

## اثر کوتاه مدت و بلند مدت زئولیت بر مقاومت فشاری و کششی بتن نیمه سبک با استفاده از مصالح محلی استان سیستان و بلوچستان

عادل رضایی، دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان  
 رضا رهگذر، دانشیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه شهید باهنر، کرمان

Microb13@yahoo.com

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۴/۰۷/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۰۷

### چکیده:

سبک‌سازی یکی از مباحث نوین در مهندسی عمران و ساختمان می‌باشد به گونه‌ای که موضوع کاهش وزن تمام شده سازه با استفاده از تکنیک‌های نوین ساخت، مصالح جدید و بهینه‌سازی روش‌های اجرا انجام می‌پذیرد. با توجه به استفاده گسترده از بتن و آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف سیمان، محققان درصدد پژوهش‌های بیشتر در زمینه امکان جایگزینی بخشی از سیمان بوسیله پوزولان‌های طبیعی و مصنوعی، نانوذرات و غیره و بررسی تاثیر آنها بر خواص مکانیکی و دوام بتن می‌پردازند. در این مطالعه پوزولان طبیعی زئولیت به عنوان ماده جایگزین بخشی از سیمان با درصدهای مختلف ۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد مورد بررسی قرار گرفته است و اثر کوتاه‌مدت و بلندمدت آن بر مقاومت فشاری و کششی بتن نیمه سبک در سنین ۳، ۵۶ و ۹۰ روزه مورد بررسی قرار گرفته است و با نمونه شاهد مقایسه گردیده است. نتایج نشان می‌دهد مقاومت فشاری در نمونه‌های بتن نیمه سبک در سنین ۳ روزه و ۹۰ روزه با افزایش تا ۱۰ درصد زئولیت مقاومت افزایش یافته سپس روند کاهشی دارد اما در نمونه‌های ۵۶ روزه این حداکثر مقاومت مربوط به نمونه‌های حاوی ۱۵ درصد زئولیت می‌باشد. در مورد مقاومت کششی نتایج نشان‌دهنده این است که زئولیت حتی در بالاترین سطح جایگزینی با سیمان تاثیر محسوسی بر مقاومت کششی ندارد.

**کلیدواژگان:** بتن نیمه سبک، زئولیت، مقاومت فشاری، مقاومت کششی

### ۱- مقدمه

توجه به آنکه سابقه تولید سبکدانه صنعتی در ایران به بیش از سی سال قبل باز می‌گردد و علاوه بر آن منابع عظیم سبکدانه‌های طبیعی در کشور وجود دارد، اما کاربرد بتن سبک سازه‌ای در ایران بسیار محدود بوده، این موضوع دلایل متعدد دارد که یکی از مهمترین دلایل آشنا نبودن جامعه مهندسی کشور با ویژگی‌های این نوع از بتن هاست. از سوی دیگر با وجود منابع شناخته شده زئولیت طبیعی در ایران و فواید زیست محیطی جایگزینی بخشی از سیمان بوسیله این پوزولان ضرورت تحقیق بیشتر در این مورد احساس می‌شود. در این

امروزه در سراسر جهان مهندسان دریافته‌اند سبک‌سازی یکی از بهترین راه‌های علمی، عملی و اقتصادی برای کاهش خطرات ناشی از زلزله می‌باشد. ویژگی اصلی بتن سبک چگالی کمتر آن نسبت به بتن های 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 سوی دیگر با

شود، در حال حاضر بیشترین مصرف زئولیت در کشور چین در صنعت تولید سیمان آمیخته می‌باشد. همچنین با توجه به گزارش موسسه تحقیقاتی ROSKI بزرگترین بازار آینده زئولیت در استفاده از آن به عنوان پوزولان به جای قسمتی یا تمام سیمان پرتلند خواهد بود که از خواص مطلوب آن در بهبود خواص مکانیکی بتن گزارش می‌کند. [۴]

### ۳- برنامه آزمایشگاهی

طرح اختلاط بر اساس آیین‌نامه ACI جهت ساخت نمونه‌ها تهیه و در مجموع ۶۰ نمونه بصورت نمونه‌های مکعبی ۱۵\*۱۵\*۱۵ برای مقاومت فشاری در سنین ۳، ۵۶ و ۹۰ روزه، نمونه‌های استوانه‌ای به قطر ۱۵ سانتی‌متر و طول ۳۰ سانتی‌متر جهت مقاومت کششی در سنین ۳، ۵۶، ۹۰ روزه ساخته شد. عیار سیمان نمونه‌ها ۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب و نسبت آب به سیمان ۰/۵ در نظر گرفته شد. سیمان مورد استفاده سیمان تیپ دو سیستان می‌باشد که مشخصات آن در زیر آمده است:

تحقیق با جایگزینی زئولیت به میزان ۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ درصد مقدار سیمان تاثیر آن بر مقاومت فشاری و کششی نمونه‌های بتن نیمه سبک در سنین ۳، ۵۶ و ۹۰ روزه بررسی می‌گردد.

### ۲- زئولیت:

زئولیت یک ماده معدنی است که عمدتاً از آلومیناسیلیکات تشکیل شده است و کاربرد تجاری عمده آن در صنایع به عنوان جاذب سطحی است. واژه زئولیت در سال ۱۷۵۶ توسط کانی‌شناس سوئدی اکسل فردریک کروندستد ابداع شد. نام زئولیت از ترکیب دو واژه یونانی ZEO به معنای جوش و LITHOS به معنای سنگ تشکیل شده است. زئولیت‌ها از سیلیکات‌های داربستی و آبدار هستند که پیوند آبدار در آنها سست است بطوریکه در دمای پایین آب خود را از دست می‌دهند. زئولیت‌ها دارای منشأ طبیعی بوده و به روش مصنوعی نیز قابل تولید هستند. به روش طبیعی در دریاچه‌های قلیایی و نمکی، آلتراسیون توفها، سیستم باز آب‌های زیرزمینی، خاک‌های محیط قلیایی و رسوبات عمیق دریا یافت می‌شوند. [۱]

زئولیت‌ها به دو نوع طبیعی و سنتزی تقسیم می‌شوند. تقریباً ۱۱۹ نوع زئولیت طبیعی شناسایی شده که بر اساس مورفولوژی و خواص شیمیایی و فیزیکی به هفت گروه عمده طبقه‌بندی می‌شوند. معمولترین زئولیت‌های طبیعی عبارتند از: [۲]

1-Analcime 2- Chabazite 3- Clinoptilolite 4- Ferrierite 5- Erionite 6-Heulandite 7- Laumontite 8- Mordenite 9- Philipsite 10- Natrolite

از اوایل سال ۱۹۴۰ میلادی مطالعات برای سنتز زئولیت آغاز شد و در سال ۱۹۵۴ به روش هیدرمترال زئولیت A و X سنتز شد و در حال حاضر بالغ بر ۱۸۰ نوع زئولیت سنتز شده است که از دیگر زئولیت‌های سنتزی می‌توان زئولیت‌های Y, L, Z5M5 و ... را عنوان نمود. این زئولیت‌ها بیشتر در زمینه ساخت کاتالیزور، شوینده و ساخت غربالهای مولکولی جهت تصفیه هوا، جداسازی مخلوط‌های گازی و تفکیک محلول‌های آرتروپیک و به عنوان پیش ماده برای سرامیک‌های آلومینا سیلیکات کاربرد دارد. [۳]

زئولیت‌های کلینوپتیلولیت در ایران غالباً از نوع سدیک و سدیک پتاسیک کلسیک همراه با مقادیری موردنیت و بتونیت می‌باشند، البته تعداد محدودی ذخایر ممتاز از نوع سدیک پتاسیک عاری از کانی موردنیت و بتونیت نیز در کشور وجود دارد. این ماده در صنعت بتن کشور بر خلاف کشورهای چین و کشورهای اروپایی جدید می‌باشد و به تازگی تحقیقاتی روی این پوزولان صورت گرفته است در حالیکه در کشور چین سالانه بیش از ۲۰۰ میلیون تن سیمان تولید می‌شود و بیش از ۲۰٪ وزن این سیمان تولیدی با زئولیت مخلوط می‌شود.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی سیمان مورد استفاده

ترکیب شیمیایی		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	So <sub>3</sub>	C <sub>4</sub> AF	C <sub>3</sub> A	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S
مقدار استاندارد	-	۲۰<	۶>	۶>	۶>	۳>	۹	۶/۵	۵۵	۱۷/۵
مقدار موجود در نمونه	۶۲/۷۱	۲۱/۳۸	۵/۳۷	۳/۸۴	۱/۶۹	۲/۴۸	۱۱/۷	۷/۷۳	۴۴/۱۱	۲۷/۶۶

نمونه‌ها با آب شرب زاهدان تهیه و نگهداری شده‌اند که مشخصات فیزیکی و شیمیایی آن در زیر آمده است:

سنگدانه طبیعی مورد استفاده در طرح اختلاط از نوع ماسه طبیعی است که با وزن مخصوص ظاهری ۲/۶۳ و وزن مخصوص واقعی ۲/۵۷ از معدن شیرآباد زاهدان و دانه‌بندی استاندارد ۰-۴/۷۵ تهیه شده است.

جدول ۲- ترکیب شیمیایی آب مورد استفاده

مشخصات	شوری	PH	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	CL	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Na	سختی کل	املاح محلول	جذب سدیم	سدیم محلول
آب شرب زاهدان	۵۷۷۰	۷/۴	۰	۳۳۵	۹۸۳	۱۳۸۹	۱۸۶	۱۸۱	۸۷۴	۱۲۰۷	۳۶۹۳	۱۰/۹	۶۱/۱

کارخانه لیکا می‌باشد. چگالی سبکدانه‌ای لیکا با توجه به دانه‌بندی مطابق جدول زیر می‌باشد:

سبکدانه مورد استفاده در ساخت کلیه مخلوط‌ها لیکای ساخت

جدول ۳- مشخصات لیکا

دانه بندی	وزن مخصوص حقیقی خشک	وزن مخصوص حقیقی اشباع	وزن مخصوص ظاهری
ریز ۰-۲/۳ میلی متر	۱۰۶۷	۱۱۹۰	۱۲۰۶
میانه ۲/۳-۴/۷۵ میلی‌متر	۸۵۸	۹۶۸	۹۶۴
درشت ۴/۷۵-۱۲/۵ میلی‌متر	۶۵۶	۷۴۳	۷۱۶

### آنالیز شیمیایی لیکا

جدول نتایج آزمایش شیمیایی دانه‌های لیکا را نشان می‌دهد. آزمایشات انجام شده نشان داده است PH دانه‌های ۷/۲ می‌باشد و دانه‌ها از نظر شیمیایی خنثی می‌باشند.

جدول ۴- آنالیز شیمیایی لیکا

SiO <sub>2</sub>	۶۶/۰۵	MgO	۱/۹۹	SiO <sub>3</sub>	۰/۰۳
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۱۶/۵۷	TiO <sub>2</sub>	۰/۷۸	Na <sub>2</sub> O	۰/۶۹
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۷/۱۰	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	۰/۳۱	K <sub>2</sub> O	۲/۶۹
CaO	۲/۴۶	MnO	۰/۰۹	مجموع	۹۸/۶۶

**زئولیت:**

زئولیت مورد نظر از شرکت نگین پودر سمنان (محل کارخانه در مهدی شهر) تهیه شده است که مطابق با استاندارد ۳۴۳۳ مورد تایید مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن می باشد خواص فیزیکی و شیمیایی نمونه زئولیت به شرح زیر است.

جدول ۵- نتایج پوزولان زئولیت

نتایج آزمایش پوزولان زئولیت	ویژگی های استاندارد ملی شماره ۳۴۳۳	آزمایش های شیمیایی
۸۱/۹۳	حداقل ۷۰	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +SiO <sub>2</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (درصد)
۰	حداکثر ۴	SO <sub>3</sub> (درصد)
۳/۸۳	حداکثر ۳	درصد طوبت در دمای ۱۱۰ درجه سانتی گراد (درصد)
۹/۳۳	حداکثر ۱۰	درصد کاهش وزن بر اثر سرخ شدن
۱۰/۵	-	درصد قلیایی های در دسترس

نتایج آزمایش پوزولان زئولیت	ویژگی های استاندارد ملی شماره ۳۴۳۳	آزمایش های فیزیکی
۱۲۶/۵	حداقل	درصد اندیس هیدرولیکی
۱۶۹	۷۵	۷ روزه
۷/۳	حداکثر ۳۴	۲۸ روزه
۰/۱	حداکثر ۰/۸	درصد مانده روی الک ۴۵ میکرون
		درصد انقباض و انقباض (آزمایش اتوکلاو)

**فوق روان کننده:**

در این پژوهش اسلامپ تمامی نمونه ها در محدوده ۳-۵ سانتی متر حفظ شده است. با توجه به اینکه استفاده از زئولیت روانی بتن را کاهش می دهد استفاده از روان کننده اجتناب ناپذیر می باشد. بدین منظور مقدار درصد فوق روان کننده برای طرح های اختلاط مختلف به شرح زیر می باشد:

نمونه حاوی ۵٪ زئولیت: ۰.۵٪ مقدار سیمان فوق روان کننده

نمونه حاوی ۱۰٪ زئولیت: ۱٪ مقدار سیمان فوق روان کننده

نمونه حاوی ۱۵٪ زئولیت: ۱.۵٪ مقدار سیمان فوق روان کننده

نمونه حاوی ۲۰٪ زئولیت: ۱.۸٪ مقدار سیمان فوق روان کننده

فوق روان کننده مورد استفاده (super plasticizer 260) ساخت

شرکت نامیکاران می باشد که مطابق با استاندارد ASTM C494

Type F و استاندارد ۲۹۳۰ نوع (ز) است. [۵]

مشخصات فنی: رنگ قهوه ای تیره

نوع: دیسپرسیون پلیمری وزن مخصوص: ۱/۱۲ کیلوگرم بر لیتر

با جایگزینی مقدار زئولیت ۵ طرح اختلاط مختلف به شرح زیر بدست

می آید:

جدول ۶- طرح اختلاط مورد استفاده در تحقیق

نمونه ها	نسبت آب به سیمان	عیارسیمان (کیلوگرم بر متر مکعب)	پوزولان جایگزین (کیلوگرم بر متر مکعب)	مقدار آب (کیلوگرم بر متر مکعب)	فوق روان کننده (کیلوگرم بر متر مکعب)
شاهد	۰/۵	۴۰۰	۰	۲۰۰	۰
زئولیت ۵٪	۰/۵	۳۸۰	۲۰	۲۰۰	۲
زئولیت ۱۰٪	۰/۵	۳۶۰	۴۰	۲۰۰	۴
زئولیت ۱۵٪	۰/۵	۳۴۰	۶۰	۲۰۰	۶
زئولیت ۲۰٪	۰/۵	۳۲۰	۸۰	۲۰۰	۷/۵

نمونه‌های استوانه ای ۱۵\*۳۰ سانتی‌متر با شرایط عمل‌آوری ۲۴ ساعت در قالب و سپس در حوضچه آب بر روی سنین ۳، ۵۶، ۹۰ روزه صورت گرفت، نمونه‌های استوانه‌ای مورد آزمایش بصورت افقی در دستگاه قرار گرفته و با استفاده از دو صفحه بارگذاری می‌شود. تا استوانه در اثر نیروی کششی به دو نیم تقسیم شود و توانایی انتقال نیرو را نداشته باشد مقدار مقدار نیروی کششی از روی صفحه دیجیتال خوانده و یادداشت می‌شود. مقاومت کششی دو نیم‌شدگی در سطح نمونه انجام می‌شود. سپس نیروی قائمی با سرعت ثابت توسط دستگاه به نمونه استوانه‌ای اعمال می‌شود. تا استوانه در اثر نیروی کششی به دو نیم تقسیم شود و توانایی انتقال نیرو را نداشته باشد مقدار نیروی کششی از روی صفحه دیجیتال خوانده و یادداشت می‌شود و Fst از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Fst = \frac{2p}{LD}$$

که در آن:

P=بار حداکثر

L=طول نمونه

D=قطر نمونه

#### ۵-ارایه نتایج و تحلیل آنها

مقاومت فشاری:

جدول ۷- مقاومت فشاری نمونه ها در سنین مختلف (بر حسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع)

مقاومت فشاری ۹۰ روزه	مقاومت فشاری ۵۶ روزه	مقاومت فشاری ۳ روزه	نام طرح
۱۷۷	۱۵۹	۱۱۳	شاهد
۱۷۹/۵	۱۶۷	۱۲۲	زئولیت ۵٪
۱۸۳	۱۷۲	۱۲۶	زئولیت ۱۰٪
۱۷۷	۱۷۵	۱۱۶	زئولیت ۱۵٪
۱۷۳	۱۵۰	۱۱۵	زئولیت ۲۰٪

به منظور ساخت نمونه‌های فوق‌الذکر به روش زیر عمل شده است:

در ابتدا مصالح سنگی درشتدانه (لیکا) در داخل میکسر ریخته و سپس مصالح ریزدانه شامل ماسه به آن اضافه شده و به مدت ۲ دقیقه با هم مخلوط می‌شود، بعد از این زمان سیمان، زئولیت به همراه یک سوم از آب مخلوط در داخل میکسر ریخته و حدود ۲ دقیقه مخلوط میشوند. بعد از این زمان بقیه آب همراه با میزان فوق‌روان‌کننده در نظر گرفته شده (در حالی که آب و فوق‌روان‌کننده با هم مخلوط شده‌اند) به آرامی در حالی که میکسر در حال گردش است به آن اضافه می‌شود و این روند به مدت ۳ دقیقه ادامه می‌یابد.

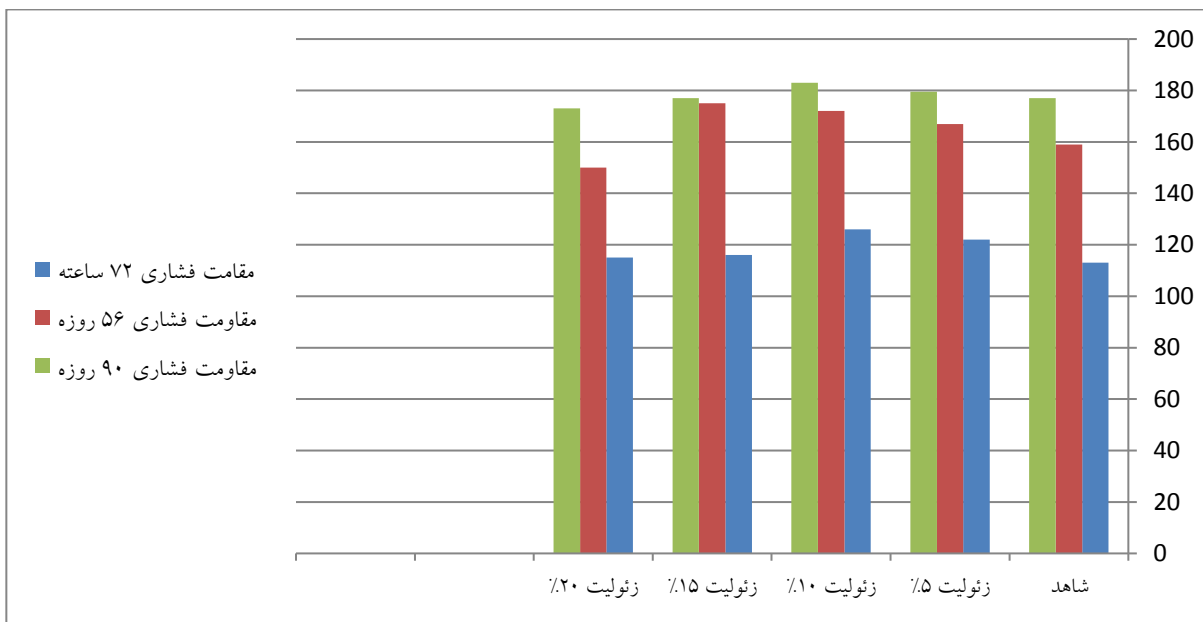
#### ۴- آزمایشات

##### ۴-۱- آزمایش مقاومت فشاری:

آزمایش مقاومت فشاری مطابق استاندارد ASTM C39 به روش مخرب بر روی نمونه‌های ۱۵\*۱۵\*۱۵ سانتی‌متر در سنین ۳، ۵۶، ۹۰ روزه با توجه به شرایط عمل‌آوری ۲۴ ساعت در قالب و سپس در حوضچه آب صورت گرفت.

##### ۴-۲- آزمایش مقاومت کششی

از آنجا که اعمال کشش تک محوری به نمونه بتنی مشکل است مقاومت کششی بتن بوسیله روش‌های غیر مستقیم تعیین می‌شود. این روش مقادیر مقاومتی را نتیجه می‌دهد که بیشتر از مقدار مقاومت کشش واقعی تحت بارگذاری تک محوری می‌باشد [۶] آزمایش مقاومت کشش برزیلی بتن مطابق استاندارد ASTM C496 بر روی



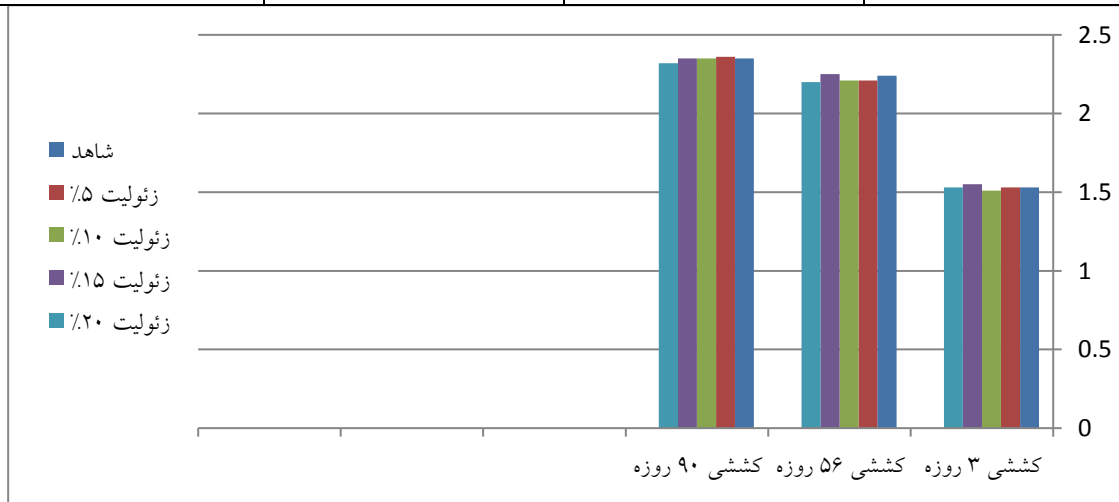
شکل ۱- تغییرات مقاومت فشاری بر حسب درصدهای مختلف زئولیت در سنین مختلف (کیلوگرم بر سانتی متر مربع)

همانطور که مشاهده می‌گردد با افزایش درصد زئولیت مقاومت فشاری نمونه‌ها افزایش می‌یابد. برای نمونه‌های ۷۲ ساعته این افزایش تا افزودن ۱۰ درصد افزایش می‌یابد و سپس روند کاهشی مقاومت کششی:

دارد. برای نمونه‌های ۵۶ روزه روند افزایش تا ۱۵ درصد می‌باشد و سپس روند کاهشی دارد، و برای نمونه‌های ۹۰ روزه افزایش تا ۱۰ درصد می‌باشد و سپس روند کاهشی می‌باشد.

جدول ۸- مقاومت کششی نمونه‌ها بر حسب مگا پاسکال

نام طرح	مقاومت کششی ۳ روزه	مقاومت کششی ۵۶ روزه	مقاومت کششی ۹۰ روزه
شاهد	۱/۵۳	۲/۲۴	۲/۳۵
زئولیت ۵٪	۱/۵۳	۲/۲۱	۲/۳۶
زئولیت ۱۰٪	۱/۵۱	۲/۲۱	۲/۳۵
زئولیت ۱۵٪	۱/۵۵	۲/۲۵	۲/۳۵
زئولیت ۲۰٪	۱/۵۳	۲/۲	۲/۳۲



شکل ۲- تغییرات مقاومت کششی بر حسب درصدهای مختلف زئولیت در سنین مختلف (مگاپاسکال)

**۷-منابع:**

- ۱- بهفرنیا، کیاچهر، ۱۳۸۸، " بررسی خصوصیات مکانیکی بتن حاوی زئولیت"، اولین کنفرانس ملی بتن.
- 2-Ghobarkar, H. Schaf, O. Goth, U. (1999), "Zeolite from kitchen to space", Volume27, pp: 29-37, Progress in Soild State Chemistery.
- 3-Chandrasekhar, S. and Pramada, P. (2001), "Singtring Bihavior of Calcium Exchange Low Silica Zeolites synthesized from kaolin", Volume27, Issue1, pp: 105-114, Ceramic International.
- 4-Sammy, Y. N. Chan and Xihuang J. (1999), "Comparative study of Initial Surface Absorption and chloride Diffusion of High Performance Zeolite", Volume21, issue4, pp: 273-300, Cement and Concret.
- ۵-کاتالوگ فوق روان کننده شرکت نامیکاران.
- ۶-رمضانپور، ع، ۱۳۹۳ "تکنولوژی بتن"، نگارنده دانش چاپ سوم.

همانطور که مشاهده می‌گردد افزایش زئولیت تغییر محسوسی در مقاومت کششی نمونه‌های بتن نیمه سبک ایجاد نمی‌کند. در نمونه‌های استوانه‌ای بتن نیمه سبک حاوی ۵٪ زئولیت مقاومت کششی مقاومت کششی ۳ روزه تغییری نسبت به نمونه شاهد ندارد. در نمونه‌های ۵۶ روزه کاهش ۱٪ و در نمونه‌های ۹۰ روزه افزایش ۰/۱۰۵٪ را می‌بینیم.

**۶-نتیجه‌گیری:**

- با توجه به مشاهدات و بررسی‌های انجام شده از آزمایشات می‌توان به طور خلاصه نتایج زیر را بیان کرد:
- ۱- با انجام آزمایش مقاومت فشاری روی نمونه‌های بتن نیمه سبک مشاهده می‌شود نمونه‌های حاوی ۱۰٪ زئولیت جایگزین بخشی از سیمان در سنین ۷۲ ساعته و ۹۰ روزه بیشترین مقاومت فشاری را دارند و در سن ۵۶ روزه بیشترین مقاومت فشاری مربوط به نمونه‌های حاوی ۱۵٪ زئولیت می‌باشد، با افزایش زئولیت بیش ازین مقادیر مقاومت کاهش می‌یابد.
  - ۲- دلیل افزایش مقاومت فشاری را می‌توان به تولید ژل‌های سیلیکاتی ناشی از واکنش‌های پوزولانی و بهبود ساختار حفرات نسبت داد.
  - ۳- مقاومت فشاری نمونه‌های حاوی درصد‌های مختلف جایگزینی زئولیت با درصد‌های ۵، ۱۰، ۱۵ درصد زئولیت در سن ۳ روز بیشتر از نمونه شاهد می‌باشد که نشان از واکنش‌پذیری خوب پوزولان در این سن با وجود سیمان کم می‌باشد.
  - ۴- بیشترین شیب رشد مقاومت از سن ۳ روزه تا ۵۶ روزه مربوط به نمونه‌های حاوی ۱۵٪ زئولیت می‌باشد که نشان‌دهنده افزایش مقاومت ناشی از فعالیت پوزولانی می‌باشد.
  - ۵- کمترین شیب رشد مقاومت از سن ۳ روزه تا ۵۶ روزه مربوط به نمونه‌های حاوی ۵٪ زئولیت می‌باشد.
  - ۶- بیشترین افزایش شیب مقاومت بین سنین ۵۶ و ۹۰ روزه مربوط به نمونه حاوی ۲۰٪ زئولیت و کمترین شیب مابین این بازه زمانی مربوط به نمونه‌های حاوی ۱۵٪ زئولیت می‌باشد که نشان‌دهنده این است نمونه‌های حاوی ۱۵٪ زئولیت بیشترین رشد مقاومت فشاری خود را تا قبل از سن ۹۰ روزه کسب نموده‌اند.
  - ۷- با انجام آزمایش مقاومت کششی روی نمونه‌های بتن نیمه سبک مشاهده می‌شود افزایش زئولیت تأثیر محسوسی در افزایش مقاومت کششی نمونه‌های ۷۲ ساعته، ۵۶ و ۹۰ روزه حتی در بالاترین میزان جایگزینی زئولیت ندارد.
  - ۸- بررسی شیب نمودارها در سنین مختلف نشان دهنده آن است که تمامی نمونه‌های حاوی زئولیت تقریباً با شیب اندکی بیشتر از نمونه شاهد رشد مقاومتی از سن ۳ روزه به ۵۶ روزه را نشان می‌دهد اما افزایش شیب در سنین ۵۶ به ۹۰ روزه تقریباً همه نمونه‌ها شرایط یکسان دارد.

## The effect of long term and short term of zeolite on the tensile and pressure strenght of half light weight concrete with materials of sistan and baluchestan

Adel Rezaee

Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Zahedan Branch, Zahedan, Iran

Reza Rahgozar

Associate Professor, Department of Civil Engineering, Shahid Bahonar University, Kerman, Iran

### ABSTRACT

Light weight construction is one of topics in civil engineering, the topic of reducing weight of structure achieves by use of new technique stuction and optimization of procedure construction. Consideration to wide use of concrete and enviromental pollution to the reason of using cement, investigators are trying to replacement of a part of cement by natural and artifitial pozzolan and nano particle and etc.

In this study natural pozzolan zeolite as replacement admixture with different percents 0, 5, 10, 15, 20 investigated and longterm and short term effects on the compression and tensile strenght on half light weight concrete at the age 3, 56, 90 days were studied and compared with control specimen. Result shows that 5% and 10% replacement of zeolite improve compression strength at the age of 3, 90 days, and for age of 56 days most improvement is related to 15% replacement by zeolite.

**Key words:** half light weight concrete, natural pozzolan zeolite, compression strength, tensile strenght