

بررسی و مقایسه خواص مکانیکی بتن حاوی پوزولان طبیعی چکنه، میکروسیلیس، نانوسیلیس و ترکیب آنها

ایمان سلیمانی مقدم^{۱*}، محمدرضا سهرابی^۲، محمدحسن برازنده^۳، حمید وارسته پور^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد واحد زاهدان

۲- استادیار دانشگاه سیستان و بلوچستان

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد واحد زاهدان

۴- عضو هیأت علمی مؤسسه آموزش عالی صنعت آب و برق مشهد

Email: imia65@yahoo.com

تلفن: ۰۹۱۵۳۱۷۶۶۸۰-۱

چکیده

رشد روزافزون صنعت ساختمان در کنار رشد سایر صنایع، نیاز به تولید بتن مرغوب با مقاومت و دوام بالا، تحقیق در مورد بتن پرکیفیت را در دستور کار مهندسين و محققين تکنولوژی بتن قرار داده است. مسئله جدی دیگری که بر سر راه صنعت سیمان و بتن قرار دارد آنستکه سیمان پرتلند با آنهمه مشکلات یاد شده تولید می گردد و لیکن درنهایت بتن حاوی آن از دوام کافی برخوردار نمی باشد. از طرفی تولید سیمان پرتلند علاوه بر آنکه مقادیر متعددی از منابع طبیعی مانند سنگ آهک و سوخت های فسیلی و غیره را از بین می برد بازا هر تن سیمان تولید شده حدود یک تن گاز دی اکسید کربن که یکی از گازهای گلخانه ای آلاینده محیط زیست می باشد نیز ایجاد می شود. امروزه استفاده از پوزولانهای طبیعی و مصنوعی به عنوان جایگزین بخشی از سیمان مصرفی و به منظور ارتقای مشخصات فنی بتن از گامهای مؤثری است که در زمینه توسعه پایدار برداشته شده است. در حال حاضر استفاده از میکروسیلیس و نانو سیلیس در بتن به دلیل بهبود خواص سیمان از نظر مقاومت و دوام کاملاً متداول شده است. از طرفی استفاده از پوزولانهای طبیعی در بتن به دلیل فراوانی، ارزان بودن و کاهش آلودگی محیط زیست توجه محققان را در سالهای اخیر به خود جلب کرده است. استفاده توأم از این مواد افزودنی میتواند علاوه بر بالا بردن خواص مد نظر در بتن از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشد.

در این پژوهش با توجه به پارامتر مقاومت فشاری ۲۸ روزه به بررسی نقش پوزولان طبیعی چکنه، میکروسیلیس، نانو سیلیس و ترکیب آنها در بتن میپردازیم. در این تحقیق از پودر پوزولان چکنه با نسبتهای ۰، ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد وزنی سیمان، میکروسیلیس ۱۰ و ۲۰ درصد وزنی سیمان، نانوسیلیس با نسبت ۲ درصد وزنی سیمان، و ترکیب این درصدها با یکدیگر استفاده شده است. در مرحله نخست تاثیر جایگزینی سیمان پرتلند با این سه پوزولان بصورت جداگانه بر مقاومت فشاری ۲۸ روزه مورد ارزیابی قرار میگیرد و در مرحله بعد با جایگزینی درصدهای ترکیبی مختلف از آنها به جای سیمان مصرفی، مقاومت فشاری را تعیین و نسبت به مرحله نخست مقایسه شده اند. نتایج نشان میدهد که با افزودن پودر پوزولان طبیعی چکنه مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های بتنی کاهش مییابد ولی با افزودن میکروسیلیس و نانو سیلیس مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های بتنی افزایش می یابد. همچنین مشاهده میشود که استفاده توأم پوزولان طبیعی و مصنوعی، میتواند افت مقاومت فشاری ناشی از مصرف پوزولان طبیعی را بهبود بخشد.

واژه های کلیدی: پوزولان چکنه، میکروسیلیس، نانوسیلیس، بتن، مقاومت فشاری

مقدمه

تحقیقات نشان داده است تولید سیمان پرتلند علاوه بر آنکه مقادیر زیادی از منابع طبیعی مانند سنگ آهک و سوخت های فسیلی و غیره را از بین می برد بازاء هر تن سیمان تولید شده حدود یک تن گاز دی اکسید کربن که یکی از گازهای گلخانه ای آلاینده محیط زیست می باشد نیز ایجاد میشود(۱).

برای این منظور تلاشهایی در زمینه های مختلف صورت گرفته که از موثرترین آنها موارد زیر را می توان نام برد:

الف) ارتقای کیفیت سیمانها

ب) ارتقای سطح فناوری بتن

ج) استفاده از پوزولانها برای تولید سیمانهای آمیخته(۲).

استفاده از پوزولانهای طبیعی در سیمان مقدار مهمی گرما ذخیره و این می تواند باعث توقف گرمای عمومی و انتشار بیش از حد CO_2 که از مشکلات رایج اکولوژی انسان است، شود.

پوزولان براساس استاندارد ASTM C-618 چنین تعریف می شود(۴): "پوزولان ماده ای است سیلیسی یا سلیسی آلومیناتی که به خودی خود ارزش چسبندگی ندارد، اما به شکل ذرات بسیار ریز در مجاورت رطوبت با درجات حرارت معمولی با هیدروکسید کلسیم واکنش شیمیایی داشته و ترکیباتی را به وجود می آورد که خاصیت سیمانی و چسبندگی دارد." پوزولان ها در انواع مختلف از جمله مواد افزودنی معدنی تحت عنوان پوزولان های طبیعی و مواد حاصل از محصولات فرعی صنعتی تحت عنوان پوزولان های مصنوعی تقسیم بندی می شوند.

پوزولانهای طبیعی: موادی هستند که به منظور تولید یک پوزولان از مصالح موجود در زمین مورد استفاده قرار می گیرند. معمولاً روند تولید شامل، خرد کردن، آسیاب، جدا نمودن اندازه ها و در بعضی از موارد اعمال حرارت فعال سازی می باشد. پوزولانهای مصنوعی (محصولات جانبی): موادی هستند که در فرآیندهای تولید به عنوان هدف اصلی مورد توجه نبوده اند. محصولات جانبی صنایع هم با فرآیندهای خاص و همچنین بدون آنها می توانند باعث تولید مواد پوزولانی گردند(۳).

برنامه آزمایشگاهی

در این تحقیق از پودر پوزولان چکنه با نسبتهای ۰، ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد وزنی سیمان استفاده و برای بهبود خواص آنها از میکروسیلیس با نسبت های ۱۰ و ۲۰ درصد و نانوسیلیس با نسبت ۲ درصد استفاده شده است. نسبت آب به مواد سیمانی (W/C) نیز برای تمام نمونه ها یکسان و برابر ۰/۴ در نظر گرفته و جهت تعیین نسبت های اختلاط اجزای تشکیل دهنده بتن از روش حجم مطلق مطابق آیین نامه ACI، استفاده شده است. ابعاد قالب های مکعبی استفاده شده برای تعیین مقاومت فشاری نمونه های $15 \times 15 \times 15$ سانتی متر در نظر گرفته شده است. لازم به توضیح می باشد که در ساخت برخی نمونه ها برای تامین اسلامپ مورد نظر (اسلامپ تمامی نمونه ها ۷۵ تا ۱۰۰ میلیمتر لحاظ شده است) از فوق روان کننده نیز استفاده شده است.

مصالح مصرفی

دانه بندی ماسه و شن مصرفی مطابق ملزومات استاندارد ASTM و به ترتیب در محدوده ۰-۴،۷۵-۰ میلیمتر و ۴،۷۵-۲۵ میلیمتر می باشد. مصالح سنگی مورد استفاده از نوع شکسته انتخاب و مدول نرمی ماسه ۳،۱۴ می باشد. برای افزایش میزان کارایی نمونه های بتنی، از فوق روان کننده با نام تجاری RB-PC180 و بر پایه پلی کربکسیلات اتر استفاده شده است. در این پژوهش از پودر

پوزولان طبیعی چکنه استفاده شده است که شرایط استاندارد ASTM-C618 را برآورده می سازد و از معدنی در اطراف شهرستان قوچان تهیه شده است. سیمان مصرفی در این تحقیق آزمایشگاهی نیز از سیمان پرتلند تیپ دو تولید شده در کارخانه سیمان شرق مشهد استفاده می شود. ترکیب شیمیایی سیمان و پوزولان طبیعی در جدول (۱) ارائه گردیده است. استاندارد ASTM-C618 توصیه کرده که مجموعه سه اکسید اصلی ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) باید بیشتر از ۷۰ درصد باشد و حداکثر افت سرخ شده به ۱۰ درصد محدود شود، که افت سرخ شدن پوزولان ۱,۲۸ درصد و مجموع سه اکسید اصلی ۸۷,۹۲ درصد بوده که در محدوده استاندارد ASTM-C618 قرار گرفته است.

جدول (۱). نتایج تجزیه شیمیایی پوزولان چکنه و سیمان مصرفی

ترکیب شیمیایی	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	SO_3	TiO_2	P_2O_5	LOI
سیمان	٪۲۲,۶۴	٪۴,۵	٪۳,۵۱	٪۲,۸۸	٪۶۲,۵۱	-	-	٪۲	-	-	٪۱,۲۸
پوزولان چکنه	٪۷۰,۹۶	٪۱۴,۵۲	٪۲,۴۴	٪۰,۷۴	٪۳,۵۲	٪۳,۷۵	٪۲,۲۵	٪۰,۰	٪۰,۲۹	٪۰,۰۷	٪۱,۲۸

میکروسلیس مورد استفاده از شرکت گیلان شیمی تهیه شده است. نتایج مشخصات فیزیکی و شیمیایی انجام شده روی نمونه میکروسلیس در جدول (۲) و (۳) نشان داده شده است.

جدول (۲). مشخصات فیزیکی میکروسلیس

رنگ	حالت فیزیکی	وزن مخصوص (kg/m^3)	سطح مخصوص (m^2/gr)	اندازه ذرات (μm)	اندازه متوسط دانه ها (μm)
خاکستری روشن	پودر غیر بلوری	۲۰۰	۲۰	۰/۰۱-۰/۳	۰/۲

جدول (۳). مشخصات شیمیایی میکروسلیس

ترکیب شیمیایی	مقادیر نمونه	ترکیب شیمیایی	مقادیر نمونه
SiO_2	٪۹۳,۶	Na_2O_3	٪۰,۳۱
Al_2O_3	٪۱,۳۲	K_2O	٪۱,۰۱
Fe_2O_3	٪۰,۸۷	P_2O_5	٪۰,۱۶
CaO	٪۰,۴۹	SO_3	٪۰,۱۰
MgO	٪۰,۹۷	Cl	٪۰,۰۴

در این تحقیق از نانوسلیس به صورت محلول در آب ۳۰٪ که از شرکت آسان خریداری شد، استفاده گردید. مشخصات نانوسلیس مصرفی در جدول (۴) نشان داده شده است.

جدول (۴). مشخصات نانوسلیس مصرفی

نوع ذرات	درصد ذرات جامد محلول	سایز ذرات (nm)	سطح مخصوص (m^2/gr)	pH
SiO_2	٪۳۰	۹/۳-۱۰/۵	۲۸۰-۲۵۰	۹/۵-۱۰

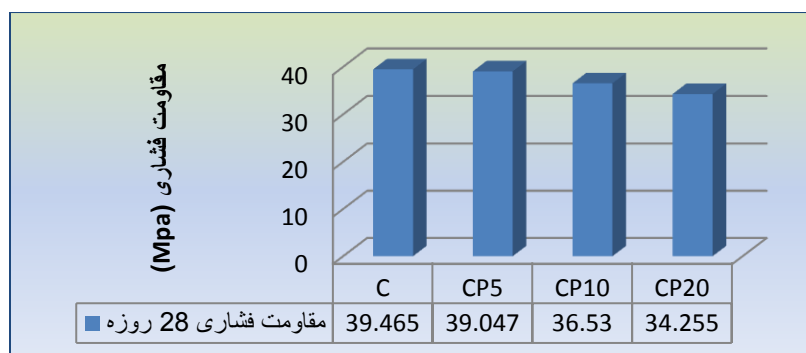
نتایج آزمایشات

مقاومت بتن به طور عمومی مهمترین عامل نشان دهنده کیفیت آن است. این موضوع به این دلیل است که میزان مقاومت به طور مستقیم به کیفیت خمیر سیمان سخت شده مربوط می شود. برای مثال، اگر چه مقاومت به طور مستقیم نشان دهنده‌ی میزان دوام بتن و یا ایستادگی آن در برابر تغییر شکل نیست، اما به شدت به نسبت آب به سیمان بستگی دارد. این نسبت نیز با کنترل میزان تخلخل بتن روی دوام و مقاومت در برابر تغییر شکل آن تاثیر می گذارد. بنابراین، مقاومت بتن می تواند به طور وسیعی در کنترل کیفیت آن مورد استفاده قرار گیرد. البته این موضوع بدان معنی نیست که کنترل سایر ویژگی های بتن الزامی نیستند (۵). جدول (۵) نتایج مقاومت فشاری ۲۸ روزه و میزان مصرف فوق روان کننده تمامی طرح ها را نشان می دهد. لازم به توضیح می باشد که C، نشانه بتن شاهد، P نشانه پوزولان چکنه، F نشانه میکروسیلیس و N نیز نشانه نانوسیلیس می باشد.

جدول (۵). نتایج مقاومت فشاری

طرح	% فوق روان کننده	مقاومت فشاری ۲۸ روزه (Mpa)	طرح	% فوق روان کننده	مقاومت فشاری ۲۸ روزه (Mpa)
C	۰	۳۹,۴۶۵	CP ₁₀ F ₁₀	۰,۲۵	۴۱,۷۳
CP ₅	۰	۳۹,۰۴۷	CN ₂	۱,۱	۴۶,۱۳
CP ₁₀	۰	۳۶,۵۳	CP ₁₀ N ₂	۱,۱	۴۵,۶۸
CP ₂₀	۰	۳۴,۲۵۵	CP ₂₀ N ₂	۱,۱	۳۸,۶۹
CF ₁₀	۰,۲۵	۴۷,۳۲	CF ₁₀ N ₂	۱,۲	۵۲,۱۳
CF ₂₀	۰,۴۵	۴۵,۲۳	CF ₂₀ N ₂	۱,۳۵	۵۲,۴۳

در شکل (۱) مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن، حاوی پودر پوزولان چکنه مقایسه شده است. با توجه به شکل (۱) ملاحظه می شود با افزایش درصد جایگزینی سیمان با پودر پوزولان طبیعی چکنه مقاومت فشاری ۲۸ روزه کاهش می یابد. بطوریکه با جایگزین کردن ۲۰ درصد وزنی سیمان با پوزولان چکنه، شاهد بیشترین افت مقاومت فشاری نسبت به مقاومت فشاری نمونه شاهد (حدود ۱۴,۲۷٪) هستیم. به نظر می رسد که فعالیت پوزولانی پوزولان چکنه، نتوانسته است به نحو مطلوبی، افت مقاومت ناشی از کاهش سیمان را جبران نماید

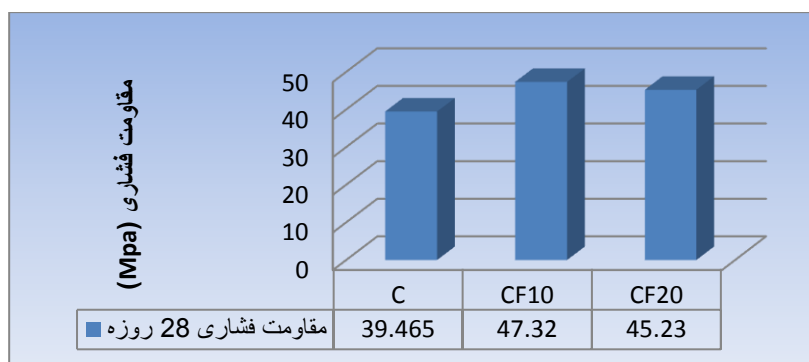


شکل (۱) مقایسه مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های حاوی پوزولان چکنه

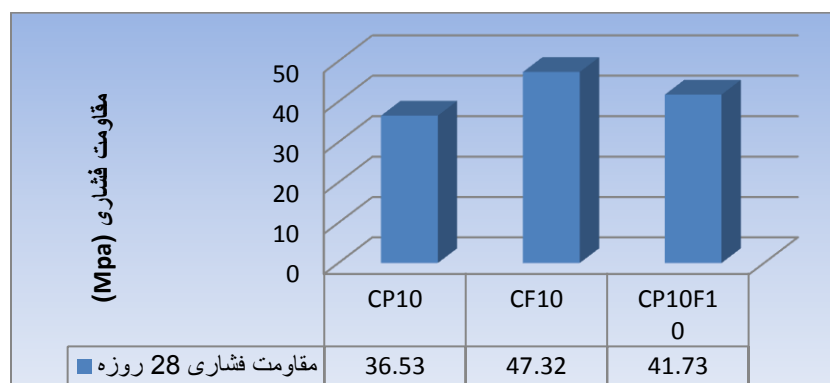
در اشکال (۲) و (۳) تاثیر مصرف میکرو سیلیس بر مقاومت فشاری نشان داده شده است. بررسی نتایج ارائه شده نشان می دهد که استفاده از میکروسیلیس می تواند منجر به ارتقای قابل توجه مقاومت فشاری بتن نسبت به نمونه شاهد گردد. نکته قابل توجه این

است که نمونه CF₁₀ نسبت به نمونه شاهد حدود ۱۸/۴۲٪ افزایش مقاومت داشته، ولی نمونه CF₂₀ نسبت به نمونه CF₁₀ افزایش مقاومت کمتری داشته است، بطوریکه نمونه CF₂₀ نسبت به نمونه CF₁₀ حدود ۴،۴۲٪ کاهش مقاومت داشته است. در صورتی که در دو مرحله میزان میکروسیلیس افزوده شده یکسان می‌باشد. این افزایش مقاومت نسبت به نمونه شاهد، نشان دهنده نقش میکروسیلیس می‌باشد. مصرف میکروسیلیس در بتن بافت میکروسکوپی آن را اصلاح نموده و خواص پرکنندگی و پوزولانی میکروسیلیس سبب می‌شود که منافذ ژلی موئینه در خمیر سیمان با این مواد و ترکیب آن با هیدروکسید کلسیم پر شود و سبب ایجاد بتنی همگن و متراکم می‌شود. این مسأله موجب کاهش نفوذپذیری (به سبب کاهش حفره‌ها و مجراهای موئینه) از طرفی و افزایش مقاومت فشاری (به سبب اتصال بهتر دانه‌های سنگی با ملات و همچنین اتکای سنگدانه‌ها به یکدیگر) می‌گردد (۶).

در شکل (۳) دیده می‌شود افزودن میکروسیلیس باعث بهبود مقاومت فشاری نمونه‌های حاوی پوزولان چکنه می‌شود. بطوری که در نمونه CP10F10 (۱۰٪ میکروسیلیس و ۱۰٪ پوزولان طبیعی) نسبت به نمونه حاوی ۱۰٪ پوزولان چکنه (CP10) حدود ۱۴،۲۳ درصد افزایش مقاومت رویت شده است.



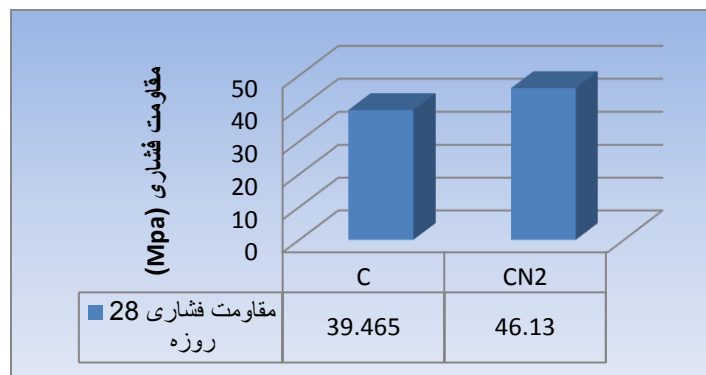
شکل (۲) مقایسه مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه‌های حاوی ۱۰٪ پوزولان و میکروسیلیس



شکل (۳) مقایسه مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه‌های حاوی ۱۰٪ پوزولان با میکروسیلیس

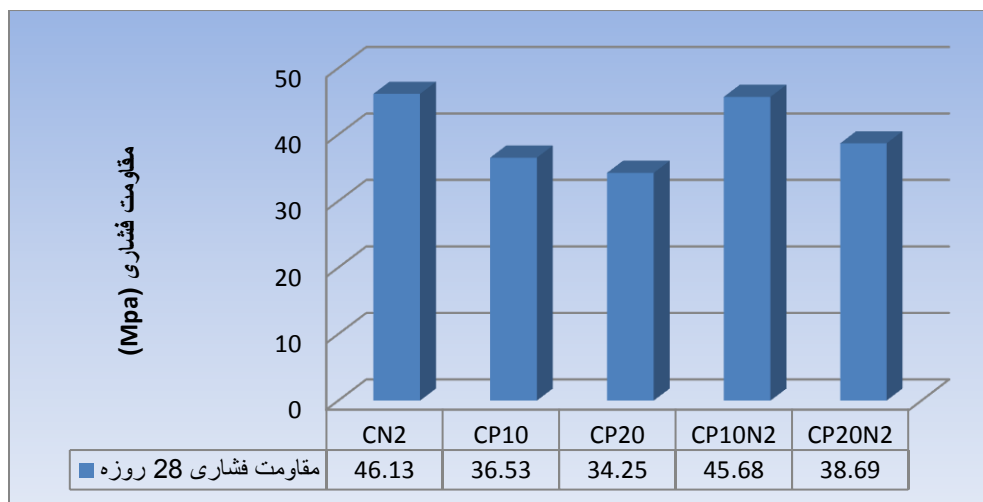
با توجه به شکل (۴)، ملاحظه می‌گردد که جایگزین نمودن ۲٪ وزنی سیمان با نانوسیلیس، منجر به افزایش قابل توجه مقاومت فشاری، نسبت به مقاومت فشاری نمونه شاهد شده است. همانطور که از شکل (۴) پیداست، در سن ۲۸ روزه، نمونه حاوی ۲٪ نانوسیلیس به میزان ۱۵/۴۴ درصد، افزایش مقاومت نسبت به نمونه شاهد داشته‌اند. نانو ذرات استفاده شده در بتن از یک سو نقش پرکنندگی حفرات بسیار ریز در خمیر سیمان را دارند و از سوی دیگر می‌توانند تغییراتی در فرآیند هیدراتاسیون ایجاد نمایند که با توجه به خواص موادی چون نانو ذرات سیلیکا می‌توان به نتایج مطلوبی در زمینه فناوری بتن دست یافت (۷). افزودن نانوسیلیس

به مخلوط بتن باعث می‌شود تا سیلیس فعال (SiO_2) آن با محلول هیدروکسید کلسیم (Ca(OH)_2) آزاد ناشی از خمیر سیمان موجود در منافذ موئین ترکیب گردد و کریستال سیلیکات کلسیم نامحلول تولید نماید و در نهایت باعث تراکم ساختار خمیر سیمان و کاهش نفوذ پذیری و افزایش مقاومت بتن گردد. نانو سیلیس در بتن به عنوان پرکننده عمل کرده و منافذ ریز موجود در بتن را که می‌توانند به عنوان لوله‌های موئین عمل کنند را پر می‌کنند در نتیجه مقدار نفوذ یون‌های هیدروژن و سولفات کاهش می‌یابد (۸).



شکل (۴) مقایسه مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه‌های حاوی ۰٪ پوزولان با ۲٪ نانوسیلیس

در شکل (۵) نیز ملاحظه می‌شود که کاربرد نانوسیلیس راهی مناسب برای بهبود مقاومت فشاری نمونه‌های حاوی پوزولان طبیعی می‌باشد. با توجه به نتایج ارائه شده در شکل (۵)، ملاحظه می‌گردد که مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه حاوی ۱۰٪ پوزولان چکنه و ۲٪ نانوسیلیس (CN_2P_{10}) نسبت به نمونه شاهد ۱۴٫۳۱٪ افزایش داشته است. اما مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه حاوی ۲۰٪ پوزولان چکنه با ۲٪ نانوسیلیس (CN_2P_{20}) نسبت به نمونه شاهد ۳٫۱۷٪ کاهش داشته است. واضح است که با افزایش میزان مصرف پوزولان چکنه، از تاثیر نانوسیلیس در ارتقای مقاومت فشاری نمونه‌ها کاسته می‌شود. همچنین در سن ۲۸ روزه، نمونه CN_2P_{10} به میزان ۰٫۹۷ درصد کاهش مقاومت و نمونه CN_2P_{20} به میزان ۱۶٫۱۳ درصد کاهش مقاومت، نسبت به نمونه حاوی ۲٪ نانوسیلیس (CN_2) داشته‌اند.



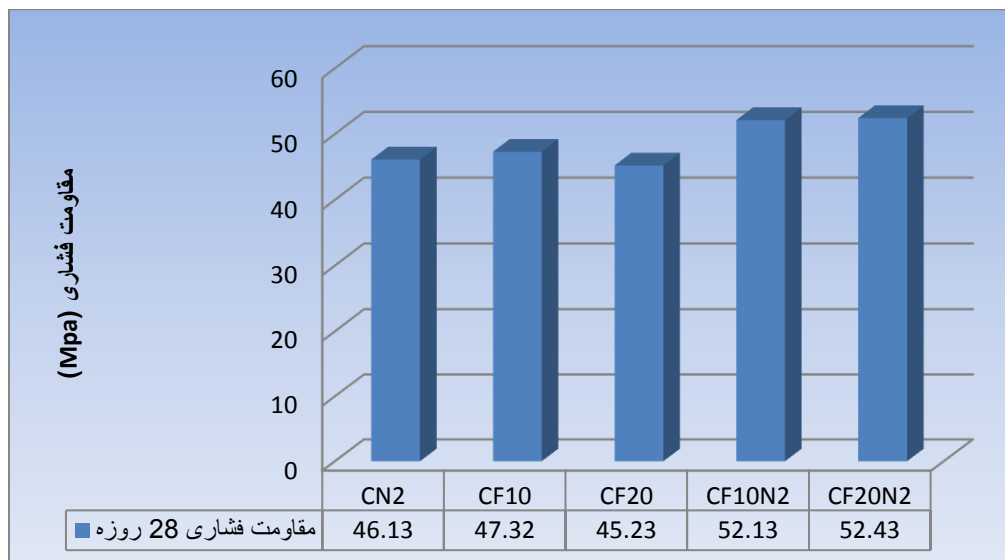
شکل (۵) مقایسه مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه‌های حاوی پوزولان با نانوسیلیس

همانگونه که در شکل (۶) ملاحظه می‌شود، نانوسیلیس و میکروسیلیس نقش مهمی در افزایش مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن ایفا کرده‌اند. با توجه به این که سطح مخصوص نانو سیلیس نسبت به میکروسیلیس بیشتر است بنابراین با درصد کمتری نانوسیلیس می‌توان، همان نتیجه‌ای را گرفت که با درصدهای بالای میکروسیلیس می‌گیریم.

بررسی نتایج ارائه شده در شکل (۶) نشان می‌دهد که استفاده از میکروسیلیس به همراه نانوسیلیس نیز می‌تواند منجر به ارتقای قابل توجه مقاومت فشاری بتن نسبت به نمونه شاهد گردد. درصد افزایش مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه‌های CN_2F_{10} و CN_2F_{20} نسبت به نمونه شاهد، به ترتیب برابر با ۳۰٫۴۵٪ و ۳۱٫۲٪ می‌باشد.

همچنین با توجه به شکل (۶) افزودن ۱۰٪ و ۲۰٪ میکروسیلیس می‌تواند منجر به ارتقای قابل توجه مقاومت فشاری نمونه حاوی ۲٪ نانوسیلیس گردد. بطوریکه درصد افزایش مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه‌های CN_2F_{10} و CN_2F_{20} نسبت به نمونه CN_2 ، به ترتیب برابر با ۱۳٪ و ۱۳٫۶۵٪ می‌باشد. نکته قابل توجه این است که نمونه CN_2F_{10} نسبت به نمونه CN_2 حدود ۱۳٪ افزایش مقاومت داشته و نمونه CN_2F_{20} نسبت به نمونه CN_2 تنها ۰٫۶۵٪ بیشتر از نمونه CN_2F_{10} افزایش داشته است. در صورتی که در دو مرحله میزان میکروسیلیس افزوده شده یکسان می‌باشد. در ارتباط با علت این روند میتوان چنین بیان کرد که با افزایش دوده سیلیس از یک مقدار مشخص، مخلوط حفره‌ها و فضاهای خالی بین سنگدانه‌ها پر می‌شود و مقدار دوده سیلیس، اضافه بر حجم فضاهای مذکور در بین سنگدانه‌ها قرار گرفته و به صورت روان کننده عمل کرده و از تراکم کامل و نزدیک شدن دانه‌های سنگی به یکدیگر ممانعت می‌کند که عدم تراکم کافی نمونه‌ها در این حالت سبب کاهش وزن مخصوص و به تبع آن کم شدن مقاومت فشاری می‌شود (۸).

افزودن حدود ۲۰٪ میکروسیلیس به نمونه شاهد باعث کاهش شدید هیدروکسید کلسیم می‌شود حتی در برخی منابع بیان شده است که در این درصد از میکروسیلیس تمام هیدروکسید کلسیم موجود مصرف می‌شود. از طرف دیگر با افزایش میکروسیلیس از مقدار سیمان مصرفی کاسته شده، که باعث کاهش هیدروکسید کلسیم می‌شود که دلیل دیگری بر افزایش میکروسیلیس ختشی در بتن می‌شود (۸).



شکل (۶) مقایسه مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه‌های حاوی میکروسیلیس با نانوسیلیس

نتیجه گیری

- از پودر پوزولان چکنه می‌توان برای جایگزینی بخشی از سیمان مصرفی در بتن استفاده نمود زیرا هم از تولید هزینه سیمان می‌کاهد و هم از آلودگی هوا ناشی از دی اکسید تولید شده در کارخانه سیمان کم می‌کند.
- با افزایش میزان جایگزینی پودر پوزولان چکنه به جای بخشی از سیمان مصرفی شاهد افت مقاومت فشاری می‌باشیم. نتایج آزمایشات نشان می‌دهد که در یک دوره ۲۸ روزه فعالیت پوزولان چکنه چندان زیاد نمی‌باشد و نمی‌تواند افت مقاومت فشاری ناشی از کاهش سیمان مصرفی را جبران نماید.
- استفاده از میکروسیلیس و نانوسیلیس می‌تواند منجر به ارتقای قابل توجه مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن گردد.
- با توجه به فعالیت زیاد پوزولانی نانوسیلیس و میکروسیلیس، همچنین افزایش مقاومتی آنها می‌تواند از آنها در بتن‌های حاوی پوزولان چکنه برای جبران کاهش مقاومت ناشی از پودر پوزولان چکنه استفاده نمود.

قدردانی

با سپاس فراوان از مدیریت شرکت بنیان بتن مشهد، بویژه مسئولین محترم آزمایشگاه بتن زیرا بدون همیاری آنان، انجام این پژوهش میسر نبود.

مراجع

۱. فامیلی، ه.، چهارمین کنفرانس سدسازی، تهران، ۱۱ دی ۱۳۷۹، تولید سیمان و بتن از دیدگاه حفظ منابع طبیعی و محیط زیست.
۲. ذوالفقار آهني، سهرابي، م.، اکبري، غ.، ۱۳۸۷، بررسی خواص مکانیکی بتن حاوی پوزولان سربیشه، دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، گروه مهندسی عمران، رشته مهندسی عمران.
۳. رضانیانپور، ع.، طریقت، ا.، چهارمین کنفرانس سدسازی، تهران، ۱۱ دی ۱۳۷۹، پوزولانها و نقش آنها در بتن سدها.
4. ASTM C 618., Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use a mineral admixture in concrete, American Society for Testing and Materials, Vol. 04.02, 2003.
۵. مظلوم، م.، پاییز ۱۳۸۵، ویژگی‌های مکانیکی کوتاه مدت در بتن‌های با مقاومت زیاد دارای میکروسیلیس، فصلنامه فناوری و آموزش، شماره ۱، سال اول، صفحه ۱۷-۱۲.
۶. کربلایی، م.، سهرابی، م.، اولین کنفرانس ملی مهندسی و مدیریت زیرساختها، تهران، آبان ۱۳۸۸، بررسی و مقایسه خواص مکانیکی بتن حاوی میکروسیلیس، بتن حاوی نانوسیلیس و بتن حاوی مخلوط میکروسیلیس و نانوسیلیس.
۷. رضانیانپور، ع.، فیروزمکان، ش.، عبادی، ت.، بهرامی، ح.، اردیبهشت ۱۳۹۰، تأثیر نانوسیلیس بر خصوصیات مکانیکی و دوام بتن، ششمین کنگره ملی مهندسی عمران، سمنان.
۸. رستمی، م.، ۱۳۹۰، بررسی ویژگیهای مکانیکی بتن حاوی پوزولان بش آقاج در محیط های فاضلاب شهری، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران(سازه)، دانشگاه سیستان و بلوچستان.

Evaluation and comparing mechanical properties of concrete including chakoneh natural pozzolan, microsilic, nanosilic and their combination

- 1- Iman Soleimani Moghadam, Student of M.S. Zahedan Azad university
 - 2- Mohammad Reza Sohrabi, Proff of sistan and baloochestan university
 - 3- Mohammad Hasan Barazandeh, Student of M.S, Zahedan Azad university.
- 1- Tel No. 09153176680 Email: Imia65@yahoo.com

Abstract

Increasing growth of construction industries beside to other industries and requiring high durability and quality concert lead to more research about high quality concrete by concrete technology research and engineers. The other important issue to cement and concrete industry is portalad cement production with various problems but have no enaigh durability. At the other hand Portland cement production lead to damage to natural resources as lime stone and fossil fuels and to any ton produced cement, 1 ton CO_2 would be produced that is pollution to environment. Today using natural and artificial pozzolan as replacement to consumable cement and to promote concrete technical specification is important step to stable development. Now, using silica fume and nano silica to prepare concrete lead to improve coment properties due to resistance at the other hand, using natural pozzolan in concrete is emphasized due to low cost, high frequency and decrease of environment pollution during recent years. Applying additives can increase related properties and would be cost effective.

In this research with regard to 28 days compressive resistance parameter, the role of chakaneh natural pozzolan, silica fume, nono silica and their combination in concrete is evaluated. In this research, chakaneh natural pozzolan powder is applied with rations of 0,5 , 10 , 20% of cement weight beside to silica fume with 10 and 20% of cement weight and nano silica with 20% of cement weight and combination of above said percentages. In first stage, the effect of port and cement 01 28 days. Compressive resistance. In the next stage, replacement of combined percentages by consumable Qment is evaluated and compressive resistance is determined and compared to first stage findings show that adding chakaneh natural pozzolan powder, 28 days compressive resistance of concrete samples would be decreased but adding silica fume and nano silica, 28 day compressive resistance concrete samples would be increased. Also using natural and artificial pozzolan can improve compressive resistance decrease due to using natural pozzolan.

Key word: chakaneh pozzolan , silica fume, nano silica, concrete, compressive resistance