

# بررسی تاثیر زئولیت های شهرستان شاهیندرژ در مقاومت فشاری بتن سبک

عبدالله فروغی راد<sup>۱</sup>، عطااله بهرامی<sup>۱</sup>

۱- گروه مهندسی معدن، دانشکده فنی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

Mehranforughirad1@gmail.com

## چکیده

ماده معدنی کلینوپتیلولیت جز خانواده زئولیتها (زئولیتها با توجه به خواص فیزیکی و شیمیایی خود دارای ترکیبات نسبتاً متنوعی هستند) و یکی از مفیدترین انواع زئولیتهای طبیعی است. کلینوپتیلولیت از گروه سیلیکاتها و زیر گروه تکتوسیلیکاتها (شیمی: سیلیکات آلومینیوم کلسیم پتاسیم سدیم هیدرات) است. از کلینوپتیلولیت معمولاً بعنوان صافی شیمیایی، جاذب شیمیایی و خالص کننده آب استفاده می شود. این ترکیبات دارای ساختار چهار وجهی (چهار اتم اکسیژن حول یک اتم سیلیس) هستند که در آنها حفره ها و کانالهایی با ابعاد ۱۰-۳ آنگستروم وجود دارد. این حفرات حاوی ۲۰-۱۰ درصد آب هستند. وجود این ساختمان، موجب تبادل کاتیونی با ظرفیت بین ۴/۷۳-۲/۱۶ meq/gr در کلینوپتیلولیتها شده است. قابلیت تبادل یونی و جذب سطحی، این ساختارها را قادر به حذف بسیاری از ترکیبات کاتیونی از محلولها می نماید. زئولیتها تمایل بسیار اندکی برای تبادل ترکیبات آنیونی دارند.

استفاده از بتن سبک در اعضای سازه های میتواند به عنوان راهکار مناسبی جهت کاهش خطرات ناشی از زلزله تلقی شود. یکی از محدودیتهای کاربرد عمده بتن سبک مصرف بیشتر سیمان در آن نسبت به بتن معمولی است و یکی از راهکارهای بر طرف کردن این نقیصه استفاده از مواد جایگزین سیمان میباشد. استفاده از بتن با وزن مخصوص پایین و همچنین افزایش مقاومت فشاری بتن می تواند منجر به سبک سازی و کاهش ابعاد اجزای سازه ای گردد. در این مقاله، تاثیر زئولیت برمقاومت بتن، وزن مخصوص و میزان جذب آب بتن، بررسی شده است. نتایج آزمایش بر روی پنج نمونه با درصدهای متفاوت زئولیت (۰٪، ۱۰٪، ۲۰٪، ۳۰٪، ۴۰٪) با نتایج آزمایش بر روی نمونه شاهد مقایسه شد. افزایش مقاومت، کاهش وزن مخصوص و افزایش میزان جذب آب بتن از نتایج وجود زئولیت در بتن سبک هستند.

کلمات کلیدی: زئولیت، بتن، مقاومت فشاری، جذب آب سطحی

## ۱. مقدمه

نخستین بار در سال ۱۷۵۶ بلورهای خاصی که در زیر شکاف های صخره ها تشکیل شده بودند توسط یک معدنشناس سوئدی به نام الکس فرودریک کرونستدت (Alex Fredrik Cronstedt) کشف شد. او مشاهده کرد که هنگام گرم کردن به بلورها، مقدار زیادی آب به صورت بخار از آن خارج می شود. بنابراین با توجه به وجه تسمیه دو لغت یونانی زین (Zein) به معنای جوشیدن و لیتوس (Lithos) به معنای سنگ، این بلورها زئولیت (سنگ جوشان) نامیده شدند. تاکنون ۳۴ نوع زئولیت طبیعی و حدود ۱۰۰ نوع زئولیت مصنوعی شناسایی شده است. از گونه های معدنی مهم، میتوان به آنالیم، شاپازیت، فوژاسیت، کلینوپتیلولیت و ناترولیت اشاره کرد. زئولیت رها به وفو در سنگهای آتشفشانی یافت میشوند، اما به دلیل نبود روشهای اقتصادی جهت استخراج آن ها، تولیدشان بسیار اندک بود، از این رو شیمیدانان به سمت تولید نمونه های ترکیبی و مصنوعی روی آوردند. در بین گونه های مصنوعی نیز انواع A، X، P، L، A، X، P، L، zsm-5 از اهمیت تجاری برخوردارند (۲-۳). اگر چه زئولیتها از قرن ۱۸ میلادی برای دانشمندان و معدن شناسان شناخته شده بودند

ولی تا حدود ۷۰ سال پیش کار علمی و عملی قابل توجهی روی آنها انجام نشده بود. بعدها و پس از شناخت خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد آنها توجه بسیاری از محققان به این علم جلب شد. به گونه ای که طی سی سال گذشته گسترش فوق العاده‌ای در زمینه علوم زئولیت‌ها پدید آمده است (۳).

با توسعه سریع ساختمان‌های بلند مرتبه، سازه‌ی‌های بتنی عظیم و پل‌های با دهانه‌های بلند، بتن سبک سازه‌ای با سبک‌دانه‌های مختلف به طور گسترده‌ای در دنیا مورد مطالعه قرار گرفت و به طور موفقیت‌آمیزی گسترش یافت. همچنین به دلیل وجود گسل‌های فعال ایران جزو کشورهای زلزله‌خیز به حساب می‌آید. بنابراین علاقه گسترده‌ای در بهره‌برداری از بتن سبک سازه‌ای با خواص مکانیکی مناسب به منظور بهبود رفتار لرزه‌سازه‌هایی که در محدوده با لرزه‌خیزی زیاد در ایران قرار گرفته‌اند، وجود دارد (۱). ویژگی اصلی بتن چگالی کمتر آن نسبت به بتن‌های سنتی می‌باشد. این ویژگی بتن سبک به عنوان راه حل مناسبی برای کاهش مشکلات ناشی از وزن زیاد سازه‌های بتنی و در عین حال حفظ سایر مزیت‌های بتن توسعه یافته است. از مشکلات بتن سبک، مقاومت فشاری، مقاومت کششی و خمشی کم آن در مقایسه با بتن معمولی است. برای حل این مشکل استفاده از مواد افزودنی نظیر فوق روان‌کننده برای کاهش آب مصرفی و پوزولان‌ها مانند زئولیت برای پر کردن خلل و فرج‌های بتن و افزایش مقاومت آن در نظر گرفته شده و استفاده از مواد پوزولانی به عنوان جایگزین بخشی از سیمان دارای مزایایی می‌باشد که از آن جمله می‌توان به افزایش روانی بتن، تهیه بتن متراکم تر، کاهش گرمای هیدراتاسیون در بتن ریزی‌های حجیم و از همه مهمتر کاهش آلودگی محیط زیست اشاره نمود.

زئولیت یک کانی متبلور با ترکیبی از سیلیکات‌های آلومینیوم آبدار از عناصر قلیایی و قلیایی خاکی می‌باشد. خواص پوزولانی زئولیت‌ها به علت وجود اکسیدهای سیلیسیم و آلومینیوم در ترکیب شیمیایی آنهاست. همچنین باید اشاره نمود که زئولیت دارای ساختار داخلی خاصی به صورت شبکه کریستالی سه بعدی است و سطح داخلی آن بسیار زیاد است، به همین دلیل دو ویژگی تبادل یونی و جذب سطحی در این ماده پوزولانی بسیار شاخص است (۴-۷)

در تحقیق حاضر با هدف بررسی عملکرد پوزولان زئولیت در خواص مکانیکی بتن سبک و جایگزینی (۰٪، ۱۰٪، ۲۰٪، ۳۰٪، ۴۰٪) درصد وزن سیمان با زئولیت در ساخت بتن سبک سازه‌ای استفاده شد و تاثیر این مواد در مقاومت فشاری و مقاومت کششی مورد بررسی قرار گرفت.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۱.۲. مواد

سیمان مورد استفاده در این تحقیق، سیمان ساخته شده‌ی آزمایشگاهی با شرایط استاندارد صنعتی می‌باشد. به این صورت که مقدار ۳ درصد گچ به همراه ۹۷ درصد کلینکر مخلوط شده‌اند. نمونه گچ از معدن گچ چهلقرز آورده شده است. نمونه‌ی سیمان و کلینکر از نوع سیمان تیپ ۲ برداشته شده است.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی مواد اولیه‌ی مورد استفاده

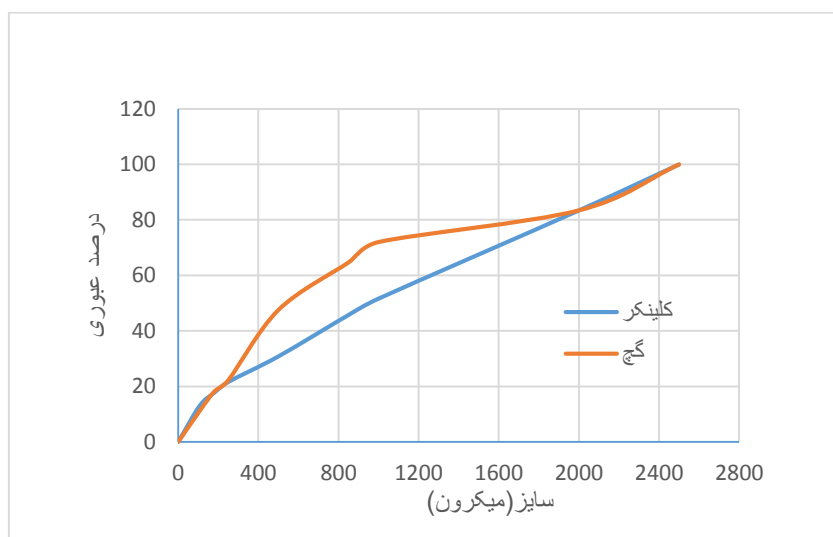
Loss	So <sub>3</sub>	Mgo	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	
۲۰,۱	۴۱	۰,۴	۳۲	۰,۱۶	۰,۳	۱	گچ
۳,۹	۰,۴	۱,۸	۱,۵	۲	۱۳	۶۹	پوزولان

جدول ۲- دانه‌بندی نمونه‌های اولیه

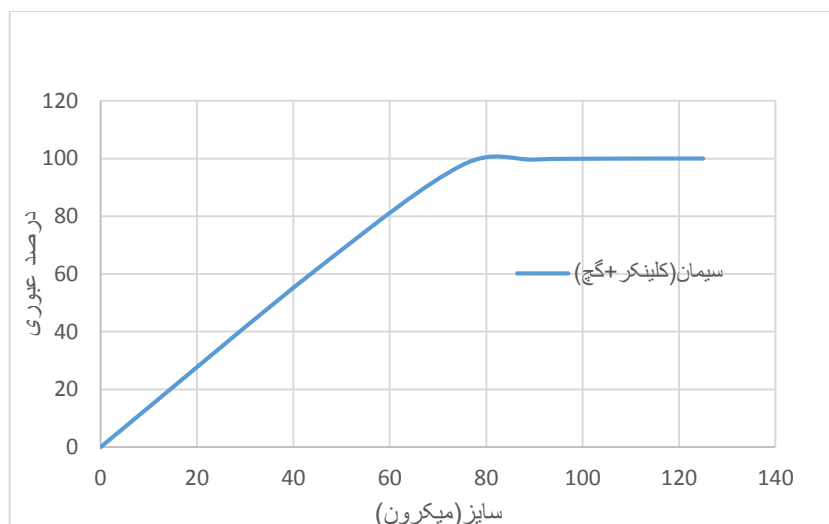
اندازه‌ی سرند	کلینکر (گرم)	گچ (گرم)
+۲۰۰۰	۴۸,۸۲	۴۸,۰۷
۱۰۰۰-۲۰۰۰	۹۳,۶۴	۳۳,۱۳
۸۵۰-۱۰۰۰	۱۷,۳۵	۲۱,۳۸
۵۰۰-۸۵۰	۴۴	۴۹,۶۶
۲۵۰-۵۰۰	۲۷,۱۲	۷۳,۵۵
۱۸۰-۲۵۰	۱۱,۳۵	۱۱,۸۹
۱۰۶-۱۸۰	۱۴,۱۸	۲۰,۵۵
-۱۰۶	۳۸,۰۳	۳۲,۱۱
مجموع	۲۹۴,۴۹	۲۹۰,۳۴

جدول ۳- دانه‌بندی سیمان

نوع آسیاب	میل‌های
۰-۴۵ (μ)	۶۱,۸۲
۴۵-۷۵ (μ)	۳۵,۸۷
۷۵-۹۰ (μ)	۱,۹۵
۹۰-۱۰۶ (μ)	۰,۳۲
+۱۰۶ (μ)	۰,۰۴
مجموع	۱۰۰



شکل ۱- منحنی دانه بندی مواد اولیه



شکل ۲- منحنی دانه بندی سیمان تهیه شده

مواد خامی که برای سنگدانه های سبک سازه ای مورد استفاده قرار میگیرند، معمولاً از ته نشینی مصالح طبیعی مانند رس، شیل و اسلیت تشکیل می شوند. خصوصیات فیزیکی لیکا در جدول ۱ بیان شده است.

جدول ۴- خصوصیات فیزیکی لیکا

نوع نمونه	وزن مخصوص ظاهری (kg/m <sup>3</sup> )	درصد جذب آب
لیکا سازه ای درشت	۶۵۰	۱۴
لیکا سازه ای ریز	۸۵۰	۱۷
لیکا معمولی	۵۸۰	۲۴

در این تحقیق از عیار سیمان ۳۰۰ kg/m<sup>3</sup> و همچنین پنج درصد مختلف زئولیت (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰٪) بر مبنای مطالعات مقدماتی آزمایشگاهی و نیز نسبت آب به سیمان ۰٫۴ استفاده شده است.

جدول ۴- طرح اختلاط بتن

درصد زئولیت	W/C	سیمان (kg/m <sup>3</sup> )	زئولیت (kg/m <sup>3</sup> )	شن (kg/m <sup>3</sup> )	ماسه (kg/m <sup>3</sup> )
۰	۰٫۵	۳۰۰	۰	۷۸۴	۱۰۸۳
۱۰	۰٫۵	۲۷۰	۳۰	۷۸۴	۱۰۸۳
۲۰	۰٫۵	۲۴۰	۶۰	۷۸۴	۱۰۸۳
۳۰	۰٫۵	۲۱۰	۹۰	۷۸۴	۱۰۸۳
۴۰	۰٫۵	۱۸۰	۱۲۰	۷۸۴	۱۰۸۳

### ۳. نتایج و بحث

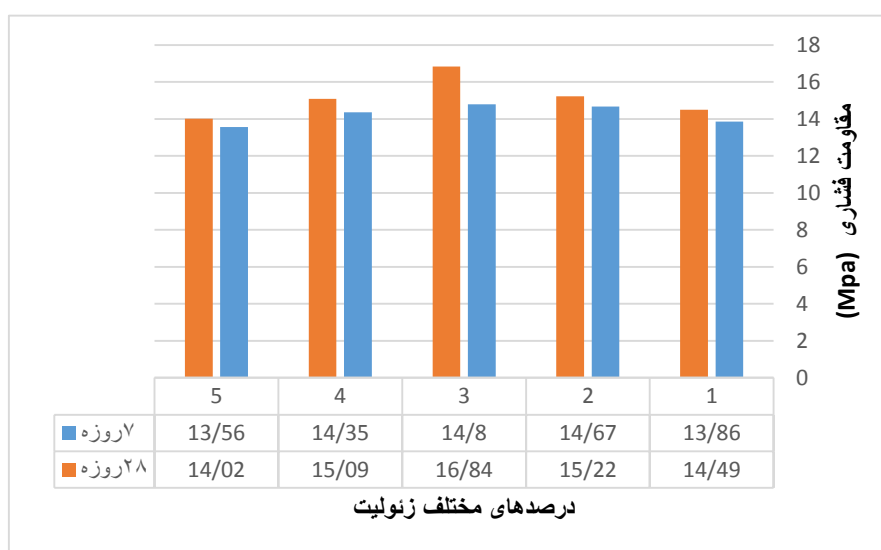
#### ۱.۳. مقاومت فشاری

نمونه های آزمایشگاهی طبق طرح اختلاط ارائه شده در جدول ۵ و پس از ساخته شدن به مدت ۲۴ ساعت داخل قالب و در محیط آزمایشگاه در دمای  $24 \pm 5$  درجه سانتیگراد نگهداری شدند و سپس قالبها باز شده و نمونه ها تا روز مورد نظر در آب با دمای آزمایشگاه نگهداری شدند. سپس نمونه ها طبق برنامه زمان بندی انجام آزمایش ها، تحت آزمایشهای مختلف قرار گرفتند.

برای تعیین مقاومت فشاری نمونه ها طبق استاندارد BS 1881 Part 116 [10] از نمونه های مکعبی  $100 * 100 * 100$  میلیمتری استفاده شده است. نمونه ها پس از ۲۸ و ۹۰ روز عمل آوری در آب، از آب خارج شده و پس از خشک شدن در محیط آزمایشگاه، مورد آزمایش فشاری قرار گرفتند.

جدول ۵- نتایج مقاومت فشاری

درصد زئولیت	مقاومت فشاری ۷ روزه (Mpa)	مقاومت فشاری ۲۸ روزه (Mpa)
۰	۱۳,۸۶	۱۴,۴۹
۱۰	۱۴,۶۷	۱۵,۲۲
۲۰	۱۴,۸۰	۱۶,۸۴
۳۰	۱۴,۳۵	۱۵,۰۹
۴۰	۱۳,۵۶	۱۴,۰۲



شکل ۳- نمودار مقاومت فشاری نمونه های با درصد های مختلف زئولیت

#### ۲.۳. تعیین جذب آب نمونه

برای تعیین جذب آب نمونه ها به روش وزنی در سن ۲۸ روز اقدام گردید به این نحوه که پس از ۲۸ روز نمونه ها از آب خارج شدند و به مدت ۲۴ ساعت در آون برقی تحت اثر دمای ۱۰۰ درجه خشک شدند. سپس وزن آنها اندازه گیری شده و به مدت ۲۴ ساعت در آب قرار داده شدند. پس از آن در حالیکه از آب خارج شده و سطح آن ها خشک شد، مجدداً وزن کشی شدند. نتایج حاصل از آزمایش جذب سطحی در جدول ۲ آمده است:

جدول ۲- درصد جذب آب سطحی نمونه ها

درصد زئولیت	۰	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰
درصد جذب آب	۵,۴۱	۵,۸۴	۶,۳۶	۶,۵۸	۶,۸۷

#### ۴. نتیجه گیری

- ✓ زئولیت ها باعث افزایش جذب آب دراز مدت بتن نسبت به نمونه شاهد می گردند. تاثیر این امر را در مواجهه بتن با مواد شیمیایی و محیط های مخرب می توان دید.
- ✓ نمونه های زئولیتی با توجه به جذب آب بالاتری که دارند، میزان تاثیر پذیری بیشتری را در طول دوره عمل آوری از خود نشان می دهند.
- ✓ در بتن های سبک با سنگدانه لیکا علاوه بر این که لیکا وزن مخصوص بتن را کاهش داده، زئولیت نیز باعث کاهش وزن مخصوص بتن شده است.

#### مراجع

[1] Chandra, S. and L. Berntsson, *Lightweight aggregate concrete*. 2002: Elsevier

۲- اسماعیلیان آ، رضاخانی، بن، و جعفری ( ه. ه. ) " (۱۳۸۷) آنچه باید درباره زئولیتها بدانیم". مجله ی آموزش شیمی، شماره ۴ (۲۱) صفحه ۲۸ تا ۳۰.

۳- حسنونند، ع. (۱۳۹۰)، آموزش ویژگی ها و کاتالیز زئولیتها (دوره دوم). کتاب ماه علوم و فنون، شماره ۵، صفحه ۱۲ تا ۱۴.

[3] Nai-qian, F., Y. Hsia-ming, and Z. Li-Hong, *The strength effect of mineral admixture on cement concrete*. Cement and concrete research, 1988. **18**(3): p. 464-472.

[5] Feng, N.-Q., G.-Z. Li, and X.-W. Zang, *High-strength and flowing concrete with a zeolitic mineral admixture*. Cement, concrete and aggregates, 1990. **12**(2): p. 61-69.

[6] Liguori, B., et al., *Evaluation of zeolite-bearing tuffs as pozzolanic addition for blended cements*. ACI Special Publication, 2004. **221**

[7] Perraki, T., G. Kakali, and F. Kontoleon, *The effect of natural zeolites on the early hydration of Portland cement*. Microporous and mesoporous materials, 2003. **61**(1): p. 205-212.