

مجله علمی - پژوهشی
مهندسی عمران مدرس
دوره بیستم، شماره ۲، سال ۱۳۹۹

بررسی تاثیر اضافه نمودن پوکه معدنی و ترکیب آن با پودر دیاتومیت در مقاومت فشاری و جذب آب خمیر سیمان

فائزه نوری^۱، جاوید چاخارلو^۲، بهمن شروانی تبار^{۳*}

- ۱- کارشناس مهندسی عمران-عمران، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران
۲- کارشناس ارشد مهندسی عمران-سازه، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران
۳- استادیار دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران

b.shervani@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۹

چکیده

ماده اصلی که باعث چسبندگی سنگدانه ها به یکدیگر و تشکیل یک جسم سخت به نام بتن می شود خمیر سیمان می باشد. خمیر سیمان تشکیل یافته از پودر سیمان و آب می باشد. بدیهی است هر قدر که مقاومت خمیر سیمان بالاتر باشد، مقاومت نهایی بتن ساخته شده از آن خمیر نیز بالا خواهد بود. در این پژوهش ماده‌ی افزودنی پودر پوکه‌ی معدن بنه‌کهل بستان آباد و ماده‌ی افزودنی پودر دیاتومیت معدن ممقان به خمیر سیمان افزوده می‌شود. چون این دو ماده دارای خواص پوزولانی می‌باشند لذا در مجاورت خمیرسیمان، خواص سیمانی خود را نشان خواهد داد و در نتیجه جزو مواد سیمانی محسوب می‌شود. علایم مربوط به نام گذاری انواع نسبت های مخلوط از دو جدول ۴ و ۵ کاملاً مشخص می‌گردد به طور خلاصه علایمی که دارای حرف **P** است، شامل پودر پومیس و علایم دارای **PD**، شامل پودر پومیس و پودر دیاتومیت می‌باشد. نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ و ۰/۴ در نظر گرفته شده است. نتایج آزمایش ها نشان داده‌اند که از لحاظ جذب آب حین عمل آوری همه نمونه‌ها به تدریج جذب آب دارند و همچنین نشان می‌دهد که واکنش‌های هیدراسیون مواد سیمانی و تشکیل کریستال ها به صورت منظم ادامه دارد. از لحاظ جذب آب نمونه‌های ۲۸ روزه طبق استاندارد ASTM، نتایج نشان می‌دهد که تخلخل خمیرسیمان با نسبت‌های مختلف پودر پوکه و پودر

دیاتومیت تقریباً به هم نزدیک می‌باشد و این تخلخل با افزایش نسبت آب به مواد سیمانی از ۰/۳۵ به ۰/۴ افزایش می‌یابد. جذب آب در حین عمل آوری نشان دهنده پیشرفت واکنشهای هیدراسیون می‌باشد. در حالی که جذب آب نمونه‌های بتنی در سن ۲۸ روزه طبق استاندارد ASTM C642-06 نشان دهنده تخلخل داخلی بتن اعم از حباب‌های اتفاقی و شبکه لوله‌های موئینه می‌باشد. لازم به ذکر است که چگالی آب ژل طبق بررسی محققان بیشتر از آب معمولی و در حدود ۱/۱ بوده و چگالی آب مولکولی داخل کریستال‌های ناشی از واکنش‌های هیدراسیون بیشتر از چگالی آب ژل می‌باشد. از لحاظ مقاومت فشاری خمیرهایی که فقط ماده افزودنی پودر پوکه را دارند مقاومت فشاری ۲۸ روزه آنها، دارای افت مقاومت می‌باشند و همچنین برای این نمونه‌ها در سن ۹۰ روزه، برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ اندکی افت مقاومت مشاهده می‌شود ولی برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ حدود ۱۰٪ افزایش مقاومت ملاحظه گردید. در نمونه‌هایی که هم پودر پوکه و هم پودر دیاتومیت تواما به صورت افزودنی اضافه شدند تغییرات مقاومت فشاری به این ترتیب است که: الف- برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ در سنین ۲۸ روزه و ۹۰ روزه به طور متوسط ۶٪ افزایش مقاومت وجود دارد و برای درصد افزودنی اپتیمم (یعنی ۲۵ درصد) افزایش مقاومت بیشتری دارد. ب- برای نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ در عمر ۲۸ روزه برای ۲۰ درصد افزودنی پودر ترکیبی، کاهش مقاومت فشاری ملاحظه می‌گردد اما در عمر ۹۰ روزه ۵٪ افزایش مقاومت دارد و برای ۲۵ درصد افزودنی پودر ترکیبی هم در سن ۲۸ روزه و هم ۹۰ روزه افزایش مقاومت فشاری اتفاق افتاده است که به ترتیب برابر ۹٪ و ۱۶٪ می‌باشد. لذا اضافه نمودن ترکیب پودر پوکه بستان آباد و پودر دیاتومیت بمقان توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: پوکه، دیاتومیت، پوزولان، مقاومت فشاری، جذب آب، خمیر سیمان

۱- مقدمه

همچنین بهبود خواص مقاومتی بتن، به دنبال استفاده از موادی با خاصیت مشابه سیمان، به عنوان جایگزین درصدی از سیمان مصرفی در بتن می‌باشند. دیاتومیت و پوکه معدنی در صورت استفاده مناسب و بهینه، علاوه بر کاهش هزینه تولید بتن باعث بهبود خواص مقاومتی بتن و کاهش آلاینده‌های زیست محیطی نیز می‌گردد. بر اساس نتایج آزمایشگاهی استفاده از پوکه معدنی به مقدار ۱، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزن سیمان، کاهش مقاومت فشاری بتن نسبت به نمونه شاهد (فاقد پوکه) را در پی دارد. از طرف دیگر استفاده از پوکه معدنی به میزان ۵ درصد وزنی سیمان باعث افزایش مقدار مقاومت فشاری بتن می‌شود و در نتیجه طرح مخلوط بتن با ۵ درصد پوکه معدنی می‌تواند به عنوان طرح مخلوط بهینه آزمایشگاهی معرفی گردد [1]. طبق بررسی‌های دیگرمنجی و ییلماز [2] پودر دیاتومیت به عنوان جایگزین بخشی از سیمان در تولید ملات سیمان استفاده گردید و دیاتومیت با درصدهای ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد جایگزینی برای سیمان در نظر گرفته شد، در حالی که با ثابت نگه داشتن مقادیر ماسه و آب، کاهش مقاومت فشاری و خمشی با افزایش مقدار دیاتومیت جایگزینی را تجربه کردند، هر چند که این نمونه‌ها در برابر حملات سولفاتی، واکنش قلیایی سنگدانه‌ها و همچنین مقاومت در برابر سیکل‌های ذوب و یخبندان عملکرد بهتری داشته‌اند و جایگزینی دیاتومیت به طور کلی باعث اندکی افزایش مقاومت در برابر سیکل

با گسترش استفاده از بتن، تمایل به یافتن موادی که مقاومت آن را بالا برد و از طرفی مقرون به صرفه باشد بیشتر از پیش مورد توجه قرار گرفته است. دستیابی به این مهم از طریق شناخت ساختار شیمیایی این مواد و انجام آزمایش‌هایی بر روی آن‌ها امکان پذیر است. مواد جایگزین سیمان یا مواد مکمل سیمان شامل پوزولان‌ها و مواد شبه سیمانی می‌باشند. این مواد به منظور تامین یک یا چند خاصیت، بسته به این موارد به کار می‌روند: کاهش مصرف سیمان، کاهش سرعت و میزان حرارت هیدراسیون، افزایش مقاومت بتن، افزایش پایداری بتن از طریق کاهش نفوذپذیری آن، که این مواد در بعضی موارد به عنوان یک ماده مضاف یا افزونه با سیمان مخلوط می‌شوند و در برخی موارد دیگر به عنوان جایگزین بخشی از سیمان مورد استفاده قرار می‌گیرد. لذا استفاده از این مواد، علاوه بر سودمندی‌های فراوان آن‌ها، موجب صرفه جویی در مصرف سیمان نیز می‌شود. تعریف پوزولان در ACI 116R-00 در قسمت اصطلاحات بتن و سیمان بیان شده است که طبق آن پوزولان یک ماده سیلیسی یا سیلیسمی و آلومینیمی است، که در خود دارای مقدار کمی چسبندگی که به تنهایی بدون ارزش سیمانی است، اما هنگامی که در مجاورت سیمان یا آهک قرار می‌گیرد خواص سیمانی خود را نشان می‌دهد. پژوهشگران به منظور مرتفع سازی و رفع مشکلات آلاینده‌های زیست محیطی و

274	7 Days Compressive Strength (kgf/cm ²)
370	28 Days Compressive Strength (kgf/cm ²)

Table 1. Characteristics of Cement

جدول ۲. مواد تشکیل دهنده سیمان

Percentage	Chemical Compounds	Percentage	Chemical Compounds
0.58	I.R	20.05	SiO ₂
49.5	C ₃ S	5.04	Al ₂ O ₃
7	C ₃ A	3.47	Fe ₂ O ₃
25.47	C ₂ S	64.56	CaO
0.97	K ₂ O	2.38	MgO
0.34	Na ₂ O	1.08	CaO.f
1.73	SO ₃	10.53	C ₄ AF
		0.75	LOI

Table 2. Ingredients of cement**۲-۲- پوک**

پوک معدنی، سنگ پا با نام علمی پومیس از قدیمی‌ترین سبک‌دانه‌ای است که مورد استفاده قرار گرفته است. این سنگ در اثر ورود مواد مذاب آتشفشانی به مخزنهای آب مانند دریاها و دریاچه‌ها و تخلیه‌ی گاز در هنگام انجام سریع ماگمای روان ایجاد می‌شود. از دیدگاه ماکروسکوپی، پوک معدنی اسکوریا به رنگ خاکستری تیره که به قهوه ای می‌گراید و ظاهری شبیه به سنگ پا دارد، می‌باشد [4]. از مهمترین ویژگی این محصول استحکام بسیار بالا در ترکیب با سیمان و وزن بسیار سبک که دارای قابلیت بالای نگهداری آب می‌باشد. این سنگ به رنگ سفید مایل به زرد تا خاکستری روشن است و در اثر انباشته شدن خاکسترهای آتشفشانی و آهسته سرد شدن آنها همراه با انبساط ناشی از حبابهای به وجود آمده توسط بخار و گازهای موجود در آن به وجود می‌آید. معادن غنی آن در ایران (اردبیل، آذربایجان شرقی و به خصوص بستان آباد تبریز، قروه کرمانشاه، دامنه های البرز، کرمان و سیستان و بلوچستان می باشد). وزن مخصوص خشک ظاهری ای سبکدانه ها در حدود ۴۰۰ تا ۷۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب می باشد. از انواع پوک معدنی سنگی که ساختمان داخلی آن ضعیف نباشد، بتن رضایت بخشی با وزن مخصوص ۷۰۰ تا ۱۷۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب تولید می شود که خاصیت عایق بودن آن خوب می باشد اما جذب آب و جمع شدگی آن زیاد است [5]. مزیت عمده پوک معدنی نسبت به مصالح ساختمانی مشابه از قبیل شن و

های ذوب و یخبندان شده است. همچنین تحقیقات کرمان^۳ و همکاران در سال ۲۰۱۵، شامل بررسی اثرات افزودنی دیاتومیت به عنوان پوزولان طبیعی و تاثیر آن بر خصوصیات مکانیکی بتن سبک مورد بررسی قرار گرفت [3]. نتایج نشانگر این بود که دیاتومیت با افزایش جذب آب می تواند برای تولید بلوک های بتنی سبک با قدرت کافی و هدایت گرمای کم استفاده شود، که با کاهش و صرفه جویی در هزینه ها همراه است. همچنین به این نتیجه رسیدند که این بلوک ها ممکن است مزایای عایق بندی قابل توجهی را برای گرمای تعادل انبار دام فراهم کند. و به عنوان یک نتیجه گیری کلی دریافتند که دیاتومیت می تواند با عایق حرارت بالا در تولید بتن سبک مورد استفاده قرار گیرد. با توسعه ی روز افزون سازه های بتنی و با تأکید بر مقاومت و دوام آن، مواد افزودنی برای افزایش مقاومت بتن به وفور تولید می‌شود. شناسایی مواد موثری که بصورت زیاد و ارزان در دسترس باشد و کاربرد آن در بتن و استفاده ی آن در صنعت ساخت و ساز، می‌تواند در کاهش هزینه ها به ما کمک کند. در این تحقیق به بررسی رفتار خمیر سیمان با دو نسبت آب به سیمان ۰/۳۵ در تمامی نمونه ها و ۰/۴ در نمونه‌هایی با درصد افزودنی بالا می‌پردازیم. افزودنی‌های این پروژه پودر پوک و پودر دیاتومیت می‌باشند. رفتار خمیر سیمان را از منظر مقاومت فشاری و جذب آب حین عمل آوری و جذب آب ۲۸ روزه بر اساس استاندارد ASTM تحلیل خواهیم کرد.

۲- مواد و روش‌ها**۲-۱- سیمان**

سیمان به کار رفته در این پژوهش از سیمان پرتلند نوع دو ، تهیه شده از کارخانه سیمان صوفیان تبریز می‌باشد.

جدول ۱. مشخصات سیمان

Amount	Physical Characteristics of Cement
3.12	specific gravity (gr/cm ³)
2974*	Blaine fineness (cm ² /gr)
0.23	dilatation Longitudinal
80	Initial Setting Time (min)
275	Final Setting Time (min)
179	3 Days Compressive Strength (kgf/cm ²)

3 Karaman

* ۴ طبق آخرین آنالیزی که از طرف کارخانه برای سیمان نوع دو اعلام شده است.

بیرونی دیاتومها تشکیل شده‌اند. این پودرهای بسیار ریز از اسکلت تک سلولی ها که مقادیر بسیار زیادی سیلیس، سطح مخصوص بسیار بالا و تخلخل فوق العاده را دارا هستند، تشکیل شده‌اند. دیاتومیت ها سفید، زرد، خاکستری، خاکستری ملایم، گاهی اوقات خاکستری تیره و خاکستری قهوه‌ای هستند. رنگ تیره و قهوه ای دیاتومیت ها به دلیل حضور ناخالصی های آلی در آنها، از جمله بقایای گیاهی است. در میکروگرافی‌ها شکل ۱ مشخص است که هر اسکلت دیاتومه در دیاتومیت یک ساختار میکرو و نانوذره به وضوح مشخص دارد [8]. معمولا پس از تکلیس کردن آن، که منظور حذف کردن مواد آلی آن از ساختار آنها صورت می‌گیرد، به عنوان یکی از اقلام تجاری وارد بازار می‌شوند. مقایسه عملکرد دیاتومیت با سایر پوزولانهای ایران نشانگر عملکرد بهتر آن در بتن می‌باشد [7]. یکی از غنی‌ترین معادن دیاتومیت شمال غرب کشور، معدن ممقان واقع در ۳۵ کیلومتری جاده‌ی تبریز-آذرشهر می‌باشد. در این پژوهش دیاتومیت مورد استفاده از معدن دیاتومیت ممقان واقع در جنوب غرب شهر تبریز می‌باشد.

شکل ۱. میکروساختار دیاتومیت [8]

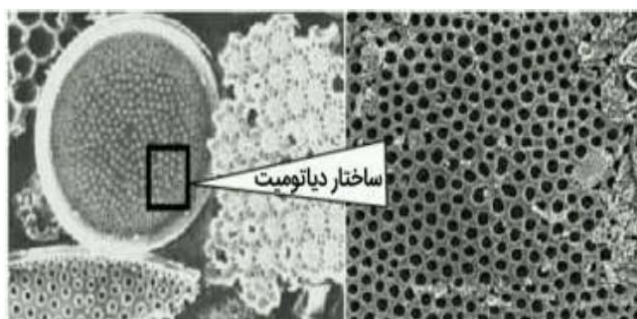


Fig. 1. Microstructure of diatomite [8]

جدول ۴. آنالیز شیمیایی دیاتومیت معدن ممقان [7]

Percentage of sample B	Percentage of sample A	Chemical Compounds
88.66	90.4	SiO ₂
2.02	2.15	Al ₂ O ₃
2.12	0.71	Fe ₂ O ₃
1.12	0.98	CaO
1.54	0.64	MgO
0.8	0.45	Na ₂ O
0.27	0.2	K ₂ O
3.44	3.04	L.O.I

*L.O.I=Loss of Ignition (1000°C)

Table 4. Chemical analysis of Diatomite of Mamaghan mine [7]

ماسه، وزن مخصوص بسیار کم، دارا بودن درجه سختی بالا و نیز تخلخل بالای آن است. پوکه هایی که از معادن استخراج می‌شوند عمدتاً دارای چهار نوع دانه بندی بادامی، نخودی، عدسی و پودری می‌باشند. که هرکدام در صنعت ساختمان سازی کاربرد مخصوص خود را دارند. استفاده از پوکه در ساختمان و کارهای عمرانی علاوه بر مزایای گفته شده، باعث مقرون به صرفه بودن پروژه نیز می‌شود. پوکه های مورد استفاده در این آزمایش از معدن بنه کهل بستان آباد تهیه شده است. این پوکه‌ها باید از لحاظ اندازه، تقریباً هم اندازه سیمان پرتلند نوع دو باشد، که برای نیل به این هدف پوکه های پودری را با استفاده از دستگاه- های سنگ شکن خردتر کرده و از الک شماره ۱۰۰ (۱۵۰μm) عبور می‌دهیم. ترکیبات تشکیل دهنده پوکه معدنی خام مصرفی در این پژوهش مطابق جدول (۳) می‌باشد.

جدول ۳. مواد تشکیل دهنده پوکه معدنی

Percentage	Chemical Compounds	Percentage	Chemical Compounds
0.09	SrO	63.45	SiO ₂
1.03	MgO	17.24	Al ₂ O ₃
2.16	K ₂ O	0.37	TiO ₂
0.16	SO ₃	0.21	P ₂ O ₅
2.00	Na ₂ O	3.22	CaO
0.30	CL	2.86	Fe ₂ O ₃

Table 3. Ingredients of Pumice

۳-۲- دیاتومیت

دیاتومیت ها به علت داشتن ساختار میکروسکوپی (قابلیت واکنش زیاد)، دارا بودن تخلخل میکروسکوپی بالا، چگالی کم و ویژگی‌های منحصر به فرد مورد استفاده قرار می‌گیرند. دیاتومیت به عنوان صافی، جذب کننده، عایق، پرکننده، ساینده و همچنین پودر آن به عنوان سیلیس فعال شناخته می‌شود. واکنش پوزولانی دیاتومیت باعث تولید بیشتر محصولات هیدراتاسیون سیمان می‌شود که این امر موجب رشد خواص مکانیکی ملات- های حاوی آن شده است [6]. پودر دیاتومیت قبل از اشیاع می‌تواند ۳ برابر وزن خود آب جذب کند و سطح خارجی آن بسیار زیاد می‌باشد به طوریکه ۲۱۰ گرم آن ۴۱۸۰/۶ متر مربع مساحت دارد [7]. خاک‌های دیاتومیت، که به عنوان پودر فسیلی یا دیاتومیتی شناخته می‌شوند، عمدتاً از مواد رسوبی پوسته‌ی

APD25 می‌باشد. علایمی که دارای حرف P است، شامل پودر پومیس و علایم دارای PD، شامل پودر پومیس و پودر دیاتومیت می‌باشد. مشخصات تمام نسبت‌های مخلوط با توجه به فرمت مجله و رعایت فواصل ستونی در جداول (۵) و (۶) آورده شده است.

جدول ۵. مشخصات نسبت‌های مخلوط (فقط پودر پومیس به صورت افزودنی استفاده شده است)

W/CM	Water (gr)	Pumice (gr)	Cement (gr)	Mix Name
0.35	910	0	2600	A0
0.35	956	130	2600	P5
0.35	1001	260	2600	P10
0.35	1046.5	390	2600	P15
0.35	1092	520	2600	P20
0.35	1137.5	650	2600	P25
0.4	1248	520	2600	AP20
0.4	1300	650	2600	AP25

Table 5. Specifications of the mix design

جدول ۶. مشخصات نسبت‌های مخلوط (پودر پومیس و پودر دیاتومیت به صورت افزودنی استفاده شده است)

W/C _M	Water (gr)	Pumice+ Diatomite (50%-50%)	Cement (gr)	Mix Name
0.35	910	0	2600	A0
0.35	956	130	2600	PD5
0.35	1001	260	2600	PD10
0.35	1046.5	390	2600	PD15
0.35	1092	520	2600	PD20
0.35	1137.5	650	2600	PD25
0.4	1248	520	2600	APD20
0.4	1300	650	2600	APD25

Table 6. Specifications of the mix design

۴- بررسی نتایج

در این قسمت به بررسی نتایج مربوط به آزمایشات مقاومت فشاری و جذب آب در طول مدت زمان عمل‌آوری در سنین ۳، ۷، ۲۸ و ۹۰ روزه و همچنین جذب آب ۲۸ روزه بر اساس استاندارد ASTM می‌پردازیم.

۴-۱- تعیین مقاومت فشاری نمونه‌ها

در آزمایش مقاومت فشاری نمونه‌های مکعبی ۵*۵*۵ میلیمتری مطابق با استاندارد ASTM C109/C109-08 که در سنین ۲۸ و ۹۰ روزه (عمل‌آوری شده در دمای ۲۳ الی ۲۵ درجه سلسیوس

۳- آماده سازی و عمل‌آوری تست‌های مخلوط

ابتدا قالب‌ها را آماده می‌کنیم. داخل قالب‌ها را روغن کاری می‌کنیم. باید دقت کنیم که مقدار روغن نباید زیاد باشد زیرا ممکن است وارد مخلوط شده و بر رفتار آن تاثیر بگذارد. سپس مواد وزن شده در ترازوی دیجیتال را در یک مخلوط‌کن ریخته تا ابتدا مواد به صورت خشک مخلوط شوند. سپس آب را به داخل کاسه همزن اضافه کرده و بعد مصالح خشک را داخل کاسه می‌ریزیم. همزن را ۱ دقیقه با سرعت معمولی و ۲۰ ثانیه با سرعت تند فعال می‌کنیم. تا در نهایت مخلوط کاملاً همگنی بدست آید. پس از اتمام زمان مخلوط کردن، ریختن ملات در قالب در ۳ مرحله و در هر مرحله با کوبیده شدن صورت گرفته و در نهایت پس از ویبره برای کاهش هوای محبوس شده در بتن نمونه‌های مکعبی ۵*۵*۵ سانتی‌متر برای آزمایش مقاومت فشاری انجام شد و به مدت ۲۴ ساعت درون قالب قرار گرفته و بعد از باز کردن از قالب در استخر ۲۳ الی ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در حالت غوطه‌وری عمل‌آوری قرار دادیم. جذب آب حین عمل‌آوری و جذب آب ۲۸ روزه و همچنین بعد از انجام آزمایش نمونه‌های یک روزه، ۳ روزه، ۷ روزه، ۲۸ روزه و ۹۰ روزه توزین شده و در روزهای ۲۸ و ۹۰ مقاومت فشاری آن‌ها را بدست آوردیم.

۳-۱- نسبت‌های مخلوط

از نسبت‌های مخلوط جداول (۵) و (۶) برای ساخت نمونه‌های آزمایش برای خمیر سیمان استفاده شده است. در این طرح از پودر پوک با درصدهای ۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ به صورت افزودنی استفاده شده است و مجدداً همان درصدهای ۲۰ و ۲۵ با افزایش نسبت آب به مواد سیمانی از ۰/۳۵ به ۰/۴ تکرار شده است، که نام‌گذاری همه آن‌ها به‌ترتیب، A0، P5، P10، P15، P20، P25، AP20 و AP25 می‌باشد. در ادامه‌ی آزمایش‌ها از مخلوط پودر دیاتومیت و پودر پوک با نسبت (۵۰-۵۰)٪ استفاده شده است و مجدداً همان درصدهای ۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ به صورت افزودنی با نسبت آب به مواد سیمانی از ۰/۳۵ و همچنین درصدهای ۲۰ و ۲۵ با افزایش نسبت آب به مواد سیمانی از ۰/۳۵ به ۰/۴ تکرار شده است، که نام‌گذاری آن‌ها نیز به‌ترتیب، A0، PD5، PD10، PD15، PD20، PD25، APD20 و

شکل ۲. مقاومت فشاری برای انواع نسبت های مخلوط در آزمایش های دارای پودر پومیس به صورت افزودنی

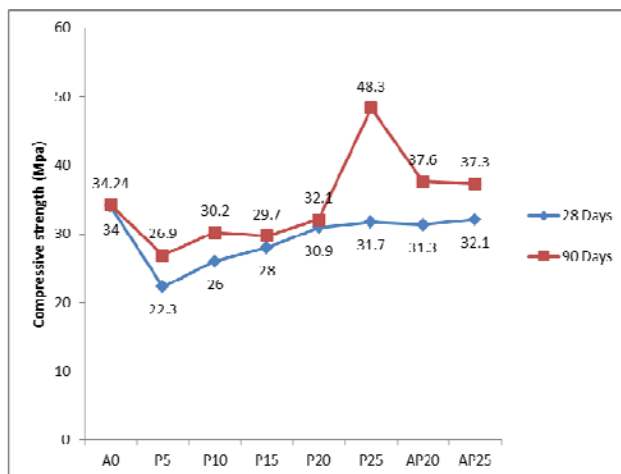


Fig. 2. Compressive strength of mixture

شکل ۳. مقاومت فشاری برای انواع نسبت های مخلوط در آزمایش های دارای پودر پومیس و پودر دیاتومیت بصورت افزودنی

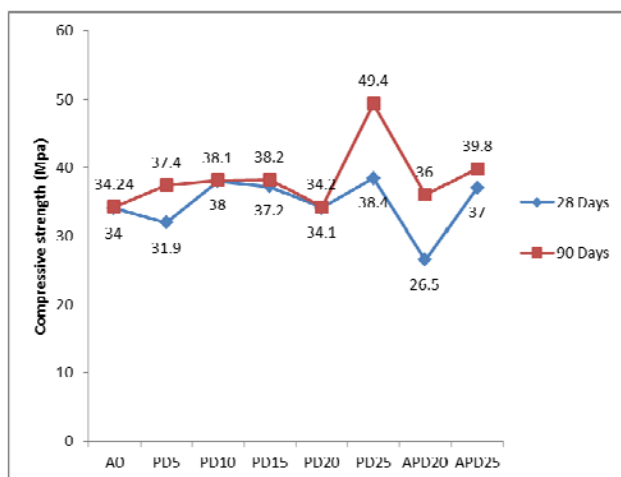


Fig. 3. Compressive strength of mixture

تأثیر زمان عمل‌آوری و همچنین تأثیر درصد پودر پوکه معدنی و پودر دیاتومیت اضافه شده بر مقاومت فشاری نسبت‌های مخلوط، در نمودار شکل‌های (۴) و (۵) قابل مشاهده است و با توجه به نمودار می‌توان بیان کرد که با افزایش زمان عمل‌آوری مقاومت فشاری نمونه‌ها افزایش یافته و مقاومت فشاری مخلوط هایی که حاوی ۱۰ الی ۲۵ درصد پودر پوکه یا ۱۰ الی ۲۵ درصد ترکیب مساوی پودر پوکه و پودر دیاتومیت می‌باشند دارای مقاومت خوب و تقریباً معادل نمونه شاهد بوده و در نمونه های ۹۰ روزه نیز شاهد افزایش مقاومت هستیم.

به صورت غرقاب) انجام شد. نتایج حاصل از آزمایش مقاومت فشاری در جدول (۷) و (۸) و در نمودار شکل (۲) و (۳) آورده داده شده است.

جدول ۷. مقاومت فشاری برای انواع نسبت های مخلوط در آزمایش های دارای پودر پومیس به صورت افزودنی

Compressive strength (Mpa)		Mix Name
90 Days	28 Days	
34.24	34	A0
26.9	22.3	P5
30.2	26	P10
29.7	28	P15
32.1	30.9	P20
48.3	31.7	P25
37.6	31.3	AP20
37.3	32.1	AP25

Table 7. Specifications of the mix design

جدول ۸. مقاومت فشاری برای انواع نسبت های مخلوط در آزمایش های دارای پودر پومیس و پودر دیاتومیت بصورت افزودنی

Compressive strength (Mpa)		Mix Name
90 Days	28 Days	
34.24	34	A0
37.4	31.9	PD5
38.1	38	PD10
38.2	37.2	PD15
34.2	34.1	PD20
49.4	38.4	PD25
36	26.5	APD20
39.8	37	APD25

Table 8. Specifications of the mix design

شکل ۵. جذب آب حین عمل آوری برای انواع نسبت های مخلوط در آزمایش های دارای پودر پومیس و پودر دیاتومیت بصورت افزودنی

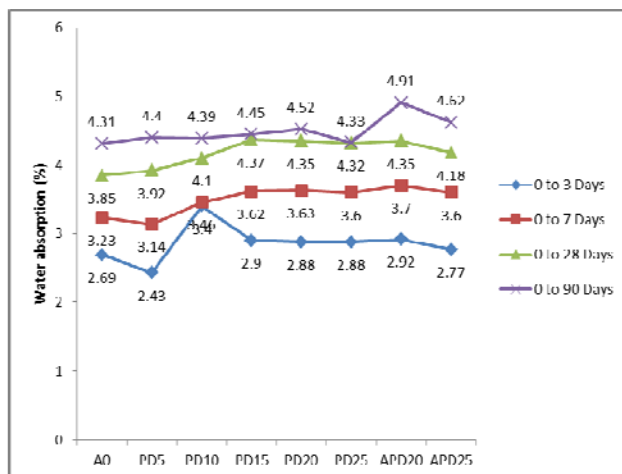


Fig. 5. Water absorption of mixture

از نتایج حاصل از آزمایش تعیین درصد جذب آب در حین عمل آوری مشاهده می شود که میانگین جذب آب از زمان باز کردن قالب تا موقع انجام آزمایش ها در سنین ۳، ۷، ۲۸ و ۹۰ روزه با افزایش مقدار پوک و دیاتومیت روند جذب آب تقریباً ثابت بوده و جزئی افزایش می یابد و همچنین با افزایش زمان عمل آوری جذب آب در حین عمل آوری بیشتر شده است و نشان می دهد که واکنش های هیدراسیون ادامه داشته است اما با توجه به افزایش جذب آب در سنین مختلف ملاحظه می شود که به تدریج واکنش های هیدراسیون کاهش یافته است.

۴-۳- جذب آب ۲۸ روزه بر اساس استاندارد ASTM C642-06

هدف از انجام این آزمایش تعیین درصد جذب آب نمونه های خمیر سیمان سخت شده می باشد. به طور کلی، جذب آب در بتن باعث ایجاد مشکلات جدی می شود که بر مقاومت بتن تأثیر می گذارد. به این علت تعیین درصد جذب آب نمونه های بتنی اهمیت زیادی دارد. شکل (۶) و (۷) درصد جذب آب نمونه های بتنی ۲۸ روزه خشک شده در آون با دمای ۱۰۰ الی ۱۱۰ درجه سانتی گراد، پس از ۲ روز غوطه وری در آب ۲۵ درجه را نشان می دهد.

۴-۲- جذب آب در طول مدت زمان عمل آوری

برای محاسبه جذب آب حین عمل آوری نمونه ها بعد از اختلاط طرح های مورد نظر و خارج نمودن نمونه ها از قالب، اولین توزین انجام می گیرد و سپس هنگام خارج کردن از محفظه آب در سنین ۳، ۷، ۲۸ و ۹۰ روزه توزین انجام می گیرد. بدین ترتیب که با یک پارچه آب روی نمونه ها رو خشک می کنیم. سپس در همین حالت SSD وزن نمونه ها توسط ترازوی دیجیتال اندازه گیری می شود. در نهایت با استفاده از رابطه زیر میزان جذب آب در طول مدت زمان عمل آوری را محاسبه می کنیم. نتایج حاصل از محاسبات در شکل (۴) و (۵) آورده شده است.

$$\text{جذب آب} = \frac{(\text{جرم قبل از عمل آوری} - \text{جرم بعد از عمل آوری})}{\text{جرم قبل از عمل آوری}} \times 100$$

لازم به ذکر است که چگالی آب ژل طبق بررسی محققان بیشتر از آب معمولی و در حدود ۱/۱ بوده و چگالی آب مولکولی داخل کریستال های ناشی از واکنش های هیدراسیون بیشتر از چگالی آب ژل می باشد. لذا با پیشرفت واکنش های هیدراسیون و افزایش عمر بتن، چون نمونه ها به صورت غرقاب عمل آوری می شوند جذب آب ادامه خواهد یافت البته سرعت آن به مرور زمان کمتر خواهد شد به طوریکه برای نمونه شاهد در عمر سه روزه ۲/۶۹ درصد بوده و در عمر ۹۰ روزه ۴/۳۱ درصد می باشد.

شکل ۴. جذب آب حین عمل آوری برای انواع نسبت های مخلوط در آزمایش های دارای پودر پومیس به صورت افزودنی

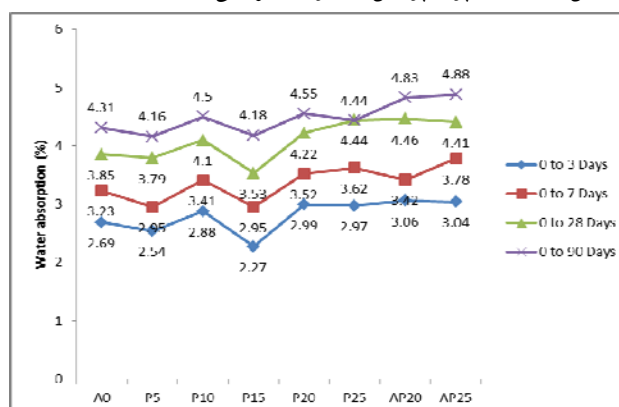


Fig. 4. Water absorption of mixture

۵- نتیجه گیری

بخش مهم و قابل استفاده هر تحقیقی، بخش نتایج به دست آمده است که اگر تمام موارد به طور دقیق بیان شده باشد، مسلماً نتایج مفید و قابل استناد خواهند بود. نتایج حاصل از آزمایشات با استفاده از مصالح بومی می باشد که ممکن است از لحاظ کمی با نتایج آزمایشات سایر محققان متفاوت باشد، ولی در زمان انجام آزمایشات تمامی معیارها برای رسیدن به نتایجی با کمترین خطا رعایت شده است. در محدوده آزمایشات انجام یافته در این تحقیق، نتایج زیر به دست آمد:

۱- خاصیت پوزولانی پودر پوکه معدنی بنه کهل بستان آباد وقتی که به تنهایی مصرف می شود ضعیف تر از حالتی است که به صورت ۵۰٪، ۵۰٪ با دیاتومیت ممقان مخلوط می شود.

۲- از شکل ۲ ملاحظه می شود که برای حالتی که پوکه معدنی به تنهایی افزوده می شود مقاومت فشاری خمیر سیمان در سن ۲۸ روزه در همه درصد ها پایین آمده است مخصوصاً در حالت ۵ درصد بدتر از همه حالت ها بوده و مقاومت فشاری حدود ۳۵٪ پایین آمده است و در حالت ۲۰٪ و ۲۵٪ (افزودنی پودر پوکه معدنی) در نسبت های آب به سیمان ۰/۳۵ و ۰/۴ (در همان سن ۲۸ روزه)، کاهش مقاومت فشاری کمتر بوده و در حدود ۸٪ می باشد. علت اینکه در حالت ۵٪ افزودنی، کاهش مقاومت فشاری زیاد تر شده است این است که فاز کسب مقاومت با پیشرفت آگیری ذرات سیمان توسط ذرات پودر پوکه که آب سطحی بیشتری به خود اختصاص می دهند مختل شده است و فاز جدیدی مربوط به آگیری تمامی ذرات و واکنش های بین ذرات سیمان و پوزولان می باشد هنوز کامل نشده است. با افزایش درصد پودر پوکه، نسبت پوزولان به سیمان برای انجام واکنش های فیما بین بهبود یافته و در نتیجه در درصد های بالاتر مقاومت فشاری خمیر سیمان در سن ۲۸ روزه هم بهبود یافته است.

در نسبت آب به سیمان ۰/۴ در هر دو حالت ۲۸ روزه و ۹۰ روزه وضعیت مقاومت فشاری خمیر سیمان بهبود یافته است. احتمالاً به این علت است که آب لازم برای واکنش های بین ذرات سیمان، ذرات پودر پوکه و مولکول های آب برای بوجود آمدن کریستال و بلوغ آن ها، بیشتر از حالتی از که فقط

شکل ۶. جذب آب ASTM برای انواع نسبت های مخلوط در آزمایش های دارای پودر پومیس به صورت افزودنی

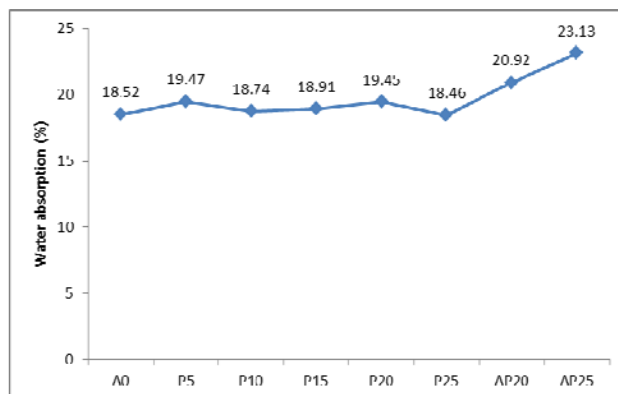


Fig. 6. Water absorption of mixture

شکل ۷. جذب آب ASTM برای انواع نسبت های مخلوط در آزمایش های دارای پودر پومیس و پودر دیاتومیت بصورت افزودنی

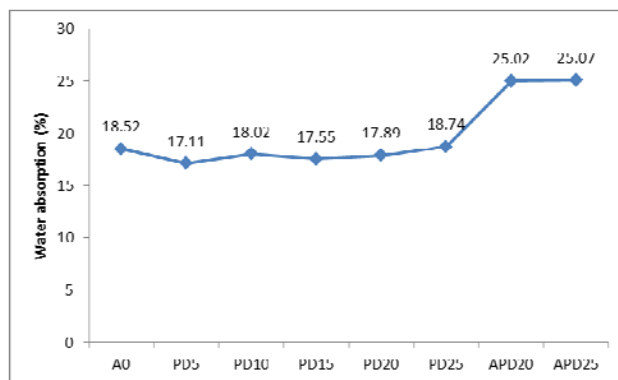


Fig. 7. Water absorption of mixture

از نتایج حاصل از آزمایش تعیین درصد جذب آب ۲۸ روزه بر اساس استاندارد ASTM مشاهده می شود که با افزایش مقدار پوکه و دیاتومیت روند جذب آب تقریباً ثابت بوده و جزئی افزایش می یابد. توضیح اینکه جذب آب در حین عمل آوری نشان دهنده پیشرفت واکنش های هیدراسیون می باشد در حالی که جذب آب نمونه های بتنی در سن ۲۸ روزه طبق استاندارد ASTM C642-06 نشان دهنده کل تخلخل داخلی بتن است (اعم از حباب های اتفاقی و شبکه لوله های موئینه). همچنین لازم به ذکر است که آب ژل طبق بررسی محققان وزن مخصوصی در حدود ۱/۱ دارد و آب مولکولی داخل کریستال های ناشی از واکنش های هیدراسیون دارای وزن مخصوصی در حدود ۱/۲ می باشد.

روژه ادامه داشته است و احتمالاً به علت کند بودن واکنش های مربوط به پوزولان چند سال هم ادامه یابد. البته در سه روز اول بیشتر بوده و به تدریج کند شده است و بعد از سن ۹۰ روزه کند تر خواهد شد.

۶- همانند سایر بتن ها و ملات ها، با افزایش زمان عمل آوری نمونه ها، مقاومت فشاری ترکیبات ساخته شده در این تحقیق هم افزایش می یابد.

۷- از لحاظ اقتصادی پوک و دیاتومیت هزینه کمتری نسبت به سیمان دارند لذا ترکیب پودر پومیس و پودر دیاتومیت می تواند در برخی موارد در پروژه ها مورد استفاده قرار گیرند و از لحاظ حرارت هیدراسیون به علت تاخیرات در هیدراسیون مواد پوزولانی مشکلی نخواهیم داشت و هم چنین تعداد دفعات آب دادن بخاطر پایین بودن حرارت هیدراسیون کاهش خواهد یافت. لذا اضافه نمودن ترکیب پودر پوک و بستان آباد و پودر دیاتومیت بمقدار توصیه می شود.

۶- مراجع

- [1]. Howeidafar, k., Qaderi, b. 2016 the effect of pozzolan Pumice Qarveh on the strength of concrete, Third Congress of new horizons in the field of civil engineering, architecture, culture and urban management, Tehran, Association for the Development and Promotion of Science and Technology Fundamental, (In Persian).
- [2]. Degirmenci, N., Yilmaz, A. 2009 Use of diatomite as partial replacement for Portland cement in cement mortars, Construction and Building Materials, Vol. 23, No. 1, pp. 284-288.
- [3]. Karaman, S., Oztoprak, B., Sisman, C. B. 2015 Usage Possibilities of Diatomite in the Concrete Production for Agricultural Buildings, Journal of Basic & Applied Sciences, Vol. 11, pp. 31.
- [4]. roghee Satah JO. 2006 Evaluation of Lightweight Concrete Mixtures for Bridge Deck and Prestressed Bridge Girder Applications, Thesis for The Degree Master of Science, Department of Civil Engineering, Kansas State University.
- [5]. Zhang, M.H, giorv, O.E. 1991 Mechanical properties of high-strenght lightweight concrete, ACI Material journal, Vol. 88, No. 3, pp.240-247.
- [6]. Kastis, D., Kakali, G., Tsivilis, S., Stamatakis, M. G. 2006 properties and hydration of blended cemens with calcareous diatomite", cement concrete, Vol. 36, No. 10, pp. 1821-6.

سیمان داشته باشیم. لذا نسبت آب به سیمان ۰/۴ نسبت به حالت ۰/۳۵ بهتر عمل کرده است.

۳- در شکل ۲ در نمودار مربوط به سن ۹۰ روزه، چون واکنش های مربوط به آگیری ذرات پوزولان و همچنین واکنش های مابین ذرات پوزولان و ذرات سیمان در حال تکمیل شدن هستند لذا مقاومت فشاری در همه حالت ها نسبت به سن ۲۸ روزه افزایش یافته است. تنها یک نقطه که مربوط به متوسط مقاومت نمونه های P25 می باشد افزایش فوق العاده ای داشته است که احتمالاً علت آن مربوط نسبت سیمان به پوزولان باشد که در این حالت به یک مقدار اپتیمی نزدیک شده است و واکنش های ثانوی ما بین برخی از اجزای تشکیل دهنده سیمان و ذرات پوزولان توسعه بیشتری یافته است.

۴- در حالتی که مخلوط ۵۰٪، ۵۰٪ پودر پوک و پودر دیاتومیت استفاده شده است برای نسبت آب به سیمان ۰/۳۵ در عمر های ۲۸ روزه و ۹۰ روزه بطور متوسط ۶٪ افزایش مقاومت داریم.

در این حالت ترکیبی دو پوزولان فوق الذکر، افزودن همان مقدار ۲۵٪ بهترین حالت می باشد و در هر دو نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۳۵ و ۰/۴ نسبت به خمیر سیمان (A0) مقاومت بیشتری داده است. در نسبت آب به مواد سیمانی ۰/۴ علاوه بر این که مواد پوزولانی به کار گرفته شده است مقدار آب هم افزایش یافته است و باز هم مقاومت بیشتر شده است علت این امر احتمالاً مربوط به تخلخل درون ذره ای دانه های میکروسکوپی پودر دیاتومیت باشد که می تواند مقداری از آب را در درون ذرات خود جذب نماید و نگه دارد.

۵- جذب آب نمونه های ۲۸ روزه بر اساس ASTM C642-06 نشان دهنده تخلخل کلی نمونه ها اعم از حباب های اتفاقی و شبکه لوله های موئینه می باشد که نشان می دهد در نسبت آب به سیمان ۰/۳۵ در همه نمونه ها نزدیک به ۲۰٪ می باشد و در نمونه های مربوط به نسبت آب به سیمان ۰/۴ برای حالت فقط پودر پوک به طور متوسط حدود ۲۲٪ و برای حالت ترکیبی دو نوع پوزولان حدود ۲۵٪ می باشد. جذب آب حین عمل آوری نشان دهنده پیشرفت واکنش های هیدراسیون مربوط به همه ذرات سیمان و پوزولان می باشد که نشان می دهد تا سن ۹۰

- [7]. Rezaei B. 1996 Studying and studying the dynamical properties of diatomite from the perspective of processing, Amirkabir Journal of Scientific Research, Volume 19, Issue 1, Pages 31-39, (In Persian).
- [8]. Ivanov, S. E., Belyakov, A. V. 2008 Diatomite and its applications, Glass and Ceramics. Springer Nature; Jan; Vol. 65, pp. 48–51.
- [9]. ASTM Standard C 109/C 109M-08, Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars (using 2-in. or [50-mm] cube specimens), American society of testing and materials, West Conshohocken, Pennsylvania, USA.
- [10]. ASTM C642-06, 2006. "Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete", ASTM International, West Conshohocken, PA, USA.
- [11]. ASTM C496/C496M-04, (2004), "Standard Test Method for Splitting Strength of Cylindrical Concrete", ASTM International, West Conshohocken, PA, USA.

Investigation of the Effect of Adding Pumice and Combining it with Diatomite Powder on Compressive Strength and Water Absorption of Cement Paste

Faeze Nouri¹, Javid Chakherlou², Bahman Shervani Tabar^{3*}

1- Civil Engineer, Faculty of Engineering, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

2- Masters of Civil-Structural Engineering, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

3- Assistant Professor, Faculty of Engineering, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran

b.shervani@yahoo.com

Abstract

The main material that causes aggregates to adhere to each other and forms a hard object called concrete is the cement paste. Cement paste consists of cement and water. Obviously, the higher the strength of the cement paste, the ultimate strength of the concrete made from the dough will be high. In this research, an additive material as powdered pumice of Bneh-Kohul mine near Bostan Abad and another additive as Mamaghan diatomite were added to the cement paste. Because these two materials have pozzolanic properties, they will exhibit their cementitious properties in close proximity to our cementitious materials and, as a result, are considered as cement materials. Symptoms related to the naming of different mixture ratios are clearly identified in both tables 4 and 5. In brief, the signs that contain the letter P include Pumice Powder and PD symptoms, including Pumice Powder and Diatomite Powder. The ratio of water to cement materials is considered to be 0.35 and 0.4. The results of the experiments have shown that, in terms of water absorption during treatment, all samples gradually absorb water and also show that hydration reactions of cement materials and the formation of crystals continue to occur regularly. In terms of water absorption of 28-day samples according to the ASTM standard, the results show that the porosity of our dough with different ratios of Pumice Powder or combination of Pumice Powder and diatomite powder, and this porosity is increased by 0.35% To 0.4%. Water absorption during treatment indicates the progression of hydration reactions. While water absorption of concrete specimens at 28 days of age, according to ASTM C642-06, indicates the internal porosity of concrete, including occlusive bubbles and Capillary tubes. It should be noted that the water density of the gel was higher than that of the ordinary water and was about 1.1, and the density of the molecular water inside the crystals resulting from the hydration reactions was higher than that of the gel water. In terms of the compressive strength of doughs that only have pumice powder additive, their 28-day compressive strength has a loss of resistance, and also for these samples at 90-day age, a slight drop of resistance is observed for the water-to-cement ratio of 0.35 However, for the 0.4% cement ratio, about 10% increased resistance. In the samples that were added to the pumice powder and diatomite powder as additive, the compressive strength changes were as follows: a) for the water-to-cement ratio of 0.35 at the age of 28 days and 90 days, an average increase of 6% Resistance is present and increases resistance for the optimum additive (25%).

b) For water-cement ratio 0.4% at 28 days for 20% additive of compound powder, compressive strength reduction is noticeable, but in the 90-day life it is 5% stronger and for 25% additive compound powder at the age of 28-day and 90-day, both increase in compressive strength of 9% and 16%, respectively. Therefore, adding of the combined of Bostan Abad Pumice Powder and Diatomite Powder is recommended.

Keywords: Pumice, diatomite, pozzolan, compressive strength, water absorption, cement paste