

بررسی عملکرد مقاومت فشاری بتن حاوی خاکستر پوسته برنج و دوده سیلیس (E۱۹۰)

سید فرهاد نبی زاده^۱، شهریار اشکی بلگوری^۲

^۱ دانشجوی دکتری عمران، هیئت علمی دانشگاه آزاد چالوس

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد عمران-سازه، دانشگاه آزاد واحد چالوس

چکیده:

ساختن بتن با دوام و پایا از دیرباز چالش ذهنی و عملی مهندسين عمران بوده و هست. خوردگی فولاد در بتن یکی از عوامل بسیار موثر در کاهش دوام سازه‌های بتن مسلح می باشد. منابع هنگامت لازم برای تعمیر خرابی های ناشی از خوردگی فولاد در بتن، ضرورت بهبود بخشیدن به وضعیت دوام سازه های در دست ساخت و همچنین تضمین دوام سازه های موجود تازه تعمیر شده را چند برابر کرده است. یکی از قدمهای موثر در حل این مهم، استفاده از مواد پوزولانی به صورت طبیعی و مصنوعی حاوی سیلیس فعال در سیمان به عنوان جایگزین بخشی از سیمان پرتلند در ساخت بتن است. لذا بدین منظور در این تحقیق از دو نوع پوزولان خاکستر پوسته شلتوک برنج و دوده سیلیس در ساخت نمونه های بتنی استفاده شد. بتن های حاوی دو پوزولان فوق به همراه بتن کنترل معمولی مورد بررسی و تحقیق قرار گرفت. هدف از این تحقیق دست یابی به بتنی اقتصادی است که با استفاده از مصالح محلی (خاکستر پوسته برنج) ساخته شده است. با استفاده از طرح اختلاط، نمونه هایی با نسبت های متفاوتی از خاکستر پوسته برنج در بتن حاوی یا فاقد دوده سیلیسی ساخته شده و مورد آزمایش قرار گرفت. در نهایت کمیت های مختلف از جمله مقاومت فشاری، مقاومت کششی، مدول الاستیسیته و غیره ارزیابی و با یکدیگر مقایسه شد. نتایج ما نشان داد که مقاومت فشاری و کاهش تغییر طول بتن متعلق به مخلوط های حاوی ۱۵ درصد خاکستر پوسته برنج است و بالاترین مقاومت کششی در مخلوط حاوی ۱۰ درصد خاکستر پوسته برنج مشاهده شد. همچنین مدول الاستیسیته بتن در مخلوط حاوی ۱۰ درصد خاکستر به همراه ۱۰ درصد دوده، بالاترین مقدار را داراست و با افزایش درصد خاکستر پوسته برنج، کاهش درصد جذب آب و افزایش مقاومت خمشی در نمونه مشاهده می شود.

کلید واژه: بتن، پوزولان، خاکستر پوسته شلتوک برنج، دوده سیلیس

۱- مقدمه

مصالح ساختمانی گوناگونی از دیرباز توسط انسان مورد استفاده قرار گرفته است. در این میان شاید بتوان از چوب، سنگ، فولاد و بتن به عنوان پرمصرف ترین مصالح ساختمانی نام برد. بتن که در حقیقت یک نوع سنگ ساخته دست بشر است، از مقاومت فشاری بتن قابل قبول و مقاومت کششی بسیار پایین برخوردار است. از طرفی در بسیاری از قطعات سازه ای، کشش مستقیم و یا کشش ناشی از خمش ایجاد می شود. بنابراین بحث مقاومت در بتن با توجه به اهمیت آن در استحکام بنا بسیار حائز اهمیت است. یکی از قدم های موثر در حل این مهم، استفاده از مواد پوزولانی به صورت طبیعی و مصنوعی در سیمان است. استفاده از این مواد و جایگزین کردن درصد های مختلف آن نه تنها بهای تمام شده بتن را تقلیل می دهد بلکه دوام بتن را در محیط های مخرب افزون می سازد. استاندارد ASTM-C618 پوزولان را به این صورت تعریف می کند: ماده سیلیسی یا سیلیسی آلومیناتی که به خودی خود ارزش چسبندگی ندارد، اما به شکل ذرات بسیار ریز و در مجاورت رطوبت با درجات حرارت معمولی با هیدروکسید کلسیم واکنش شیمیایی نشان داده و ترکیباتی را به وجود می آورد که خاصیت سیمانی و چسبندگی دارد. بنابراین پوزولان یک ماده طبیعی یا مصنوعی است که حاوی سیلیس فعال است. کاربرد پوزولان ها در راستای همین اهداف به عنوان موادی با قابلیت جایگزینی درصدی از سیمان است. در این میان خاکستر پوسته برنج با داشتن میزان بالای سیلیس، مورد توجه محققان قرار گرفته است. محصول کشاورزی برنج همواره در بین بیشترین تولیدات کشاورزی قرار دارد. خاکستر پوسته برنج مقدار قابل توجهی SiO_2 دارد و وقتی به طور مطلوب سوزانده شود به عنوان ماده جایگزین سیمان قابل استفاده خواهد بود. عامل اصلی جلب توجه محققین صنعت سیمان به خاکستر پوسته برنج درصد بالای سیلیس این ماده است که اگر در کوره های استاندارد سوزانده شود حجم آن حدود ۸۰ درصد و گاهی حتی بیشتر از ۹۰ درصد است. دوده سیلیسی یا میکرو سیلیس، ذرات فوق العاده ریزی هستند که از فرآورده های جانبی صنایع فلز سیلیسی و آلیاژ های فروسیلیسی می باشند که عمدتاً از ذرات سیلیسی بی شکل تشکیل یافته اند.

۲- پیشینه تحقیق

۲-۱ خاکستر پوسته برنج

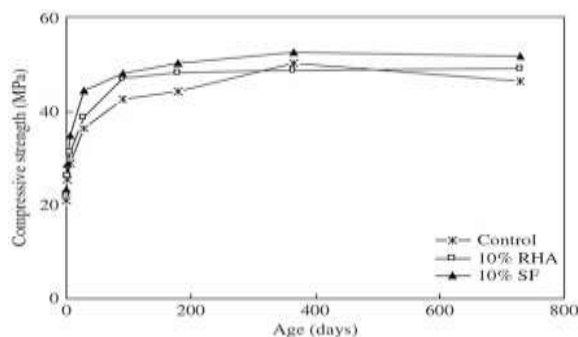
تعداد زیادی از خواص بتن با اضافه کردن مواد پوزولانی در جهت مساعدی تحت تاثیر قرار می گیرند بعضی از این تاثیرات ناشی از تاثیر فیزیکی ذرات پوزولان بوده و بعضی دیگر در اثر واکنش های شیمیایی پوزولانی به وجود می آید. بنابراین خاکستر پوسته برنج از خصوصیات پوزولانی مناسبی برخوردار است و در کسب مقاومت زیاد و بهبود دوام بتن نقش موثری دارد. هوانگ و وو [۶] اثر دمای سوزاندن بر ترکیبات شیمیایی پوسته برنج را مورد مطالعه قرار دادند. آن ها مشاهده کردند که در دمای ۴۰۰ درجه تجزیه پلی ساکاریدها آغاز می شود. در بالای ۷۰۰ درجه آب زدایی بخش قندی و تجزیه پلیمرها به مونومرها اتفاق می افتد. در ۷۰۰ درجه بخش قندی کاملاً تجزیه می شود و در بالای ۷۰۰ درجه محصولات غیر اشباع با یکدیگر واکنش داده و ضایعات کربنی بسیار فعال تشکیل می شود. ژوبرت و همکاران [۷] گزارش کردند که تمرکز سیلیکا روی سطح خارجی پوسته برنج خیلی زیاد است و مقدار آن روی سطح داخلی کمتر و در درون پوسته تقریباً وجود ندارد. ژانگ و همکاران [۱۱] تاثیر RHA را بر روی هیدراسیون مورد بررسی قرار دادند. با بررسی ریزساختار و ناحیه بین سنگدانه و خمیر سیمان مشاهده کردند: (۱) هیدروکسید کلسیم و سیلیکات کلسیم هیدراته عمده محصولات تولیدی در جریان هیدراسیون ملات RHA بودند. ملات شامل RHA هیدروکسید کلسیم کمتری نسبت به ملات سیمان پرتلند دارد. (۲) حضور RHA در بتن باعث کاهش تخلخل و کاهش هیدروکسید کلسیم و ناحیه مشترک سنگدانه و خمیر سیمان می شود. آگروال [۴] فعالیت پوزولانی سریع RHA را مورد بررسی قرار دادند. RHA که بازمانده پوسته برنجی بود که به عنوان سوخت در یک ماشین کاغذ سازی استفاده می شد جمع آوری شد. (با درصد سیلیس ۹۰/۵۲٪) فعالیت پوزولانی خاکستر با مقاومت نمونه های مکعبی ملات که به مدت ۷ و ۲۸ روز در آب عمل آوری شدند بررسی شد. مشاهده شد که: RHA به دست آمده از کارخانه ۱۶٪ فعالیت پوزولانی کمتری نسبت به ملات کنترلی داشت، مادامیکه مقدار عبوری از الک $150 \mu m$ و مانده روی الک $75 \mu m$ ، مقدار مانده روی الک $45 \mu m$ و مقدار عبوری از الک $45 \mu m$ به ترتیب ۳۵٪، ۴۸٪، ۱۰٪ فعالیت پوزولانی بیشتری نسبت به ملات کنترل از خود نشان دادند. ذرات RHA که ۱۰۰٪ از الک $29 \mu m$ عبور کردند حداکثر فعالیت

پوزولانی سریع را از خود نشان دادند. و (۲) RHA با ۱۳٪ و ۲۰٪ حجم کربن به ترتیب ۲۶٪ و ۲۷٪ فعالیت پوزولانی بیشتری از خود نشان دادند. [۵]

۲-۲ سیلیس

مقدار زیاد سیلیس و اندازه فوق العاده ریز ذرات تشکیل دهنده دوده سیلیس از خواص مهم و کاربردی آن به عنوان یک پوزولان در بتن می‌باشد، به طوری که قطر میانگین ذرات دوده سیلیس حدوداً ۰/۱ میکرومتر بوده و مساحت سطح ویژه آن بسیار زیاد و حدود $2000 \text{ cm}^2/\text{g}$ می‌باشد این درحالی است که میانگین اندازه ذرات سیمان معمولی در حدود ۱۰ میکرومتر و مساحت ویژه $3365 \text{ cm}^2/\text{g}$ است.

سردیمیر و همکاران [۱۰] به اثرات میکروسیلیس در بهبود خواص بتن، که به ساخت بتن‌هایی با مقاومت بالا و افزایش مقاومت در برابر سولفات‌ها کاهش نفوذ پذیری بتن و کاهش واکنش مواد قلیایی سیمان با سنگدانه‌ها، اشاره کردند. مهدی مظلوم و همکاران [۸]، در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که اضافه کردن میکروسیلیس به مخلوط سیمانی باعث کاهش نفوذپذیری و در نتیجه افزایش دوام بتن می‌شود. طبق تحقیقات اعلام شده از سوی مرکز سیمان ایران، میکرو سیلیس به علت سطح ویژه بالایی که دارد، با افزایش مقدار آن، کارایی ملات سیمان کاهش خواهد یافت. لذا باید برای جبران کاهش این کارایی از روان کننده یا فوق‌روان کننده استفاده نمود [۸]. پون و همکاران [۹] به بررسی اثر میکروسیلیس در تخلخل بتن پرداختند. مطالعات نشان داده است که افزودن ۵-۱۰٪ میکروسیلیس باعث کاهش تخلخل بتن می‌شود. مظلوم و همکاران [۸] به مطالعه‌ی تاثیر میکروسیلیس بر روی مقاومت فشاری بتن پرداختند. گزارش‌ها حاکی از آن است که با افزودن میکروسیلیس مقاومت فشاری در ۲۸ روزگی ۲۱٪ افزایش می‌یابد. ژانگ و همکاران [۱۱] تاثیر جایگزینی ۱۰٪ RHA به جای سیمان را بر روی مقاومت فشاری بتن، و مقایسه آن با بتن حاوی ۱۰٪ میکروسیلیس را مورد بررسی قرار دادند. نسبت آب به مواد سیمانی را ۰/۴ در نظر گرفتند. نتایج مقاومت فشاری تا سن ۷۳۰ روزه در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: توسعه مقاومت فشاری بتن با RHA و دوده سیلیس [۷]

محمد آدم پیرا و همکاران [۲] در مقاله ارزیابی اثرگذار ی دوده سیلیسی در بهبود مقاومت و نفوذ پذیری بتن با استفاده از نتایج آزمایش های آزمایشگاهی چنین نتیجه گرفتند که: استفاده از پوزولان و دوده سیلیسی بطور همزمان، نسبت به استفاده ی تنها از آنها، سبب بهبود بیشتر مقاومت آنها می گردد .

۳- نسبت اختلاط مصالح و ساخت نمونه ها

در این تحقیق برای تعیین فعالیت پوزولانی از روشی که در ادامه ارائه می شود استفاده شده است. نسبت ماسه به سیمان ۳ به ۱ و نسبت آب به سیمان ۴ / ۰ بود. نمونه ها به مدت ۵ روز در دمای ۱۸ درجه سانتی گراد و ۲ روز در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد نگهداری می شود و نمونه های کنترل به طور پیوسته در دمای ۱۸ درجه سانتی گراد عمل آوری شدند.

۳-۱ سیمان

سیمان مورد استفاده در این پروژه از نوع پرتلند تیپ ۱، از نوع ۴۲۵-۱ تولید شده کارخانه سیمان هگمتانه همدان بوده و مشخصات آن همانند جدول ۱ می باشد.

جدول ۱: ترکیب شیمیایی موجود در سیمان تیپ ۱ هگمتانه همدان

درصد وزنی	ترکیب شیمیایی	درصد وزنی	ترکیب شیمیایی
۰/۴	Na ₂ O	۲۱/۹	SiO ₂
۲/۵۱	SO ₃	۴/۸۲	Al ₂ O ₃
۰/۰۱۸	CL	۳/۹	Fe ₂ O ₃
۱/۳۲	LOI	۶۳/۵۲	CaO
۰/۴۱	IR	۱/۵۲	MgO
		۰/۵۹	K ₂ O

۳-۲ سنگدانه ها

۳-۲-۱ شن

شن مصرفی از کارخانه لوله سازی شمال تهیه شده که از نوع مصالح رودخانه ای می باشد. توده ویژه آن ۲/۷، میزان جذب آب ۲/۶۳ درصد و حداکثر اندازه سنگدانه آن ۱۹ میلیمتر می باشد. دانه بندی شن در جدول ۲ ارائه شده است.

۳-۲-۲ ماسه

ماسه مصرفی از نوع رودخانه ای و با دو اندازه (۳-۰ میلی متر) و (۶-۳ میلی متر) تشکیل شده بود. بدلیل اینکه هیچ کدام از این دو نوع ماسه از دانه بندی استاندارد برخوردار نبودند لذا با انجام سعی و خطا در صد بهینه اختلاط دو نوع ماسه برای بدست آوردن دانه بندی مناسب و استاندارد محاسبه گردید.

جدول ۲: دانه بندی شن

اندازه الک (میلی متر)	درصد عبوری	ASTM C33	BS 882
۱۹	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۹۰-۱۰۰
۹/۵	۵۷/۴۲	۴۰-۷۰	۵۰-۵۸
۴/۷۵	۰/۱۵	۰-۱۵	۰-۱۰

جدول ۳: دانه بندی ماسه

اندازه الک (میلی متر)	درصد عبوری	ASTM C33	BS 882
۴/۷۵	۱۰۰	۹۵-۱۰۰	۸۹-۱۰۰
۲/۳۶	۸۵/۰۴	۸۰-۱۰۰	۶۰-۱۰۰
۱/۱۸	۶۸/۲۰	۵۰-۸۵	۳۰-۱۰۰
۰/۶	۴۰/۱۰	۲۵-۶۰	۱۵-۱۰۰
۰/۳	۱۷/۵۱	۱۰-۳۰	۵-۷۰
۰/۱۵	۶/۱۷	۲-۱۰	۰-۵

۳-۳ آب

آب مصرفی در این پروژه آب شرب شهرستان رشت می باشد. به دلیل اینکه این آب از لحاظ آشامیدن مشکل خاصی ندارد لذا از آن می توان برای ساخت بتن نیز استفاده کرد.

۳-۴ ساخت نمونه ها

ساخت نمونه با استفاده از سیمان پرتلند تیپ ۱ هگمتانه همدان و مخلوط هایی حاوی دوده سیلیس و خاکستر پوسته برنج در چند مرحله با درصدهای مخلوط مختلف در آزمایشگاه بتن دانشگاه گیلان و آزمایشگاه بتن راه گستر افروخته انجام شد. نمونه ها پس از ۲۴ ساعت نگهداری در قالب از آن خارج و تا روز آزمایش در آب عمل آوری شدند بجز نمونه های مربوط به آزمایش تغییر طول که از ابتدا بصورت خشک در نظر گرفته شدند. در نهایت مطابق جدول ۴ علامت گذاری شدند.

جدول ۴: علامت های اختصاری مخلوط های بتن

علامت اختصاری	طرح اختلاط حاوی	علامت اختصاری	طرح اختلاط ترکیبی بتن حاوی
SOR0	مخلوط کنترل	SF20	۲۰٪ میکروسیلیس
RHA5	۵٪ خاکستر شلتوک برنج	RHA5SF10	۵٪ خاکستر شلتوک برنج و ۱۰٪ میکروسیلیس
RHA10	۱۰٪ خاکستر شلتوک برنج	RHA10SF10	۱۰٪ خاکستر شلتوک برنج و ۱۰٪ میکروسیلیس
RHA15	۱۵٪ خاکستر شلتوک برنج	RHA15SF10	۱۵٪ خاکستر شلتوک برنج و ۱۰٪ میکروسیلیس
RHA20	۲۰٪ خاکستر شلتوک برنج	RHA20SF10	۲۰٪ خاکستر شلتوک برنج و ۱۰٪ میکروسیلیس
SF10	۱۰٪ میکروسیلیس		

نمونه ها در سه فعالیت پوزولانی ۷ روزه، ۲۸ روزه و ۵۶ روزه در نظر گرفته می شوند.

۳-۴-۱ طرح اختلاط

برای بدست آوردن بتن با خصوصیات و عملکرد مورد نظر، اولین قدم انتخاب اجزای مصالح است؛ قدم بعدی روندی است که به تعیین اختلاط موسوم است و توسط آن ترکیب صحیح اجزای بتن بدست می آید. تعیین نسبت های اختلاط بتن، مرحله ای است که با آن می توان به ترکیب مناسب سیمان، سنگدانه ها، آب و مواد افزودنی برای ساخت بتن از طریق مشخصات مربوطه رسید.



شکل ۲: ساخت نمونه ها

هدف از تعیین نسبت های اختلاط ، بدست آوردن مخلوط بتنی است که نیاز های عملکردی را با کمترین هزینه تامین کند.نسبت اختلاط تمامی مخلوط های ساخته شده در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵: نسبت اختلاط تمامی مخلوط های ساخته شده

مخلوط ها	شن	ماده	مقدار سیمان	درصد سیمان	مقدار SF	درصد SF	مقدار RH	درصد RH	W/b	فوق روان کننده
SOR0	۱-۹۰	۷۶۲	۴۵۰	۱۰۰	-	-	-	-	۰/۴	۰/۱
RHA5	۱-۹۰	۷۶۲	۲۲۷/۵	۹۵	-	-	۲۲/۵	۵	۰/۴	۰/۳
RHA10	۱-۹۰	۷۶۲	۴۰۵	۹۰	-	-	۴۵	۱۰	۰/۴	۰/۵
RHA15	۱-۹۰	۷۶۲	۳۸۳/۵	۸۵	-	-	۶۷/۵	۱۵	۰/۴	۰/۷
RHA20	۱-۹۰	۷۶۲	۳۶۰	۸۰	-	-	۹۰	۲۰	۰/۴	۰/۹
SF10	۱-۹۰	۷۶۲	۴۰۵	۹۰	۴۵	۱۰	-	-	۰/۴	۰/۶
SF20	۱-۹۰	۷۶۲	۳۶۰	۸۰	۹۰	۲۰	-	-	۰/۴	۰/۸
RHA5SF10	۱-۹۰	۷۶۲	۳۸۳/۵	۸۵	۴۵	۱۰	۲۲/۵	۵	۰/۴	۱
RHA10SF10	۱-۹۰	۷۶۲	۳۶۰	۸۰	۴۵	۱۰	۴۵	۱۰	۰/۴	۱
RHA15SF10	۱-۹۰	۷۶۲	۳۳۷/۵	۷۵	۴۵	۱۰	۶۷/۵	۱۵	۰/۴	۱/۵
RHA20SF10	۱-۹۰	۷۶۲	۳۱۵	۷۰	۴۵	۱۰	۹۰	۲۰	۰/۴	۲

تمامی اعداد نوشته شده در جدول برحسب کیلوگرم بر یک مترمکعب بتن می باشد. میکروسیلیس مصرفی از شرکت شیمی ساختمان کرج تهیه شده است.

در جدول فوق عدد سمت راست نام هر مخلوط بیانگر درصد وزنی از ماده مورد نظر است که جایگزین سیمان شده است.

۴- آزمایشات انجام شده

۴-۱ آزمایش اسلامپ

بتن ترکیبی از مصالح سنگی، سیمان، آب و در صورت نیاز یکسری مواد مضاف هست. اسلامپ آزمایشی است که با انجام دادن آن می توانیم به مقدار روان بودن بتن، (شل بودن یا سفت بودن آن) پی ببریم. که این عمل توانایی پیش بینی وضعیت کسب مقاومت بتن را تا حدی برای سیستم نظارت پروژه مقدر می نماید.



شکل ۳: سنجش اندازه گیری ارتفاع اسلامپ

میزان آب موجود در بتن عامل اصلی روانی (اسلامپ کم یا پائین) یا سفتی (اسلامپ بالا) در بتن می باشد. این نکته را نباید فراموش نماییم که هر قدر مقدار آب در داخل بتن کمتر باشد، البته تا حدی که سبب سفتی بیش از حد بتن نشود و مانعی بر سر راه ویبره نمودن صحیح و اصولی بتن نباشد، مقاومت فشاری حاصله بتن بیشتر خواهد بود.

۴-۲ ارزیابی آزمون

خاکستر پوسته برنج به علت ساختار متخلخل و سطح ویژه بالایی که دارد، مقدار جذب آب آن بالاست طوری که بدون استفاده از فوق روان کننده امکان دست یابی به یک مخلوط روان تقریباً غیر ممکن است. در این مطالعه اسلامپ در بازه 2 ± 5 سانتی متر در نظر گرفته شده است و با افزایش درصد جایگزینی، مقدار فوق روان کننده نیز افزایش می یابد.

خاکستر پوسته برنج ماده ای زاید است، اما اگر برای دستیابی به اسلامپ مورد نظر، مصرف بالای فوق روان کننده را سبب شود، از نظر اقتصادی استفاده خاکستر پوسته برنج به صرفه نخواهد بود.

۳-۴ آزمایش مقاومت فشاری

هرچه قطر نمونه بزرگتر شود مقاومت فشاری کمتر خواهد شد. از نمونه های با ابعاد مکعبی به دلیل سادگی کار با آنها استفاده گسترده ای می شود. در این تحقیق نیز از قالب های مکعبی به ضلع ۱۰ سانتی متر استفاده شد. آزمایش ها در سنین ۷، ۲۸ و ۵۶ روز انجام شد.



شکل ۴: بارگذاری فشاری

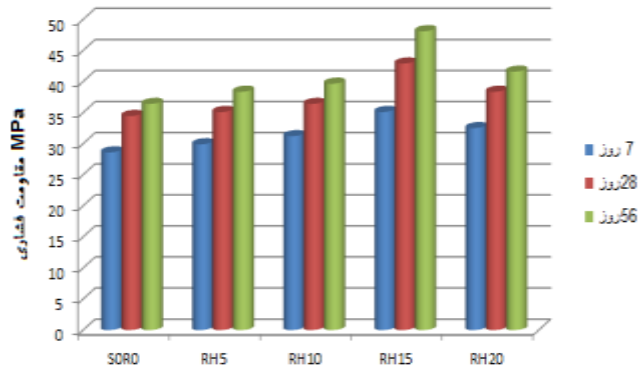
۴-۴ ارزیابی آزمون

آزمایش های مقاومت فشاری در هر سن برای هر مخلوط ۳ نمونه مورد آزمایش قرار گرفت و میانگین مقاومت فشاری نمونه ها به عنوان مقاومت فشاری مخلوط بتنی در سن مورد آزمایش بر حسب مگا پاسکال گزارش شد.

جدول ۷: نتایج آزمایشات مقاومت فشاری در سنین مختلف

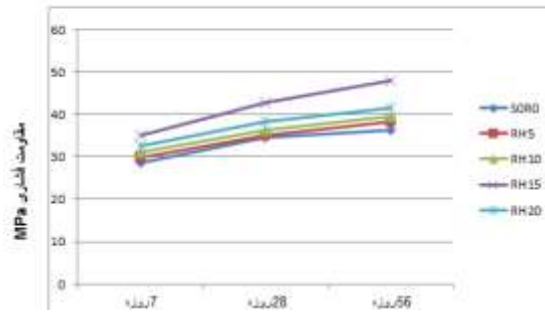
مخلوط ها	۷ روز	۲۸ روز	۵۶ روز
SOR0	۲۸/۶	۳۴/۴۵	۳۶/۴
RHA5	۲۹/۹	۳۵/۱	۳۸/۳۵
RHA10	۳۱/۲	۳۶/۴	۳۹/۶۵
RHA15	۳۵/۱	۴۲/۹	۴۸/۱
RHA20	۳۲/۵	۳۸/۳۵	۴۱/۶
SF10	۳۵/۷۵	۴۱/۶	۴۵/۵
SF20	۳۱/۲	۳۶/۴	۳۹
RHA5SF10	۳۲/۵	۴۰/۳	۴۶/۸
RHA10SF10	۳۴/۴۵	۴۲/۹	۵۲
RHA15SF10	۳۳/۸	۴۰/۹۵	۵۰/۷
RHA20SF10	۳۲/۵	۴۰/۳	۴۸/۱

با توجه به جدول نتایج مقاومت فشاری می توان سه نمونه را باهم مقایسه کرد. و نمودارهای زیر را برای انواع نمونه ها رسم نمود.



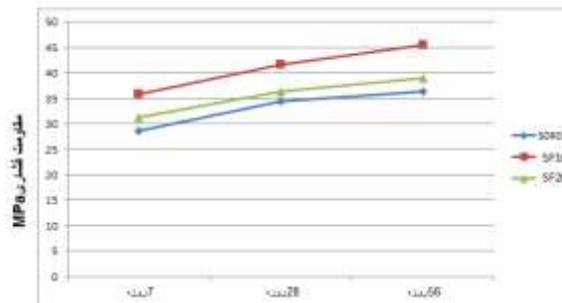
نمودار ۱: تغییرات مقاومت فشاری مخلوط کنترل و مخلوط های RHA در کوتاه مدت

طرح های حاوی خاکستر پوسته برنج



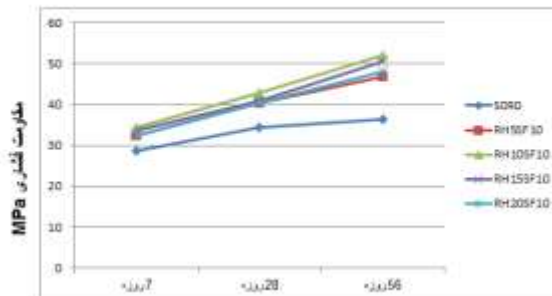
نمودار ۲: مقاومت فشاری طرح های حاوی خاکستر پوسته برنج و مخلوط کنترل

طرح های حاوی میکروسیلیس



نمودار ۳: مقاومت فشاری طرح های حاوی دوده سیلیس و مخلوط کنترل

طرح های ترکیبی



نمودار ۴: مقاومت فشاری مخلوط های بتنی حاوی خاکستر پوسته برنج و دوده سیلیس

۴-۵ مقاومت کششی

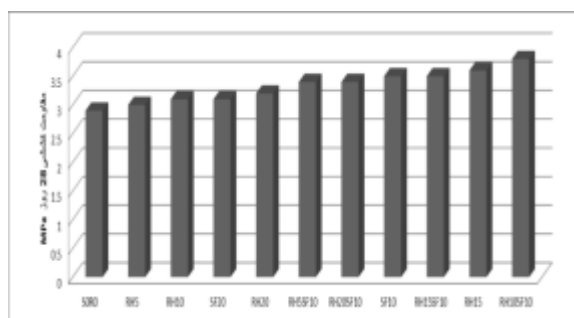
متداولترین روش های اندازه گیری مقاومت کششی بتن روش دو نیم شدن نمونه استوانه ای بر اساس استاندارد ASTM C496 و کشش ناشی از خمش سه نقطه ای بر اساس استاندارد ASTM C78 است. نتایج بدست آمده برای نمونه در سن ۲۸ روز در جدول ۸ گزارش شده است.

جدول ۸: نتایج نمونه ها در سن ۲۸ روز

مخلوط ها	MPa
SOR0	۲/۹
RHA5	۳/۰
RHA10	۳/۱
RHA15	۳/۶
RHA20	۳/۲
SF10	۳/۵
SF20	۳/۱
RHA5SF10	۳/۴
RHA10SF10	۳/۸
RHA15SF10	۳/۵
RHA20SF10	۳/۴

۴-۶ ارزیابی آزمون

برای مقایسه بهتر مقاومت کششی نمودار ۵ از مخلوطی که دارای کمترین مقاومت تا مخلوطی که دارای بیشترین مقاومت در سن ۲۸ روز است ارائه می شود.



نمودار ۵: نتایج مقاومت کششی در سن ۲۸ روز به ترتیب از کمترین مقدار تا بیشترین مقدار

۴-۷ مقاومت خمشی

در روش آزمایش خمشی سه نقطه منشور $150 \times 150 \times 500$ میلی متری با سرعت (۰/۸-۱/۲ MPa) در دقیقه بارگذاری می شود. مقاومت خمشی به صورت مدول گسیستگی که تنش حداکثر در شکست بوده و از فرمول زیر بدست می آید [۱۱]

$$R = \frac{PL}{bd^2}$$

R مدول گسیختگی، P حداکثر بار در هنگام گسیختگی، L طول دهانه، b عرض نمونه و d ارتفاع مقطع نمونه می باشد. مقاومت خمشی برای تمامی نمونه در سن ۲۸ روز انجام شده است که نتایج حاصل در جدول ۹ و نمودار ۶ قابل مشاهده است.

جدول ۹: مقادیر مقاومت خمشی اندازه گیری شده برای همه نمونه ها در سن ۲۸ روز

مخلوط ها	mpa
SOR0	۸/۹
RHA5	۸/۸
RHA10	۹/۳
RHA15	۱۰/۶
RHA20	۹/۴
SF10	۱۰/۲
SF20	۹/۴
RHA5SF10	۱۰/۰
RHA10SF10	۱۱/۲
RHA15SF10	۱۰/۱
RHA20SF10	۱۰/۰



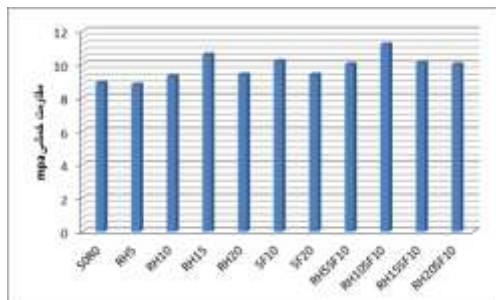
شکل ۵: دستگاه مقاومت خمشی

۵- نتایج حاصل از آزمونها

۵-۱ مقاومت فشاری

با توجه به نمودارهای ۱ و ۲ و ۳ و ۴ در آزمایش مقاومت فشاری مقدار افزایش مقاومت RHA15 و RHA10SF10 در سن ۲۸ روز نسبت به مخلوط کنترل ۲۴/۵٪ است.

در ۷ روز با مقایسه تاثیر دوده سیلیس افزوده شده در مخلوط حاوی پوسته برنج (RHA10SF10=34/45) افزایش مقاومت قابل قبولی نسبت به مخلوط حاوی فقط پوسته برنج (RHA10=31/2) مشاهده می شود که این افزایش مقاومت در سن ۲۸ روز قابل ملاحظه تر است. طوری که مخلوط RHA10SF10 بیشترین مقاومت در سن ۲۸ روز را با مقدار ۴۲/۹ داراست که این مقدار ۱۷/۸٪ بیشتر از RHA10 است.



نمودار ۶: مقاومت خمشی نمونه های منشوری 7 × 7 × 28 سانتیمتر حاوی SF، RHA، RHA+SF، و نمونه کنترل در

سن ۲۸ روز

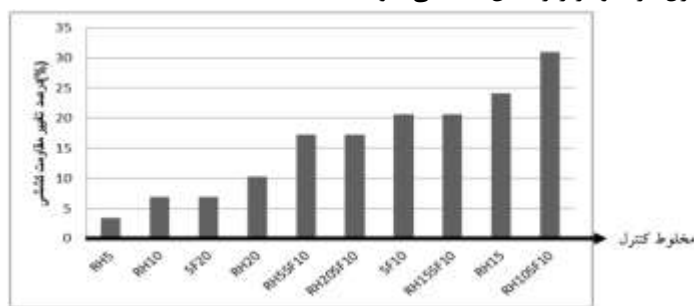
مخلوط های حاوی ۵ درصد خاکستر پوسته برنج کمترین مقاومت فشاری در بین مخلوط های حاوی پوسته برنج را دارا هستند و افزایش دوده سیلیس باعث افزایش مقاومت فشاری آنها می شود. بنابراین تاثیر دوده سیلیس در افزایش مقاومت فشاری درصد های پایین پوسته برنج بخوبی قابل مشاهده است.

در سن ۵۶ روز همانند ۲۸ روز مخلوط های حاوی ۱۰ و ۱۵ درصد پوسته برنج افزایش مقاومت فشاری قابل توجه ای دارند. از آنجائیکه وجود بیش از ۱۵ درصد خاکستر پوسته برنج مقاومت فشاری را کاهش می دهد، بنابراین مطلوبترین مقدار استفاده از خاکستر پوسته برنج جایگزین کردن ۱۵ درصد وزنی سیمان با آن است که هم مقاومت بالا و هم مصرف فوق روان کننده معقولی دارد. از نتایج ارائه شده کاملا آشکار است که جایگزینی سیمان با خاکستر پوسته برنج مقاومت فشاری بتن را افزایش می دهد و مقدار جایگزینی ۱۵ درصد وزنی سیمان با خاکستر به عنوان درصد بهینه گزارش می شود. در این مطالعه همچنین نشان داده می شود که همراه شدن خاکستر پوسته برنج با دوده سیلیس امکان افزایش مقاومت فشاری بتن در درصدهای پایین جایگزینی خاکستر را ممکن می سازد.

۵-۲ مقاومت کششی

از نمودار ۵ کاملا مشخص است که مقاومت کششی مخلوط حاوی ۱۰ درصد پوسته برنج و ۱۰ درصد دوده سیلیس بالاترین مقاومت فشاری را دارد.

به طور کلی تاثیر خاکستر پوسته برنج را بر مقاومت کششی می توان مثبت ارزیابی کرد به ویژه اینکه در این مطالعه مقاومت کششی مخلوط حاوی ۱۵ درصد خاکستر پوسته برنج ۲۴٪ بیشتر از مخلوط کنترل است. میزان درصد تغییرات مقاومت کششی نمونه ها در ۲۸ روز نسبت به مخلوط کنترل در نمودار زیر نشان داده می شود.



نمودار ۷: تغییرات مقاومت کششی مخلوط های بتنی حاوی خاکستر پوسته برنج و دوده سیلیس

۵-۳ مقاومت خمشی

با توجه به نمودار ۶ مقاومت خمشی در نمونه حاوی ۱۰ درصد خاکستر پوسته برنج به همراه ۱۰ درصد دوده سیلیس در مقایسه با سایر نمونه ها بالاترین مقدار اندازه گیری شده است. کمترین مقدار اندازه گیری شده مربوط به نمونه حاوی ۵ درصد خاکستر پوسته برنج است که با توجه به نمودار می توان تاثیر عمده ۱۰ درصد دوده سیلیس را در بالابردن مقاومت خمشی نمونه مشاهده کرد.

۶- نتیجه گیری

- ۱- کاهش اسلامپ با افزایش درصد خاکستر پوسته برنج رابطه مستقیم دارد.
- ۲- بالاترین مقاومت فشاری متعلق به مخلوط های $RH_{15}SF_{10}$ می باشد.
- ۳- بالاترین مقاومت کششی مربوط به مخلوط های $RH_{10}SF_{10}$ می باشد.
- ۴- افزایش درصد دوده سیلیس موجب افزایش درصد جذب آب می گردد.
- ۵- همراه شدن دوده سیلیس به خاکستر پوسته برنج باعث افزایش مقاومت خمشی می گردد.

Abstract:

Construction durable and long lasting concrete has been intellectual and practical challenge for civil engineers. One of the most important factors in reducing durable of reinforced concrete structures is corrosion of steel in concrete. The enormous resources required to repair damage caused by corrosion of steel in concrete has multiplied the need to improve the durability of structures under construction and also to guarantee the durability of existing structures which has recently been repaired. One of the important steps to solve this problem is the use of natural and artificial pozzolan containing active silica in cement to replace part of the Portland cement in concrete construction. Therefore in this study, rice husk ash pozzolan and silica fume pozzolan were used in the two samples of concrete construction. Concretes containing two above pozzolans with the normal control concrete were investigated. The aim of this study is to achieve economic concrete made by local materials (rice husk ash). Using mix design, samples containing different proportions of rice husk ash in concrete with or without silica fume were constructed and examined. Finally, different quantities such as compressive strength, tensile strength, elastic modulus and so on were assessed and compared with each other. Our results demonstrated that the compressive strength and reduction of the concrete change length is belong to the mixtures containing 15 percent rice husk ash and the highest tensile strength was observed in the mixture containing 10 percent rice husk ash. Also the highest amount of elastic modulus were detected in concrete mixed with 10 percent rice husk ash with 10 percent of fume, and by increasing rice husk ash percentage, reduction of water absorption and increasing the bending strength was observed.

Keywords: Concrete, Pozzolan, Rice husk ash, Silica fume

منابع

۱. استیون اچ کیماتکا و ویلیام سی پا ناراس، "طراحی و کنترل مخلوط هایبتن"، ترجمه علیرضا خالو و محمود ایراجیان، تهران، موسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، (۱۳۸۵)
۲. آدم پیرا، محمد، جعفری، عطا، " ارزیابی اثرگذاری دوده سیلیسی در بهبود مقاومت و نفوذپذیری بتن با استفاده از نتایج آزمایشهای آزمایشگاهی"، اولین کنفرانس بین المللی بتن های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب، گیلان، ایران، خرداد ۱۳۹۰
۳. مهتا، مونته ئیرو، ترجمه رضانیانپور، ریز ساختار، خواص و اجزای بتن، انتشارات دانشگاه امیر کبیر تهران، ۱۳۸۰
4. Agrwaal S.K,"Pozzolanic activity of various siliceous materials",Cement and Concrete Research,page 1735-1739,2006
5. Hbabeeb G.A,Fayyadh M.M," Rice-husk ash Concrete:the effect of RHA average particle size on mechanical properties and drying shrinkage",Aust.J.,Basic Appl.Sci.3(3),page
6. Hwang C. L., Wu D. S., Properties of cement Paste Containing Rice Husk Ash. ACI Sp 114. Page 733-765.
7. Jauberthie R,Rendell F.,Tamba S.,Cisse I,"Origin of the pozzolanic effect of rice husks",construction and building materials,page 419-423,2003
8. Mazloom.M, A. Ramezaniapour, A. and Brooks, J.J. "Effect of silica fume on mechanical properties of high-strength concrete", Cement & Concrete Composites, Vol. 26, pp. 347-357,(2004).
9. P.K. Mehta, "Rice husk ash as a mineral admixture in concrete", L. Berntsson, S. Chandra, L. Nilson (Eds.), Proc. Intl. Conf. Durability Concr., Chalmers University of Technology, 1989, pp. 131– 137.
10. Saridemir.M, "Prediction of Compressive Strength of Concretes Containing, Metakaolin and Silica Fume by Artificial Neural Networks," Journal of Advances in Engineering Software, Vol. 40, pp. 350-355, 2009
11. Zhang M.H,Lastra R,Malhotra V.M,"Rice-husk ash paste and concrete:some aspects of hydration and the microstructure of the interfacial zone between the aggregate andpaste",Cem.Concr.Res.26(6),page 963-977,1966