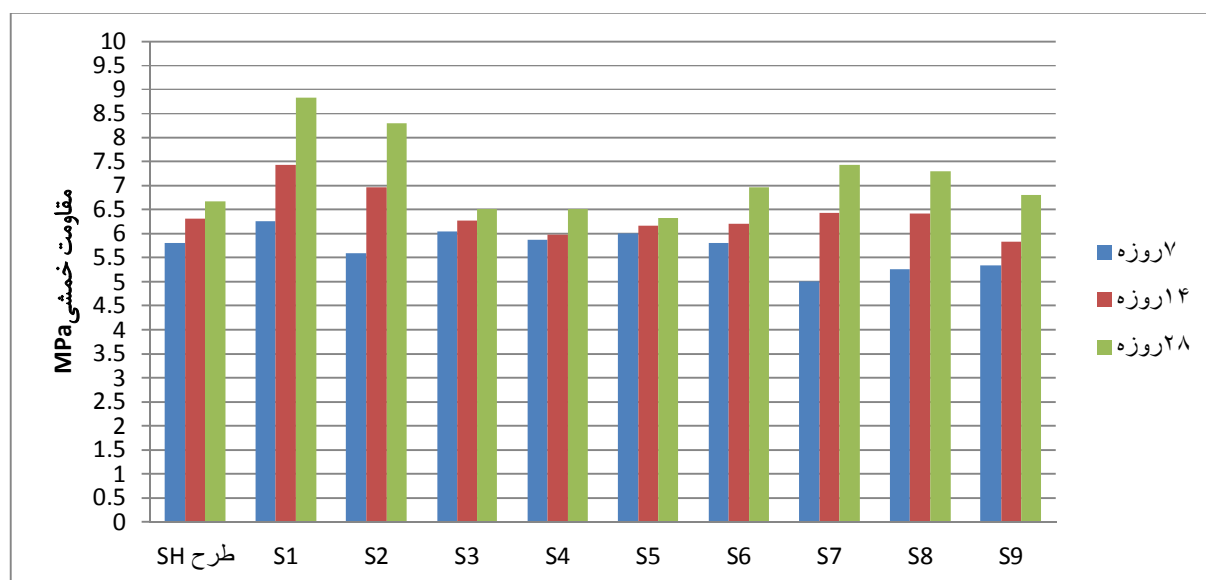
آزمایش مقاومت فشاری بر اساس ASTM C109 و با سرعت بارگذاری ۱۳۵۰ نیوتن بر متر انجام گردید. ضمناً با توجه به دستورالعمل استاندارد آزمایش فشاری موسسه استاندارد ایران برای هر طرح و هر سن ۳ نمونه ساخته شد و پس از انجام آزمایش و حذف نتایج غیر قابل قبول، میانگین نتایج هر طرح در سنین مختلف بدست آمد که در نمودار آورده شده است.



نمودار ۱- نتایج مقاومت فشاری نمونه ها

۴-۲ آزمایش مقاومت خمشی

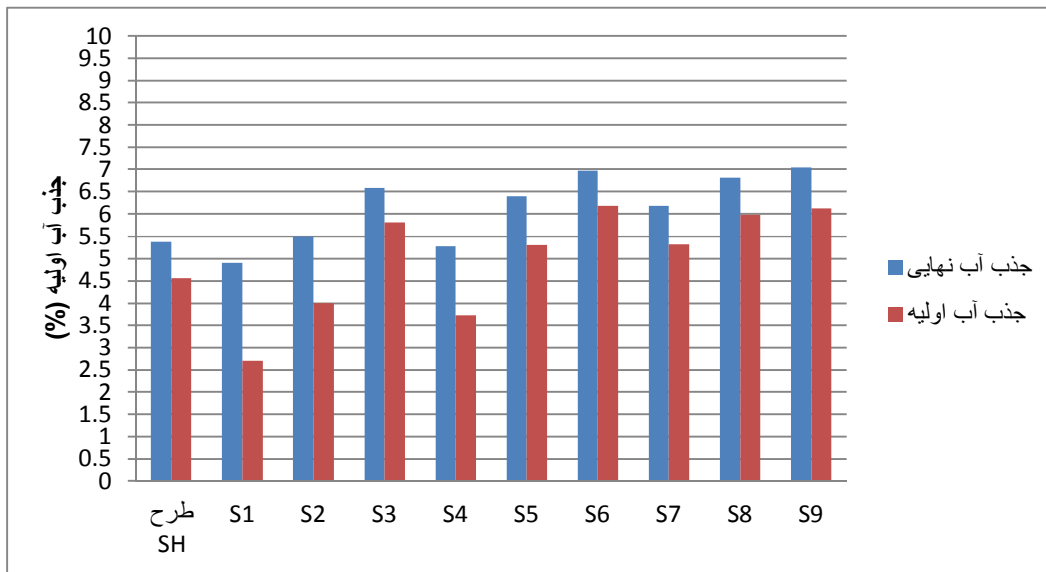
مقاومت خمشی دیگر پارامتری است که در این مطالعه آزمایشگاهی برای طرحهای ساخته شده در سنین ۷ و ۱۴ و ۲۸ روز بدست آمده است که در نمودار ۲ نمایش داده شده است همانگونه که مشاهده می شود بیشترین مقاومت خمشی مربوط به طرح شامل ۵ درصد متاکائولین و ۵ درصد پرلیت می باشد البته طرحهای دیگری نیز مقاومت خمشی بالاتر از مقاومت خمشی نمونه شاهد به خصوص در سنین بالاتر از خود نشان دادند که این مسئله به دلیل وجود همزمان پرلیت و متاکائولین می باشد که به دلیل دارا بودن خاصیت پوزولانی باعث افزایش مقاومت خمشی نمونه های حاوی ترکیب این دو ماده معدنی می باشد.



نمودار ۲- نتایج مقاومت خمشی نمونه ها

۴- آزمایش جذب آب

در این مطالعه دیگر مشخصه ایی که مورد ارزیابی قرار گرفت جذب آب اولیه (نیم ساعته) و جذب آب نهایی تمامی طرحها در سن ۲۸ روز اندازه گیری شد. جذب آب مولفه ایی است که مقاومت بتن در برابر نفوذ آب را نشان می دهد که این نشان از درصد تخلخل ملات سیمانی و منافذ خالی موجود در ملات و همچنین دلیل مهمتر می تواند ضعف چسب ملات که همان سیمان است، باشد. نتایج مربوط به جذب آب اولیه و نهایی به ترتیب در نمودار ۳ و ۴ نمایش داده شده است. نتایج نشان دهنده این است که با افزایش درصد جانشینی پوزولان درصد جذب آب هم بالا می رود که این مسئله در طرحهایی با نسبت جانشینی یکسان، طرحی که نسبت جانشینی پرلیت به متاکائولین در آن بیشتر است جذب آب بالاتری دارد.



نمودار ۳- جذب آب اولیه و نهایی تمامی طرحها

۵- تفسیر و بررسی نتایج

در مورد نتایج آزمایش فشاری نتایج حاکی از این است که تنها طرح اول مقاومتی بالاتر از مقاومت فشاری نمونه شاهد دارد البته با گذشت زمان و در سنین بالاتر این فاصله مقاومت فشاری در طرحهای مختلف نسبت به طرح شاهد کمتر می گردد. اما در مورد آزمایش خمشی مسئله متفاوت می باشد و تعداد طرحهای بیشتری مقاومت بالاتری از مقاومت خمشی نمونه شاهد دارند البته این موضوع در سن ۲۸ روز مشهودتر می باشد و این مطلب نشان دهنده این موضوع می باشد که ترکیب پوزولانهای مورد مطالعه با گذشت زمان و در سنین بالاتر خاصیت پوزولانی خود را نشان می دهند و ترکیب پوزولانهای مذکور (پرلیت و متاکائولین) برای انجام فعالیت پوزولانی نیاز گذشت زمان دارند البته با توجه به تحقیقات انجام شده بر روی بتن ساخته شده با جایگزینی بخشی از سیمان توسط متاکائولین حاکی از افزایش مقاومت فشاری و خمشی در سنین اولیه می باشد بنابراین می توان نتیجه گرفت که نمونه حاوی پرلیت نیاز به زمان برای بروز خاصیت پوزولانی خود دارد. به لحاظ جذب آب در این مطالعه به منظور ارزیابی دقیق تری از خصوصیات سخت شده ی طرح های حاوی ترکیبهای مختلف پوزولان های ، درصد جذب آب اولیه و نهایی نمونه های مکعبی اندازه گیری شد که در مورد جذب آب هم طرح اول جذب آبی کمتر از نمونه شاهد دارد.

کیفیت بتن به لحاظ جذب آب از نظر آیین نامه CEB [۷] به ۳ دسته تقسیم می شود که رده ضعیف برای جذب آب بیشتر و مساوی ۵ درصد ورده متوسط برای جذب آب بین ۳ تا ۵ درصد ورده خوب برای جذب آب کمتر از ۳ درصد در نظر گرفته شده است.

۵- نتیجه گیری

- ۱- با توجه به هر سه آزمایش انجام گرفته در این مطالعه آزمایشگاهی ترکیب ۵ درصد متاکائولین و ۵ درصد پرلیت می تواند به عنوان درصد بهینه به لحاظ کسب مقاومت فشاری و خمشی مورد نظر (بالتر از نمونه شاهد) معرفی گردد.
- ۲- با توجه به انجام آزمایش و تعیین مقدار فوق روان کننده مورد نیاز برای هر طرح مشخص گردید که با افزایش مقدار ترکیب پوزولان مقدار روانی کاهش می یابد. البته این کاهش در طرحهای که مقدار پرلیت بیشتر است مشهودتر می باشد.
- ۳- با افزایش مقدار جایگزینی پوزولان با توجه به ثابت نگه داشتن روانی کلیه طرحها مقدار فوق روان کننده مصرفی افزایش می یابد.
- ۴- با توجه به آزمایش جذب آب و CEB طرح شامل ترکیب ۵درصد متاکائولین و ۵درصد پرلیت از نظر جذب آب اولیه در رده خوب قرار می گیرد.

۶- قدردانی

ساخت نمونه ها و انجام کلیه آزمایشهای این پژوهش آزمایشگاهی در آزمایشگاه بتن دانشکده فنی دانشگاه گیلان انجام پذیرفت. بدینوسیله از ریاست دانشکده فنی و همچنین مدیر گروه عمران دانشگاه گیلان و همچنین از همکاری صمیمانه مسئولین فنی آزمایشگاه آقای مهندس سرمست و خانم مهندس حاج جعفری کمال تشکر و قدردانی می گردد.

- 1- Dali Bondar, C.J. Lynsdale, Neil B. Milestone, N. Hassani, A.A. Ramezaniapour, "Effect of type, form, and dosage of activators on strength of alkali-activated natural pozzolans", *Cement & Concrete Composites* 33, pp.251–260, (2010)
- 2- Institute of Standard and Industrial Research of Iran ,Cemnet of Pozzolan Portland-Specification, JAN 2002
- ۳- رمضانیاپور، علی اکبر؛ پیدایش، منصور. «دوام بتن و نقش سیمان های پوزولانی»، نشریه شماره ۲۷۴، تهران، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۹۰
- 4-Vikas Srivastava¹, Rakesh Kumar², Agarwal V.C³, Mehta P. K ,Effect of Silica Fume and Metakaolin combination on concrete. *INTERNATIONAL JOURNAL OF CIVIL AND STRUCTURE ENGINEERING* Volume 2, No 3, 2012
- 5-Behavior of composite cement pastes containing microsilica and fly ash at elevated temperature, Mohamed Heikal, H.El-Didamony, T.M.Sokkary, I.A.Ahmed, January 2013
- ۶- محمد شکرچی زاده ، نیکالس علی لیبر ، سولماز دهقان مروستی، علی پورضرابی ، "افزودنی های شیمیایی بتن: دانش، فناوری و کاربردها" انتشارات علم و ادب، ۱۳۹۱

7--CEB-FIP, Diagnosis and assessment of concrete structures- "State of the Art Report. *CEB Bulletin* 192, 1989, 83–