شماره مجوز مجله: ۸۰۴۰۰ زمان پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۲/۳۰

بررسی آزمایشگاهی تاثیر خاکستر برگ نخل نارگیل بر مقاومت فشاری و بتن سخت شده

وجیهه خلیلی[۱]. مهدی یوسفی[۲]

۱-کارشناسی ارشد عمران سازه - دانشگاه بین المللی چابهار

۲-دکترای سازه- استادیار دانشگاه دریانوردی چابهار

چکیده

دراین مقاله به بررسی جایگزینی درصدهای مختلف خاکستر برگ نارگیل در بتن در کنار الیاف پلی‌پروپیلن، فوق‌روان کننده و ژل میکروسیلیس پرداخته شده است. برای این منظور از خاکستر برگ نارگیل در تولید بتن سبز با جایگزین مصالح طبیعی، ارزان‌قیمت و قابل دسترسی برای سیمان استفاده کرده‌ایم. اینکه با چه درصد از جایگزین‌ها می‌توان به بیشترین افزایش مقاومت فشاری دست یافت مورد بررسی قرار گرفته است. درتمام مراحل کار تاثیر حضور خاکستر و الیاف در روند تدریجی افزایش مقاومت در نمونه‌ها با گذر زمان مورد ارزیابی قرار گرفته است.

کلید واژگان: مقاومت فشاری، خاکستر برگ نارگیل، دوام، ژل میکرو سیلیس

۱- مقدمه

از زمان پیدایش سیمان به‌عنوان مهم‌ترین جزء تشکیل‌دهنده بتن، بشر همواره به دنبال جایگزین‌های مناسبی برای این گونه مصالح در جهت کاهش آلودگی هوا ناشی از حجم بالای تولید این محصول بوده است. استفاده مجدد از مواد زائد کشاورزی در بتن می‌تواند منجر به کاهش وابستگی به مواد متعارف ساخت بتن و همچنین به حداقل رساندن تأثیرات منفی بر محیط‌زیست گردد (مو[۱] و همکاران در سال۲۰۰۱). مقررات سختگیرانه محیط زیست توسط مقامات جهانی وضع شده است. از این رو برای مقابله ازتهدید گرم شدن کره زمین، تغییرات آب و هوایی و کاهش لایه ازن به دلیل انتشار بالای گازهای گلخانه‌ای و انرژی بیش از حد درگیر در فرآیند تولید سیمان هشدارها محیط زیست کارخانه‌های تولیدکننده سیمان را نیز مشمول می‌گردد (مو همکاران در

[1] . K.H. Mo

سال۲۰۰۱ وبلاسزکزین[1] و کرول در سال ۲۰۱۵). در سطح جهان، کارخانجات سیمان حدود ۵/۵٪(هانلی درسال۲۰۰۴[2]). تا ۵(کلی وکولز درسال۲۰۰۴[3])را تشکیل می دهند.که از این میزان دی اکسید کربن (CO2) با شدت ۲۲۲ کیلوگرم در تن از تولید سیمان آزاد می‌شود(ورل وهمکاران در سال ۲۰۰۱)[4] .۳تخمین زده می‌شود که صنایع تولید سیمان تا۱/۵ میلیارد تن CO2 در سال به جو وارد کنند(مهتا[5] در سال۱۹۹۱) . چه بسا از سال ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۵ نرخ افزایشی تقریباً ۶٪ تولید دی‌اکسیدکربن داشته است (دیویداویتس[6] درسال ۱۹۹۴). از خاکستر نخل خرما با جایگزینی۱۰،۲۰ و۳۰ درصد در کنار سیمان تیپ I در بتن و ملات دریافتند که ۱۰٪ جایگزین خاکستر بطور قابل توجهی خواص مکانیکی ودوام را افزایش می‌دهد(کوتی[7] وهمکاران درسال ۲۰۱۷). مطالعه برای کاهش مصرف سیمان و حل مشکل گازهای گلخانه‌ای حاصل از سیمان پرتلند معمولی(OPC)، از ضایعات طبیعی به‌عنوان جایگزین استفاده کرده است. مواد سیمانی (SCM) شامل پسماندهای جامد کشاورزی یا صنعتی می‌باشد که جهت تولید چسب جایگزین معروف به بتن ژئوپلیمر استفاده‌شده است. که در این تحقیق از یک یا چند SCM خاص با استفاده از خاکستر خرما (خام و غیرفعال) [8]و فعال‌کننده‌های قلیایی در کنار خاکستر خرما (قلیایی فعال) [9]جهت شناسایی، با این تصور که خاکستر خرما این ماده جایگزین احتمالی برای این تحقیق می‌باشد پرداخته‌شده است. وجود محتوای سدیم و کلسیم بالا و نسبت SiO2 به Al2O3 در خاکستر باعث تقویت مقاومت و خصوصیات ریزساختاری شده است. جایگزین FA در OPC می‌تواند حدود ۲۵٪ از انتشار گاز CO2 ناشی از کارخانه‌های تولید سیمان را کاهش دهد. درحالی‌که علاوه بر این ۱۰٪ DPAدر چنین ترکیبات سیمان می‌تواند سود جهانی را به حداقل برساند. خاکستر بادی (FA) و سرباره کوره آهن‌گدازی را در کنار DPA با ترکیب حداکثر ۷۰٪ کلینکر را می‌توان به عنوان جایگزین استفاده کرد. استفاده بالقوه DPA در مواد مبتنی بر سیمان باعث می‌شود مسئله دفن زباله جامد را به حداقل رسانید(کوتی و همکاران در سال۲۰۱۸). خصوصیات مکانیکی بتن ساخته شده با خاکستر برگ نخل خرما، به ترتیب با ۵ ،۱۰ و ۱۵ درصد وزن سیمان را در یک طرح اختلاط واحد بررسی کردند. نمونه‌های حاوی ۵ درصد خاکستر برگ نخل دارای بهترین عملکرد نسبت به نمونه‌ی شاهد می‌باشند، به طوری‌که مقاومت فشاری تا ۳۵ درصد و مقاومت کششی تا ۴۳ درصد نسبت به نمونه شاهد افزایش یافته است. با افزایش درصد خاکستر بیش از ۵ درصد، مقاومت فشاری و کششی بتن به دلیل افزایش مصرف آب کاهش می‌یابد(هاتف سیف الهی و همکاران در سال ۲۰۱۹). بررسی عملکرد مکانیکی، دوام و ریزساختار خاکستر خرما بر روی نمونه‌های بتنی ۱۰٪،۲۰٪،۳۰٪ جایگزین خاکستر جهت اندازه‌گیری مقاومت فشاری تا ۳۶۰ روز و آزمایش جذب آب و تست نفوذپذیری سریع کلراید پس از ۲۸ روز پرداخته شده است . جایگزینی ۱۰٪ خاکستر باعث افزایش مقاومت فشاری شده است. نفوذ یون‌های کلرید با۱۰٪ جایگزین در مقایسه با طرح اختلاط‌های دیگر بهبود یافته است. جایگزین انتخابی منجر به کمترین میزان جذب آب شد.این امر باعث کاهش نفوذپذیری مواد مضر به بتن می‌شود(کوتی و همکاران در سال2019).هدف اصلی این مقاله بررسی جایگزین مناسبی در راستای تولید بتن سبز حاصل از جایگزینی خاکستر برگ نخل نارگیل به جای سیمان

---

[1]. T. Błaszczyn´ski
[2]. L.J.Hanle
[3]. H. Klee, E. Coles
[4]. E. Worrell
[5]. P.K. Mehta
[6]. J. Davidovits
[7]. kutti

در درصدهای مختلف، جهت بهبود مقاومت فشاری بتن می باشد. حضور الیاف پروپیلن در کنار خاکستر برگ نارگیل و ژل میکروسیلیس باعث اثرات متفاوتی بر روی بتن تولید شده با خاکستر برگ نارگیل شده است.

۲- برنامه آزمایشگاهی

هدف از ساخت نمونه‌ها، بررسی مقاومت فشاری در طرح اختلاط‌های مختلف با درصدهای مختلف خاکستر برگ نارگیل، وجود یا عدم وجود ۰.۲٪ الیاف pp، وجود ۱٪ فوق روان کننده، برای این منظور نمونه‌ها مطابق (جدول ۱)ذیل تهیه‌شده است.

ردیف	نام نمونه های مقاومت فشاری	تعداد	ابعاد نمونه های مکعبی	نوع بتن مصرفی
۱	NC	۳	۱۵×۱۵×۱۵	بتن معمولی
۲	NCP	۳	۱۵×۱۵×۱۵	بتن با فوق روان کننده
۳	NCFP	۳	۱۵×۱۵×۱۵	بتن با فوق روان کننده ودرصد الیاف پروپیلن
۴	FPC1/5	۳	۱۵×۱۵×۱۵	بتن با فوق روان کننده ودو درصد الیاف پروپیلن و۱/۵ درصد خاکستر
۵	FPC2	۳	۱۵×۱۵×۱۵	بتن با فوق روان کننده ودودرصد الیاف پروپیلن با ۲ درصد خاکستر
۶	FPC2/5	۳	۱۵×۱۵×۱۵	بتن با فوق روان کننده ودودرصدالیاف پروپیلن با ۲/۵درصد خاکستر
۷	FPC5	۳	۱۵×۱۵×۱۵	بتن با فوق روان کننده ودردرصد الیاف پروپیلن با ۵ درصد خاکستر
۸	FPC10	۳	۱۵×۱۵×۱۵	بتن با فوق روان کننده ودودرصد الیاف پروپیلن با ۱۰ درصد خاکستر
۹	FPC15	۳	۱۵×۱۵×۱۵	بتن با فوق روان کننده ودودرصد الیاف پروپیلن با ۱۵ درصد خاکستر

جدول ۱. تعداد نمونه‌های ساخته‌شده در سن ۶۰ و۱۸۰روز

از ۹ طرح، یک طرح اختلاط بتن معمولی، یک طرح بتن معمولی با فوق روان کننده و ۷ طرح اختلاط فوق روان کننده با الیاف پلی‌پروپیلن و خاکستر افزوده‌شده است که در سن ۶۰ روزه توسط دستگاه مقاومت فشاری مورد ارزیابی قرار گرفتند.نمونه‌های دوام بعد از سن ۶۰ روز به دریا منتقل شد. از ۹ طرح، یک طرح اختلاط بتن معمولی، یک طرح بتن معمولی با فوق روان کننده و ۷ طرح اختلاط شامل فوق روان کننده، الیاف پلی‌پروپیلن و درصدهای مختلف خاکستر الیاف برگ نارگیل در نظر گرفته‌شده است. نمونه‌ها در سن ۱۸۰ روزه توسط دستگاه مقاومت فشاری مورد ارزیابی قرار گرفت.پس از نتایج برنامه آزمایشگاهی جدول۱ به بررسی نمونه‌های با ژل میکرو سیلیس بر مقاومت فشاری مطابق جدول۲پرداختیم.

جدول ۲. تعداد نمونه‌های ساخته‌شده با ژل میکرو سیلیس در سن ۷ و۶۰روز

ردیف	نام نمونه های مقاومت فشاری	تعداد	ابعاد نمونه های مکعبی	نوع بتن مصرفی
۱۰	NCMP	۳	۱۵×۱۵×۱۵	بتن با ژل میکروسیلیس وفوق روان کننده
۱۱	FPMC10	۳	۱۵×۱۵×۱۵	بتن با ژل میکروسیلیس ،فوق روان کننده ،دودرصدالیاف پروپیلن و۱۰درصد الیاف خاکستر
۱۲	FPMC15	۳	۱۵×۱۵×۱۵	بتن با ژل میکروسیلیس ،فوق روان کننده ،دودرصدالیاف پروپیلن و۱۵درصد الیاف خاکستر
۱۳	FPMC20	۳	۱۵×۱۵×۱۵	بتن با ژل میکروسیلیس ،فوق روان کننده ،دودرصدالیاف پروپیلن و۲۰درصد الیاف خاکستر

روش تهیه مصالح(خاکستر برگ نارگیل)

با توجه به اینکه کوره در دسترس نبوده است برگ خشک شده نخل نارگیل که از باغ‌های حومه شهرچابهار، پس از چیدن از روی درخت و پاک کردن برگ‌ها از گردوغبار جهت سوزاندن استفاده شده است و برگ‌ها به مدت ۷ ساعت با شعله مشعل سوزانده شده‌اند؛ و سپس با حرارت ناشی از آتش تا تبدیل شدن به خاکستر سوزانده ادامه داشته است. بعد از سرد شدن جهت جدا کردن خاکستر از زغال تولیدشده، خاکسترها از الک ۵۰ اینچ رد شده، وزن آن اندازه‌گیری و سپس در ظرف دربسته نگه‌داری شد.

الف

ب

ج

د

شکل1 .نحوه تهیه خاکستر نخل نارگیل به عنوان جایگزین سیمان

مواد مصرفی

سیمان استفاده شده در این مطالعه از نوع پرتلند تیپ۲ و پوزولانی خاش استفاده شده است. خاکستر برگ نخل نارگیل تولید شده جهت آنالیز شیمیایی به آزمایشگاه تحویل داده شده است و نتایج طبق جدول۳ حاصل گردید. الیاف مورداستفاده ، الیاف پلی-پروپیلن با طول ۱۲ میلی‌متر بوده که از شرکت شیمی ساختمان تهیه شده است. الیاف پلی‌پروپیلن با ۲درصد در طرح اختلاط مصرف شد. جهت ساخت نمونه‌های آزمایشی در این مطالعه، از آب شرب شهرستان چابهار و فوق‌روان کننده برپایه پلی-کربوکسیلات[1] استفاده شده است.

جدول ۳. ساختار شیمیایی الیاف خاکستر نارگیل

sample	Sio2	Al2o3	Fe2o3	Cao	Na2o	K2o	Mgo	Tio2	Mno	P2o5	L.o.i	So3
	٪	٪	٪	٪	٪	٪	٪	٪	٪	٪	٪	٪
Coconut Ash	۴۳/۶۲	۳/۵۲	۲/۱۵	۱۳/۸۷	۴/۱۵	۴/۲۷	۴/۷۶	۰/۲۵	0/۱۲	۱/۴۶	۱۷/۷۳	۰/۲۴

تهیه وساخت نمونه‌های آزمایشگاهی

طرح اختلاط مورداستفاده در این تحقیق جهت دستیابی به بتن الیافی به شرح (جدول۳و۴) می‌باشد. قبل از بتن‌ریزی قالب‌ها به‌طور مناسب تمیز شده و سطح آن به منظور جلوگیری از چسبیدن بتن به قالب به روغن آغشته گردید. سپس قالب‌ها برای هر یک از طرح‌های اختلاط بتن‌ریزی شدند. ابتدا شن و ماسه را داخل مخلوط‌کن ریخته، خاکستر نارگیل و سیمان را با یکدیگر مخلوط نموده و داخل خلاطه ریخته تا واکنش سیمان شروع شود. در زمان چرخش مخلوط‌کن دوسوم آب اضافه می‌شود و خلاطه به مدت ۳ دقیقه چرخش خواهد کرد. پس از آن یک‌سوم آب باقیمانده را اضافه نموده و خلاطه ۲ دقیقه دیگر خواهد چرخید. درنهایت الیاف پلی‌پروپیلن را اضافه می‌کنیم. فوق‌روان کننده قبل از مخلوط کردن به آب اضافه شده است و به مدت پنج دقیقه جهت واکنش با آب هم زده می‌شود. برای فشردگی قالب‌ها از میز ویبره استفاده شده است. پس از ۲۴ ساعت، نمونه از داخل قالب خارج می‌شوند وداخل مخزن آب شیرین قرار گرفتند. ابعاد قالب‌ها فشاری ۱۵×۱۵×۱۵سانت متر مکعب می‌باشد.(جداول۳و۴)

[1] . Poly Carboxylate

جدول ۴. وزن‌های مصالح تشکیل دهنده یک نمونه آزمایشگاهی با ترکیب خاکستر والیاف پلی‌پروپیلن

ردیف	نام طرح اختلاط	نوع آزمایش	وزن سیمان	شن بادامی ونخودی	ماسه	آب(کیلوگرم)	وزن خاکستربرگ (کیلوگرم)	وزن الیاف پلی پروپیلن(کیلو گرم)	وزن میکروسیلیس در نمونه
۱۰	NCMP	مقاومت فشاری	۱/۳	۳/۶۷	۰/۳۸	۰/۳۸	–	–	۰/۰۸
۱۱	FPMC10	مقاومت فشاری	۱/۱	۳/۶۷	۱/۹۵	۰/۳۴	۰/۱۲۸	۰/۰۶	۰/۰۸
۱۲	FPMC15	مقاومت فشاری	۱/۱	۳/۶۷	۱/۹۵	۰/۳۲	۰/۱۶۲	۰/۰۶	۰/۰۸
۱۳	FPMC20	مقاومت فشاری	۱	۳/۶۷	۱/۹۵	۰/۳۱	۰/۲۰۳	۰/۰۶	۰/۰۸

جدول ۵. وزن‌های مصالح تشکیل دهنده یک نمونه آزمایشگاهی با ترکیب خاکستر والیاف پلی پروپیلن وژل میکروسیلیس

ردیف	نام طرح اختلاط	حجم نمونه مصالح(متر مکعب	نسبت آب به موادسیمانی	وزن سیمان	شن بادامی ونخودی	ماسه	آب(کیلوگرم)	درصدخاکستربرگ نخل نارگیل	وزن خاکستربرگ نخل نارگیل(کیلوگرم)	الیاف پلی پروپیلن	وزن الیاف پلی پروپیلن(کیلوگرم)
۱	NC	۰/۰۰۳	۰/۷	۱/۳	۳/۳۷	۲/۲۵	۰/۸۷	–	–	–	–
۲	NCP	۰/۰۰۳	۰/۴	۱/۳	۳/۳۷	۲/۲۵	۰/۶۷	–	–	–	–
۳	NCFP	۰/۰۰۳	۰/۴	۱/۳	۳/۳۷	۲/۲۵	۰/۶۷	–	–	۲	۰/۰۶۰۷۵
۴	FPC1/5	۰/۰۰۳	۰/۴	۱/۲	۳/۳۷	۲/۲۵	۰/۶۷	٪۱/۵	۰/۰۳۵۴۴	۲	۰/۰۶۰۷۵
۵	FPC2	۰/۰۰۳	۰/۴	۱/۲	۳/۳۷	۲/۲۵	۰/۶۷	٪۲	۰/۰۴۷۲۵	۲	۰/۰۶۰۷۵
۶	FPC2/5	۰/۰۰۳	۰/۴	۱/۲	۳/۳۷	۲/۲۵	۰/۶۷	٪۲/۵	۰/۰۵۹۰۶	۲	۰/۰۶۰۷۵
۷	FPC5	۰/۰۰۳	۰/۴	۱/۲	۳/۳۷	۲/۲۵	۰/۶۷	٪۵	۰/۱۱۸۱	۲	۰/۰۶۰۷۵
۸	FPC10	۰/۰۰۳	۰/۴	۱	۳/۳۷	۲/۲۵	۰/۶۷	٪۱۰	۰/۲۳۶۲	۲	۰/۰۶۰۷۵
۹	FPC15	۰/۰۰۳	۰/۴	۰/۹	۳/۳۷	۲/۲۵	۰/۶۷	٪۱۵	۰/۳۵۴۴	۲	۰/۰۶۰۷۵

۳- آزمایشهای انجام شده بر روی بتن سخت شده

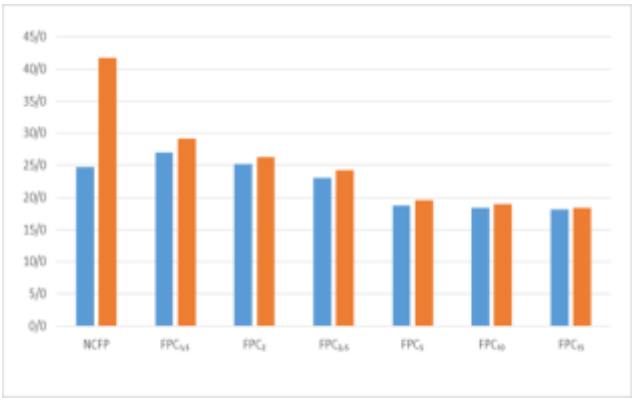
بررسی تاثیر حضور جایگزین جدید انتخابی بر روی مقاومت فشاری بتن، در مرحله اولیه به بررسی مقاومت فشاری بر روی نمونه-های مکعبی(۱۵×۱۵×۱۵)، در سن ۶۰ و ۱۸۰ روزه می‌پردازیم. در این مطالعه دوام بتن در شرایط محیطی جزرومد خلیج چابهار مورد مطالعه قرارگرفته شده است. (جدول۷و شکل۲)

۶. نتایج حاصل از مقاومت فشاری طرح اختلاط جدول۱ در سنین۶۰و۱۸۰

مقاومت فشاری طرح های	
شماره طرح	مقاومت فشاری(mp) سن۱۸۰ روزه
NCFP	۴۱/۷۸
$FPC_{1,5}$	۲۹/۱۱
FPC_2	۲۶/۲۷
$FPC_{2,5}$	۲۴/۲
FPC_5	۱۹/۵۳
FPC_{10}	۱۹/۰۱
FPC_{15}	۱۸/۳

جدول روز

مقاومت فشاری طرح های	
شماره طرح	مقاومت فشاری(mp) سن۶۰ روزه
NCFP	۲۴/۷
$FPC_{1,5}$	۲۷
FPC_2	۲۵/۲۳
$FPC_{2,5}$	۲۳
FPC_5	۱۸/۶۸
FPC_{10}	۱۸/۳۸
FPC_{15}	۱۸/۰۸



شکل ۲. نمودار مقایسه‌ای نتایج۶۰ و۱۸۰ روز نمونه های مقاومت فشاری

شکل ۳. تصویر نمونه در شرایط جزر ومدی دریا

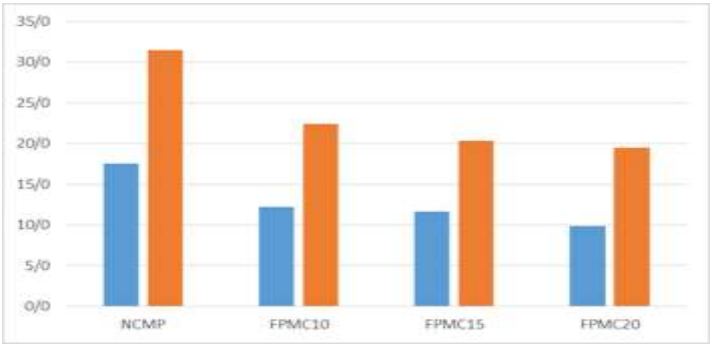
طرح اختلاط شاهد، شامل الیاف pp به‌علاوهٔ فوق روان کننده، نسبت به نمونه‌های ۱/۵، ۲، ۲/۵، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد خاکستر مورد بررسی قرارگرفته است. در نتایج مقاومت فشاری تا ۱۸۰ روز درآب دریا(شکل۳) به نتایج قابل‌توجهی دست‌یافتیم. در تمام نمونه‌ها، در شرایط جزر و مدی افزایش مقاومت فشاری را شاهد بوده‌ایم و نتایج متفاوتی نسبت به سن ۶۰ روزگی از خود نشان دادند. در این سن نمونهٔ شاهد بیشترین مقاومت را از خود نشان داده است و پس از آن نمونه‌های ۱/۵ و ۲ درصد خاکستر الیاف برگ نارگیل بیشترین مقاومت‌ها را دارا می‌باشند.

بررسی تاثیرژل میکروسیلیس بر افزایش مقاومت فشاری بتن با حضور جایگزین جدید انتخابی

باتوجه به اینکه واکنش‌پذیری با طرح اختلاط ترکیب خاکستر به‌اضافهٔ فوق‌روان کننده باعث مقاومت خوب بتن در مقادیر بالای خاکستر نشده است، پس تصمیم براین شد تا با تغییر طرح اختلاط مطابق جدول۶ یک طرح بهینه جهت واکنش‌پذیری بهتر بتن با درصد خاکستر ۱۰، ۱۵ و۲۰ در نظر گرفته شود. نتایج مطابق جدول ۸ حاصل گردید. نمونه اولیه شامل فوق‌روان کننده به علاوهٔ ژل‌میکروسیلیس بود و در طرح دوم تا چهارم الیاف پلی‌پروپیلن و خاکستر نیز اضافه شده است.

جدول ۷. نتایج حاصل از مقاومت فشاری طرح اختلاط جدول۲ در سنین ۷ و۶۰ روزجدول

مقاومت فشاری طرح های		
شماره طرح	مقاومت فشاری(mp)	
	۷روزه	۶۰روزه
NCMP	۱۷/۵	۳۱/۴
FPMC10	۱۲/۲	۲۲/۴
FPMC15	۱۱/۶	۲۰/۴
FPMC20	۹/۸	۱۹/۵



شکل ۴. مقایسه نتایج مقاومت فشاری در سنین۷ و۶۰ روز

هدف از استفاده از ژل میکرو سیلیس افزایش واکنش‌پذیری سیلیس موجود در خاکستر الیاف برگ نخل نارگیل می‌باشد. با بررسی نتایج مقاومت فشاری، نمونه‌های دارای خاکستر ثابت ۱۰ درصد و نمونه دارای ژل میکروسیلیس توانسته باعث افزایش مقاومت فشاری گردد و این موضوع در بقیه نمونه‌ها نیز مشاهده می‌گردد (جدول۹).

جدول ۸. نتایج حاصل از مقایسه مقاومت فشاری با وجود وعدم وجود ژل میکروسیسلیس

مقاومت فشاری طرح های		مقایسه مقادیرنمونه با وجود وعدم ژل میکروسیلیس
شماره طرح	مقاومت فشاری(mp) ۶۰روزه	
NCP	۴۲/۰۶	۰
NCMP	۳۱/۴	-۲۵/۲۷
FPC10	۱۸/۳۸	۰
FPMC10	۲۲/۴	۲۱/۸۷
FPC15	۱۸/۰۸	۰
FPMC15	۲۰/۴	۱۲/۶۱

۴- نتیجه گیری

۱- ترکیب بتن با فوق روان کننده، الیاف پلی‌پروپیلن و خاکستر ۱/۵ و ۲ درصد نسبت به نمونه‌های دیگر که خاکستر بیشتری دارند، بیشترین مقاومت فشاری را دارا می‌باشد. نمونه‌ها با درصدهای افزایشی خاکستر باعث کاهش مقاومت فشاری بر روی نمونه‌ها شده است. مقاومت فشاری نمونه‌ها با جایگزینی خاکستر ۱/۵ و ۲ درصد نسبت به نمونه شاهد به ترتیب ۹/۴۶ ٪ و ۲/۲۸ ٪ افزایش مقاومت در سن ۶۰ روز را داشته است.

۲- مقاومت فشاری در سن ۱۸۰ روزگی بتن‌ها جهت افزایشی داشته است.

۳- در سن ۱۸۰ روزگی، بتن با الیاف پلی‌پروپیلن افزایش مقاومت بیشتر از ۱/۵ برابر را نسبت به سن ۶۰ روزگی دارد.

۴- نمونه‌های ساخته‌شده تا ۲ درصد خاکستر بهینه‌ترین حالت مقاومت فشاری در سن ۱۸۰ روز می‌باشد.

۵- یکی از مسائل اصلی در استفاده از الیاف پلی‌پروپیلن در محیط‌های قلیایی ماتریس‌های سیمانی، دوام و حفظ خواص آن‌ها در درازمدت است.

۶- نمونه‌های ساخته‌شده با فوق روان کننده + ژل میکرو سیلیس و درصدهای مختلف خاکستر، ما در ساخت این نمونه‌ها به دنبال طرحی جهت واکنش‌پذیری بیشتر جایگزین سیمان انتخابی خود بوده‌ایم که نتایج حاصل افزایش مقاومت را نسبت به نمونه‌های مشابه بدون ژل‌میکروسیلیس نشان می‌دهد.

مراجع

۱. سیف الهی ه ,.عباسلو ح ,.جهانشاهی م.ر .(2019) .*استفاده از ضایعات درخت نخل خرما در تولید بتن سبز*. ششمین کنفرانس ملی مهندسی عمران،معماری وتوسعه شهری پایدار .7

2. Worrell. E.,Price. L.,Martin. N.,Hendriks.C., L.O. Meida. (2001).*Carbon dioxide emissions from the global cement industry* , Annu. Rev. Energy Environ 26: 303-329.
3. Klee. H.,Coles. E.,(2004). *The cement sustainability initiative – implementing change across a global industry*, Corp. Soc. Responsib. Environ. Manage 11: 114-120.
4. Davidovits. J.,(1994).*Global warming impact on the cement and aggregates industries* , World Resour. Rev 6: 263-278.
5. Mo .K.H.,Alengaram .U.J., Jumaat .M.Z., Yap S.P., Lee .S.C.(2016). *Green concretepartially comprised of farming waste residues: a review*. Journal of Cleaner Production 117: 122-138.
6. Hanle .L.J.,(2004). In *CO2 Emissions Profile of The U.S. Cement Industry*.
7. Mehta.P.K.,(1991). *"Concrete in the marine environment*." In Modern Concrete Technology Series, CRC Press.
8. Błaszczyn ski .T., Król. M.,(2015). "*Usage of green concrete technology in civil engineering*." Proc. Eng 296-301.
9. Kutti a.W. A.,Islam A.B.M.S., Nasir M.,(2017). *Potential use of date palm ash in cementbased materials*. J. King Saud. Univ. Eng. Sci.
10. Kutti a W.A., Nasir M., Johari b , Saiful Islam A.B.M.,(2018). *An overview and experimental study on hybrid binders containing date*. journal homepage 159: 567-577.
11. Kutti a W.A., Saiful Islam A.B.M.,Nasir .M.,(2019). *Original article Potential use of date palm ash in cement-based materials*. Journal of King Saud University – Engineering Sciences 31: 26-31