

## بررسی تاثیر پرلایت بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی ملات های

### سیمانی

علی صدر ممتازی<sup>۱\*</sup>، سید مجتبی استوار<sup>۲</sup>، معین حسن زاده<sup>۳</sup>

۱- دانشیار گروه عمران، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان

۳- کارشناس ارشد سازه، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان

1-Email: sadrmomtazi@yahoo.com

تلفن: ۰۹۱۱۳۳۱۳۴۵۵

2-Email: mojtaba.ostvar@yahoo.com

تلفن: ۰۹۱۱۷۵۷۳۱۸۰

3-Email: moeinhsz@yahoo.com

تلفن: ۰۹۱۱۷۱۶۲۱۴۹

کد مقاله (E)

کد انجمن (167E)

#### چکیده:

با توجه به رشد جمعیت و افزایش روز افزون ساخت و ساز و مصرف سیمان، استفاده از مصالح جایگزین به عنوان مواد متمم سیمانی امری ضروری به نظر می‌رسد. در سال‌های اخیر، مواد پوزولانی طبیعی به دلیل در دسترس بودن، کاربرد فراوانی در صنعت ساخت بتن پیدا کرده‌اند. در این تحقیق اثر جایگزینی ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد وزن سیمان با پرلایت به عنوان یک پوزولان طبیعی بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی ملات‌های سیمانی مورد مطالعه قرار گرفته و نتایج آن با ملات کنترل مقایسه شده است. مطالعات آزمایشگاهی صورت گرفته به دو بخش بررسی خصوصیات فیزیکی و بررسی خصوصیات مکانیکی تقسیم شده است. خصوصیات فیزیکی شامل جذب آب نهایی، جذب آب کوتاه مدت اولیه، چگالی حجمی و تخلخل ظاهری و خصوصیات مکانیکی شامل مقاومت فشاری و مقاومت خمشی می‌باشد. نتایج آزمایش‌ها بیان‌گر این موضوع است که استفاده از پرلایت بصورت جانشین وزنی سیمان سبب بهبود خصوصیات فیزیکی و مکانیکی ملات‌های سیمانی می‌شود.

واژه های کلیدی: ملات سیمان، پرلایت، خصوصیات فیزیکی، خصوصیات مکانیکی

## **Investigation on the effect of perlite on physical and mechanical properties of cement mortars**

**Ali Sadr Momtazi<sup>1\*</sup>, Seyed Mojtaba Ostvar<sup>2</sup>, Moein Hasanzadeh<sup>3</sup>**

1- Associate Professor, Faculty of Engineering, University of Guilan

2&3- MSc, Structural Engineering, Faculty of Engineering, University of Guilan

1-Email: sadrmomtazi@yahoo.com

Tel: 09113313455

2-Email: mojtaba.ostvar@yahoo.com

Tel: 09117573180

3-Email: moeinhsh@yahoo.com

Tel: 09117162149

### **Abstract**

Due to population growth and increasing construction and cement consumption, the use of alternative materials as supplementary cementitious materials seems to be necessary. In recent years, natural pozzolanic materials according to availability, has found wide use in concrete construction industry.

In this study, the effect of replacing 5, 10, 15, 20 and 25 weights% of cement with perlite as a natural pozzolan on the physical and mechanical properties of cement mortar were studied and the results were compared with the control mortar. Laboratory studies have been divided into two parts to investigate the physical and mechanical properties. The physical investigated properties included of the final water absorption, water absorption of the initial term, bulk density and apparent porosity and mechanical properties included compressive strength and flexural strength. Test results indicate that the use of perlite as a substitute for cement mass, improved physical and mechanical properties of cement mortar.

**Keywords:** Cement mortar, Perlite, Physical properties, Mechanical properties

## ۱. مقدمه

با توجه به افزایش جمعیت، رشد شهرنشینی و نیاز روز افزون به فرآورده های عمرانی جدید، یکی از اولویت های تحقیقاتی در جهان، بررسی و شناخت کاربرد مواد معدنی طبیعی و مصنوعی در فرآورده های عمرانی می باشد. بتن یکی از رایج ترین مصالح ساخت و ساز در جهان می باشد که در مقادیر انبوه تولید می شود. در حین تولید سیمان پرتلند که در کنار سنگدانه یکی از اجزای اصلی مخلوط بتن می باشد، دی اکسید کربن به عنوان یکی از گازهای گلخانه ای به اتمسفر منتشر می شود. میزان تولید سالانه سیمان در جهان در حدود ۱/۴ میلیارد تن می باشد. در خلال پروسه تولید یک تن سیمان پرتلند حدود یک تن گاز دی اکسید کربن به اتمسفر منتشر می شود. بنابراین تولید سالانه سیمان پرتلند سبب انتشار ۱/۴ میلیارد تن گاز دی اکسید کربن به اتمسفر می شود. به همین جهت نیازمند بررسی مواد جایگزینی که سازگار با محیط زیست هستند، به عنوان جایگزین بخشی از سیمان در ساخت بتن می باشیم. این مواد با جانشینی سیمان سبب کاهش تولید سیمان و در نتیجه کاهش انتشار کربن دی اکسید به اتمسفر می شوند [۱].

پوزولان ماده سیلیسی یا سیلیسی آلومین داری است که به خودی خود خاصیت چسبانندگی کمی داشته و یا ندارد. ولی بصورت گرد نرم در مجاورت رطوبت و در دمای معمولی با هیدروکسید کلسیم واکنش شیمیایی نشان داده و ترکیباتی با خواص سیمانی بوجود می آورد [۲]. استفاده از مواد پوزولانی می تواند با بهبود ریزساختار خمیر سیمان از طریق پر کردن حفرات ریز موجود در آن باعث بهبود خصوصیات مقاومتی و افزایش پایداری محصولات سیمانی شود [۳]. پوزولان ها به دو گروه اصلی طبیعی و مصنوعی تقسیم می شوند. از جمله پوزولان های طبیعی می توان خاکسترهای آتشفشانی، توف های شیشه ای، دیاتومیت، رس و شیل کلسینه شده را نام برد. همچنین از جمله پوزولان های مصنوعی می توان به دوده سیلیس، روباره کوره های آهنگدازی و خاکستر بادی اشاره کرد [۴].

پرلیت سبکدانه های مصنوعی سنگ آتشفشان شیشه ای با ترکیب ریولیتی است که ساختاری بی شکل و غیر کریستالی دارد و نوع منبسط شده آن سفید رنگ است. نزدیک به ۷۵ درصد آن اکسید سیلیسیم است که در حدود ۳ تا ۵ درصد آب به صورت حبس شده در خود دارد و در اثر حرارت بین ۹۰۰ تا ۱۱۰۰ درجه سانتیگراد آب حبس شده در آن به صورت بخار در می آید و خروج این آب حبس شده از داخل ذرات نرم شده سنگ پرلیت سبب می شود که حجم آن از ۴ تا ۲۰ برابر افزایش یابد. پرلیت خام پس از انبساط، حجم آن ۱۰ تا ۲۰ برابر افزایش می یابد و در هر مترمکعب تقریباً وزنی معادل ۶۰ تا ۱۱۰ کیلوگرم خواهد شد [۵].

اکتشاف ذخایر پرلیت از سال ۱۳۷۵ هجری شمسی در ایران آغاز شد و تنها یکی از معادن آن تقریباً شامل ۵ میلیون تن سنگ معدن می باشد [۶].

از جمله امتیازات ملات ساخته شده توسط سیمان و پرلیت نسبت به ملات معمولی سیمان، می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- وزن آن کمتر از نصف ملات معمولی سیمان است.

۲- مقاومت آن در برابر آتش ۴ برابر ملات معمولی سیمان است.

۳- ضریب هدایت حرارتی آن ۸ برابر کمتر از ملات معمولی سیمان است [۷].

قاسم زاده و همکاران [۸] در مقاله ای اشاره کرده اند که افزایش میزان پودر پرلیت، پتانسیل خوردگی در سن ۹۰ روزه کاهش می یابد و همچنین نمونه حاوی ۲٫۵ درصد پودر پرلیت نسبت به ۵ و ۷٫۵ درصد پودر پرلیت احتمال خوردگی و جذب آب بیشتری نسبت به نمونه شاهد دارد، اما مقاومت فشاری آن بیشترین مقدار را دارد.

Pantawee و Sinsiri [۹] در مقاله ای به این نتیجه رسیدند که استفاده از درصدهای بالای پرلیت مقاومت فشاری را کاهش و جذب آب را افزایش می دهد و همچنین باعث کاهش چگالی نمونه می شود.

امروزه بررسی و شناخت کاربرد انواع مواد معدنی و پوزولان های طبیعی در صنعت بتن به دلیل ویژگی های مناسب رو به گسترش است. لذا پژوهش حاضر به بررسی تاثیر پرلیت بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی ملات های سیمانی پرداخته است.

## ۲. مصالح مصرفی و نسبت های اختلاط

در تحقیق حاضر از سیمان پرتلند تیپ ۴۲۵-۱ استفاده شده است. پودر پرلیت مورد استفاده از شرکت گسترش پرلیت واقع در بستان آباد تبریز تهیه شد. مشخصات شیمیایی سیمان و پرلیت در جدول ۱ و مشخصات فیزیکی سیمان در جدول ۲ نشان داده شده است. همچنین از فوق روان کننده با نام تجاری FARCO PLAST P10N که بر پایه پلی کربوکسیلات اثر می باشد، جهت دستیابی به روانی مطلوب و کمک به توزیع بهتر ذرات در ملات استفاده شد. دانه بندی ماسه مورد استفاده در ساخت ملات مطابق با استاندارد ASTM C778 انجام شد [۱۰]. نسبت آب به مواد چسباننده برای تمام اختلاط ها ۰/۵ و نسبت ماسه به مواد چسباننده ۲/۷۵ در نظر گرفته شد. پرلیت به عنوان جایگزین سیمان در ساخت ملات مورد استفاده قرار گرفت. به منظور بررسی اثر پودر پرلیت بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی ملات های سیمانی، پودر پرلیت با مقادیر ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درصد جانشین وزنی سیمان در ساخت ملات شد. جزییات طرح های اختلاط به کار برده شده در ساخت ملات در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۱- آنالیز شیمیایی سیمان و پرلیت

ترکیب شیمیایی	درصد های تشکیل دهنده	
	سیمان	پرلیت
SiO <sub>2</sub>	۲۱/۱۶	۷۴/۶
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۴/۸۲	۱۱/۷
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۳/۹	۱/۲
CaO	۶۳/۵۲	۰/۷۸
MgO	۱/۵۲	۰/۰۸
K <sub>2</sub> O	۰/۵۹	۴/۷۵
Na <sub>2</sub> O	۰/۴	-
SO <sub>3</sub>	۲/۵۱	-
TiO <sub>2</sub>	-	-
LOI	۱/۳۲	-

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی سیمان مصرفی

انبساط اتوکلاو	گیرش نهایی	گیرش اولیه	سطح مخصوص	وزن مخصوص
%	min	min	[cm <sup>2</sup> / gr]	[gr/cm <sup>3</sup> ]
۰/۰۶	۲۰۰	۱۶۵	۲۹۵۰	۳/۱۵

جدول ۳- مشخصات طرح های اختلاط

نام اختلاط	چسباننده/آب	نسبت ماسه به مواد سیمانی	درصد وزنی	
			سیمان	پرلیت
Control	۰/۵	۲/۷۵	۱۰۰	۰
P 5%	۰/۵	۲/۷۵	۹۵	۵
P 10%	۰/۵	۲/۷۵	۹۰	۱۰
P 15%	۰/۵	۲/۷۵	۸۵	۱۵
P 20%	۰/۵	۲/۷۵	۸۰	۲۰
P 25%	۰/۵	۲/۷۵	۷۵	۲۵

### ۳. ساخت نمونه ها

بدیهی است که توزیع یکنواخت مواد تشکیل دهنده ملات بویژه مواد سیمانی از جمله پارامترهای مهم در جهت دستیابی به خصوصیات مقاومتی مطلوب می باشد. برای نیل به این هدف در این پژوهش از مواد فوق روان کننده و روش اختلاط مناسب استفاده شده است. مواد فوق روان کننده از طریق چسبیدن به سطح ذرات مواد سیمانی و ایجاد بار الکتریکی مشابه در سطح تماس ذرات و در نتیجه ایجاد نیروی دافعه بین ذرات باعث پراکندگی آنها می شوند. با کنترل روانی توسط میز جریان، مواد فوق روان کننده به اندازه ای به مخلوط ها اضافه شدند که روانی در حد مجاز باشد (روانی مجاز در محدوده  $5 \pm 110$ ) و جهت اختلاط مناسب، ساخت ملات ها مطابق دستورالعمل زیر انجام شد :

- ۱- آب ( و یا محلول آب-فوق روان کننده در طرح های حاوی پرلیت) لازم جهت اختلاط را در جام مخلوط کن ریخته و مخلوط کن بر روی سرعت کم ( $5 \pm 140$  دور در دقیقه محوری و ۶۲ دور در دقیقه مداری) روشن می شود.
- ۲- مواد سیمانی (در طرح کنترل تنها سیمان و در مورد سایر طرح ها مخلوط همگن شده سیمان و پرلیت) را به آب اضافه نموده و عمل اختلاط با سرعت کم و به مدت یک دقیقه ادامه یافت.
- ۳- در حالی که مخلوط کن با سرعت کم کار می کند، در فاصله ۳۰ ثانیه تمام ماسه لازم به آرامی به داخل مخلوط کن اضافه شد.
- ۴- از زمان پایان ریختن ماسه، سرعت را به متوسط ( $10 \pm 285$  دور در دقیقه محوری و ۱۲۵ دور در دقیقه مداری) تغییر داده و ۳۰ ثانیه دیگر عمل اختلاط ادامه یافت.

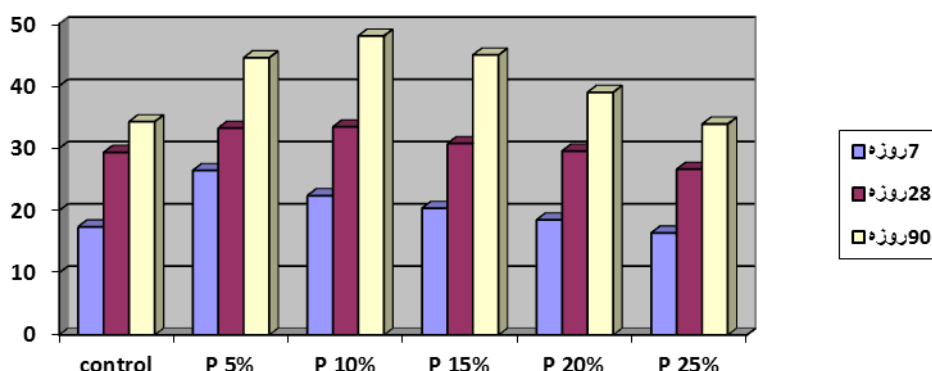
۵- مخلوط کن به مدت ۹۰ ثانیه خاموش گردید. در ۱۵ ثانیه اول این زمان ملات هایی که به دیواره و کف جام چسبیده بودند جدا و ته گیری شدند.

۶- ساخت ملات با یک دقیقه اختلاط با سرعت متوسط پایان یافت.

جهت سنجش مقاومت فشاری، چگالی، جذب آب و تخلخل ظاهری ملات ها را در قالب های  $50 \times 50 \times 50$  میلی متری ریخته و جهت سنجش مقاومت خمشی از قالب های  $160 \times 40 \times 40$  میلی متری استفاده گردید. نمونه های مکعبی در ۲ لایه و هر لایه ۳۲ بار توسط چکش تراکم کوبیده شدند. نمونه های منشوری نیز در ۲ لایه و هر لایه ۱۲ بار کوبیده شدند. نمونه ها پس از ۲۴ ساعت از قالب خارج و در مخزنی از محلول اشباع آب و آهک در دمای  $23 \pm 2^\circ C$  نگهداری شدند. لازم به ذکر است که کلیه کارهای آزمایشگاهی این پژوهش در آزمایشگاه بتن و مصالح ساختمانی دانشکده فنی دانشگاه گیلان انجام شده است.

#### ۴. آزمایش مقاومت فشاری

مقاومت فشاری براساس استاندارد ASTM C109 در سنین ۷، ۲۸ و ۹۰ روزه بر روی نمونه های مکعبی انجام شد [۱۱]. نتایج آزمایش مقاومت فشاری برای هر طرح اختلاط براساس متوسط مقاومت ۳ نمونه در هر سن تعیین و در شکل ۱ به نمایش در آمده است.



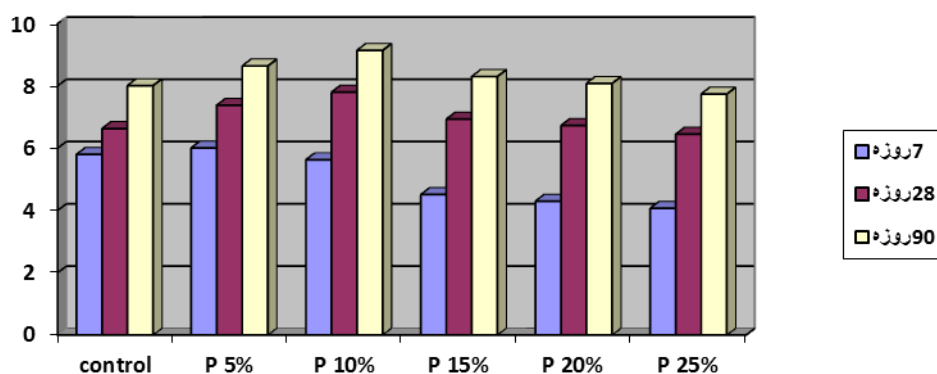
شکل ۱ - مقاومت فشاری ملات‌های سیمانی (MPa)

با توجه به شکل ۱ واضح است که استفاده از پرلیت در ملات، باعث افزایش مقاومت فشاری نمونه ها شده است. مقاومت ملات ها در سن ۷ روزه با افزودن ۵ درصد پرلیت بیشترین مقدار افزایش مقاومت را داشته است. Benachour و همکاران [۱۲] گزارش کردند که هر چه نسبت ابعاد فیلر به ذرات سیمان بیشتر باشد اثر پرکنندگی آن بهتر خواهد بود. لذا پرلیت با توجه به ذرات بسیار ریز آن، اثر پرکنندگی قابل توجهی داشته و با پرکردن فضاهای خالی موجود در خمیر سیمان موجب افزایش تراکم و بهبود خصوصیات مکانیکی می گردند. این مکانیزم می تواند از جمله عوامل موثر در افزایش مقاومت کوتاه مدت ملات ها باشد. در تمامی سنین افزودن ۲۵ درصد پرلیت باعث کاهش مقاومت فشاری نسبت به نمونه شاهد می گردد. به نظر می رسد عدم شکل گیری میکروساختار همگن در اثر عدم توزیع یکنواخت ذرات پرلیت عامل اصلی در این کاهش مقاومت باشد. همچنین از شکل ۱

ملاحظه می‌شود که استفاده از ۱۰ درصد پرلیت سبب افزایش بیشتر مقاومت فشاری نمونه‌ها در سنین ۲۸ و ۹۰ روزه‌گی نسبت به نمونه‌های دیگر شده است. این موضوع بخاطر این است که پوزولان‌ها در سنین بالاتر فعالیت بیشتری از خود نشان داده و افزایش مقاومت بالاتری نسبت به سنین اولیه از خود نشان می‌دهد. با توجه به نتایج فشاری می‌توان دریافت که استفاده از پرلیت تا ۲۰ درصد جایگزینی سیمان باعث افزایش مقاومت نسبت به ملات کنترل می‌شود. همچنین از بررسی رشد مقاومت فشاری طرح‌های با درصد مختلف جایگزینی سیمان با پرلیت بوضوح می‌توان دریافت که فعالیت پوزولانی این طرح‌ها در فاصله بین سنین ۲۸ و ۹۰ روزگی بشدت افزایش یافته که بیش‌ترین رشد مقاومت در فاصله بین این دو سن متعلق به طرح حاوی ۱۰ درصد پرلیت می‌باشد.

### ۵. آزمایش مقاومت خمشی

مقاومت خمشی براساس استاندارد ASTM C348 در سنین ۷، ۲۸ و ۹۰ روزه بر روی نمونه‌های منشوری انجام شد [۱۳]. نتایج آزمایش مقاومت خمشی برای هر طرح اختلاط براساس متوسط مقاومت ۳ نمونه در هر سن تعیین و در شکل ۲ به نمایش درآمده است.



شکل ۲ - مقاومت خمشی ملات‌های سیمانی (MPa)

با توجه به شکل ۲ ملاحظه می‌گردد که روند تغییرات مقاومت خمشی تقریباً مشابه روند تغییرات مقاومت فشاری بوده است. استفاده از پرلیت در ملات، بجز طرح مربوط به ۵ درصد جایگزینی پرلیت، در تمامی درصد‌های جانشینی باعث کاهش مقاومت خمشی در سن ۷ روزه نسبت به ملات کنترل شده است. مقاومت خمشی در سن ۲۸ روزه با افزودن پرلیت در تمامی طرح‌ها افزایش قابل توجهی داشته است و ملاحظه می‌شود که استفاده از ۱۰ درصد پرلیت سبب بیشترین افزایش مقاومت خمشی در سن ۲۸ روزگی نسبت به نمونه کنترل شده است. همچنین از بررسی رشد مقاومت خمشی نمونه‌ها می‌توان دریافت که در سن ۹۰ روزه‌گی بیشترین مقاومت خمشی همانند نمودار مقاومت فشاری مربوط به طرح با جایگزینی ۱۰ درصد پرلیت است. این موضوع بخاطر واکنش پوزولانی پرلیت در سنین بالا می‌باشد که این امر باعث افزایش رشد مقاومت مکانیکی نمونه‌ها شده است. سطح تماس بین خمیر سیمان و سنگدانه‌ها از جمله نقاط بسیار حساس در هر کامپوزیت سیمانی می‌باشد. تحقیقات نشان داده

است که در اکثر موارد، سطح شکست یک نمونه بتنی از این ناحیه می گذرد. علارقم اهمیت بالای سطح تماس بین خمیره سیمان و سنگدانه، این ناحیه یکی از آسیب پذیرترین و ضعیف ترین قسمت های بتن محسوب می شود. محققین اثر جداره (wall effect) را در این زمینه موثر می دانند. مشاهده شده است که حضور سنگدانه های نفوذ ناپذیر در بافت خمیر سیمان باعث شکل گیری لایه نازکی از آب در اطراف آن ها می شود. از آن جا که یون های کلسیم قابلیت حرکت پذیری بیشتری در محیط آبی دارند به درون این لایه کشیده شده و پس از تبلور باعث تشکیل کریستال های ضعیف هیدروکسید کلسیم می شوند [۱۴]. ذرات بسیار ریز پرلیت به کمک اثر پرکنندگی و فعالیت پوزولانی، مانع از تجمع هیدروکسید کلسیم در سطح تماس خمیر سیمان و سنگدانه ها شده و با ایجاد تراکم کافی و تشکیل میکروساختار همگن، امکان تماس بهتر و پیوند قوی تری را بین سیمان و سنگدانه ها فراهم می سازد.

## ۶. آزمایش جذب آب، چگالی حجمی و تخلخل ظاهری

به منظور بررسی اثر پرلیت بر میزان نفوذپذیری نمونه های ملات، آزمایش جذب آب براساس استاندارد ASTM C948 بر روی نمونه های مکعبی انجام شد [۱۵]. نتایج آزمایش جذب آب براساس متوسط نتایج ۳ نمونه تعیین و در جدول ۴ به نمایش درآمده است. اهمیت این آزمایش ها از آن جهت است که نتایج این آزمایش ها بازگو کننده حجم و گستردگی حفرات مویینه موجود در یک کامپوزیت سیمانی می باشند.

جدول ۴- نتایج جذب آب، تخلخل ظاهری و چگالی حجمی

مشخصات ملات	چگالی حجمی [gr/cm <sup>3</sup> ]	جذب آب بلند مدت %	جذب آب نیم ساعته %	تخلخل ظاهری %
ملات کنترل	۲/۰۷	۸/۸۵	۴/۴۸	۱۲/۱۲
ملات حاوی ۵ درصد پرلیت	۱/۹۸	۷/۷۴	۳/۴۸	۱۰/۱۱
ملات حاوی ۱۰ درصد پرلیت	۱/۹۶	۶/۹۱	۲/۸۲	۸/۶
ملات حاوی ۱۵ درصد پرلیت	۱/۹۴	۸/۶۳	۳/۴۸	۱۲/۱۴
ملات حاوی ۲۰ درصد پرلیت	۱/۹۳	۱۱/۶۶	۶/۶۴	۱۶/۰۳
ملات حاوی ۲۵ درصد پرلیت	۱/۸۶	۱۳/۸۵	۸/۵۵	۱۹/۷۹

همانگونه که در جدول ۴ مشاهده می شود در تمامی طرح های اختلاط حاوی پرلیت، میزان چگالی حجمی نسبت به ملات کنترل کاهش پیدا کرده است و با توجه به وزن مخصوص پایین پرلیت با افزایش درصد های جایگزینی این کاهش چگالی نسبت به ملات کنترل مشهودتر می شود. همانطور که در بالا مشاهده می شود با افزایش پرلیت تا ۱۰ درصد جایگزینی سیمان (مقدار بهینه نمودار فشار و خمش) میزان جذب آب و تخلخل نمونه ها کاهش می یابد و پس از آن با توجه به افزایش حجم بکارگیری



پرلیت در نمونه ها و جذب آب بالای این پوزولان میزان جذب آب و در نتیجه تخلخل نمونه ها افزایش می یابد. از نتایج بالا به وضوح قابل مشاهده است که کاهش جذب آب باعث کاهش تخلخل نمونه ها و در نتیجه حصول مقاومت بیشتر مکانیکی نمونه ها نسبت به ملات کنترل شده است. استفاده از درصد بهینه پوزولان باعث می شود ذرات بسیار ریز پوزولان از طریق واکنش با کریستال های هیدروکسید کلسیم و کاهش اندازه آن ها باعث ایجاد ریزساختاری همگن شده و از سوی دیگر با کاهش حفرات نفوذ پذیر از طریق پر کردن حفرات مویینه موجود در بافت خمیر سیمان و مسدود کردن راه های ارتباطی شبکه مویینه موجب کاهش جذب آب می شوند.

## ۷. نتیجه گیری

در پژوهش حاضر تاثیر درصدهای مختلف پرلیت بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی ملات های سیمانی بررسی شده است. بدین منظور پرلیت با درصدهای مختلف جایگزین وزنی سیمان شدند و مقاومت فشاری، مقاومت خمشی، چگالی، جذب آب و تخلخل ظاهری نمونه ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش ها نشان دادند :

۱- مقاومت فشاری ملات ها در سن ۷ روزه با به کارگیری ۵ درصد جایگزینی پرلیت با سیمان بیشترین مقدار را نسبت به ملات کنترل دارا است، با افزایش سن نمونه ها مقدار بیشترین افزایش مقاومت فشاری مربوط به طرح با ۱۰ درصد پرلیت می باشد که نشان دهنده افزایش فعالیت پوزولانی پرلیت در سنین بالاتر است.

۲- مقاومت خمشی ملات های حاوی پرلیت در سن ۷ روزه جز در طرح با ۵ درصد جایگزینی نسبت به ملات کنترل کاهش مقاومت داشته است. در سنین ۲۸ و ۹۰ روزه گی بیشترین مقاومت را طرح ۱۰ درصد جایگزینی دارا می باشد.

۳- از مقایسه کلیه طرح های اختلاط مشاهده می شود که طرح حاوی ۵ درصد پرلیت دارای بیشترین مقاومت فشاری و خمشی در سن ۷ روزه و همچنین طرح اختلاط حاوی ۱۰ درصد پرلیت دارای بیشترین مقاومت فشاری و خمشی در سنین ۲۸ و ۹۰ روزه گی می باشد. استفاده از ۲۵ درصد جایگزینی پرلیت به دلیل عدم شکل گیری میکروساختار همگن در اثر عدم توزیع یکنواخت ذرات، مقاومت فشاری و خمشی کمتری را نسبت به ملات کنترل دارا است.

۴- نتایج آزمایش جذب آب نشان می دهد که در طرح های با درصد های پایین جایگزینی میزان جذب آب کاهش و با افزایش پرلیت به نسبت جذب نیز افزایش پیدا می کند. نمونه با ۱۰ درصد پرلیت کمترین مقدار جذب آب و تخلخل را نسبت به ملات کنترل دارد که این مقدار کاهش به ترتیب ۷,۸ درصد و ۷,۱ درصد می باشد. پر کردن حفرات مویینه موجود در بافت خمیر سیمان و مسدود کردن راه های ارتباطی شبکه مویینه از جمله عوامل موثر در کاهش جذب آب است.

۵- باتوجه به وزن مخصوص پایین پرلیت و فضایی که در درصد های بالاتر جانشینی اشغال می کند با افزایش درصد جایگزینی چگالی نمونه ها نسبت به ملات کنترل کاهش بیشتری را از خود نشان می دهد.

## مراجع

1. Malhotra, V. M., "Role of supplementary cementing materials reducing greenhouse gas emissions," Proc. of Int. Conference on Infrastructure Regeneration and Rehabilitation, Improving the Quality of Life Through Better Construction, A Vision for the Next Millenium, R.N.Swamy (ed.), Sheffield, pp. 27-42, (1999).
۲. استاندارد ۳۴۳۳، "ویژگی های پوزولان های طبیعی"، چاپ اول، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، (۱۳۷۳).
۳. فصیحی، ع، "اثر الیاف پلی پروپیلن بر خواص ملات های سیمانی حاوی ذرات نانو سیلیس"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه گیلان، رشت، (۱۳۸۷).
4. Thomas, M., "Supplementary cementing materials in concrete," CRC Press, Taylor & Francis Group, Broken Sound Parkway NW, (2013).
۵. قربانی، م، "پرلیت و بوکه های معدنی"، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات زمینی کشور، (۱۳۷۸).
۶. سهرابی، ق، زندی، ی، "تکنولوژی پیشرفته بتن"، انتشارات فروزش، (۱۳۸۵).
۷. زندی، یوسف، "استفاده از پرلیت به عنوان مصالح بومی در سبک سازی وزن بتن همراه با قابلیت افزایش مقاومت آن"، اولین همایش بین المللی زلزله و سبک سازی ساختمان، دانشگاه قم، (۱۳۸۴).
۸. قاسم زاده ح، فلاح غر، "بررسی خواص رئولوژیکی و دوام بتن خودتراکم حاوی پودر پرلیت"، دومین کنفرانس ملی بتن ایران، (۱۳۸۹).
9. Pantazwee, S. and Sinsiri, T. "The use of Natural Pozzolanas in light weight concrete," Proceedings of International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology, pp. 224-230, (2004).
10. ASTM C778, "Standard specification for standard sand," Annual Book of ASTM Standards, 4.01, pp. 360-362, (2000).
11. ASTM C109, "Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars," Annual Book of ASTM Standards, 4.01, pp. 84-89, (2000).
12. Bnachour, Y., Davy, C.A., Skoczylas, F., Houari, H., "Effect of high calcite filler addition upon microstructural, mechanical, Shrinkage and transport properties of a mortar," Cement and Concrete Research 38, pp 727-736, (2008).
13. ASTM C348, "Standard test method for flexural strength of hydraulic-cement mortars," Annual Book of ASTM Standards, 4.01, pp. 221-226, (2000).
14. Holmer, S.J, Vahan, A., "Transition zone studies of vegetable fiber-cement paste composites," Cement and Concrete Research 21, pp 49-57, (1999).
15. ASTM C948, "Standard test method for dry and wet bulk density, water absorption, and apparent porosity of thin sections of glass-fiber reinforced concrete", Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.05, (1981-Reapproved 2001)