

بررسی اثر زمان اختلاط بر مقاومت فشاری بتن نانوسیلیس حاوی پوزولان پوسته برنج

شعیب کاسه گرمحمدی^{۱*}، پوریا اقبالی^۲، ابوذر کاسه گرمحمدی^۳

۱. دانشگاه آزاداسلامی، واحد داریون، باشگاه پژوهشگران جوان ونخبگان، داریون، ایران
۲. استاد مدعو گروه مهندسی عمران، موسسه آموزش عالی کسری
۳. دانشجوی کارشناس ارشد مهندسی عمران و سازه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

* Shoeibmohammadi@gmail.com

تاریخ پذیرش: [۹۵/۰۷/۱۱]

تاریخ دریافت: [۹۴/۱۱/۲۶]

چکیده

باتوجه به کاربرد روزافزون بتن وگسترش استفاده ازافزودنی‌ها در آن، انجام پژوهش دراین راستا ازاهمیت خاصی برخوردار است. مقاومت یکی از کمیت‌های مؤثر در طرح و کنترل کیفیت بتن است که عوامل متعددی برآن تأثیر گذار است. افزایش زمان اختلاط بتن شاید یکی از پارامترهایی باشد که کمتر مورد توجه و بررسی قرار گرفته است، در این پژوهش تاثیر زمان اختلاط بر مقاومت فشاری بتن نانو سیلیس همراه با پوزولان پوسته برنج بررسی، و با بتن بدون نانو سیلیس و پوزولان پوسته برنج مقایسه شد. همچنین تاثیر محیط سولفات بر کاهش مقاومت این نوع بتن بررسی و مقایسه شد. بدین منظور تعدادی آزمونه بتنی مکعبی به اضلاع ۱۵ سانتی‌متر دارای ۱٪ نانو سیلیس و ۲۰٪ پوزولان پوسته برنج با زمان‌های اختلاط متفاوت بین ۱۰ تا ۴۰ دقیقه ساخته شدند که هر ۵ دقیقه، ۳ نمونه از بتن گرفته شد و در روزهای ۰.۷، ۳ و ۲۸ تحت تست فشاری قرار گرفته و در نهایت نتایج مقاومت فشاری بر حسب زمان اختلاط و در سنین مختلف ترسیم و گزارش گردید. همچنین پوسته برنج تحت آزمایش XRD قرار گرفته و از نمونه‌ها نیز عکس SEM گرفته شد تا از نظر تراکم ذرات باهم مقایسه شود و در آخر توسط نرم افزار تاگوچی طرح آزمایش از بتن نوشته شد. نتایج تحقیق نشان می دهد که برای دستیابی به بیشترین مقاومت فشاری در بتن نانوسیلیس همراه با پوزولان پوسته برنج، زمان مناسب (بهینه) ۲۵ دقیقه است که باننایج آزمایش تاگوچی حدود ۹ درصد اختلاف دارد که پایین تر از میزان خطای مجاز می باشد. این بتن دارای ساختار آمورف تر و همگن تری بوده و با کاهش تخلخل مقاومت خوبی در برابر حمله سولفات‌ها از خود نشان داده است.

واژگان کلیدی: نانوسیلیس، پوزولان پوسته برنج، زمان اختلاط، مقاومت فشاری بتن، طرح آزمایش تاگوچی.

۱- مقدمه

دارد. زمان بهینه برای مخلوط کردن مصالح در مخلوط‌کن به نوع و ظرفیت مخلوط‌کن، سرعت دوران آن و کیفیت مخلوط مصالح به هنگام پر کردن مخلوط‌کن، بستگی دارد. مطابق آزمایش‌ها و پژوهش‌های صورت گرفته توسط پژوهش‌گران در

در کارگاه غالباً تمایل به این است که بتن در اسرع وقت ممکن ساخته شود. پس کمینه زمان لازم برای ساخت بتنی همگن و یکنواخت، با مقاومتی قابل اطمینان، اهمیت زیادی

Qing و همکاران (2007) نشان داده‌اند که نانو سیلیس خواص پوزولانی بالاتری از میکروسیلیس نشان داده و افزایش مقاومت بالاتری را موجب می‌شود [11].

Li (2004) گزارش کرده که این ذرات می‌توانند حتی تأثیر و سرعت واکنش خاکستر بادی (که معمولاً بسیار کند واکنش پوزولانی از خود نشان می‌دهد) را در بتن افزایش دهند [12].

اولین استفاده از خاصیت پوسته برنج در بتن مربوط به سال 1924 در کشور آلمان بوده که به وسیله بیگل گزارش شده است. در سال 1972 مهتا در آمریکا اولین مقالات خود در مورد استفاده از پوسته برنج را انتشار داد. اهمیت کار مهتا¹ به این لحاظ است که او مطالعه دقیقی در پارامترهای موثر بر احتراق پوسته برنج و کیفیت خاکستر تولید شده انجام داد. مهتا در آن زمان کوره‌ای با بستر روان به منظور ایجاد سیستمی برای استفاده از پوسته برنج به عنوان سوخت و همچنین تولید خاکستر فعال طراحی کرد [13].

پیکره اصلی دانش مرتبط با علم کیفیت در انگلستان به عنوان طراحی آزمایش‌ها و در ایالات متحده به عنوان کنترل کیفیت آماری گسترش یافته است روش تاگوچی نسبت به روش‌های متداول و رایج مهندسی کیفیتی کاملاً متفاوت دارد. تاگوچی طرفدار فلسفه کاربردی مهندسی کیفیت است. او سه مرحله را در گسترش طراحی بررسی می‌کند. اول طراحی سیستم، دوم طراحی پارامتر، سوم طراحی تلورانس. تاگوچی به کمک پژوهش‌های خود در سال‌های 1950 و 1960 بر گسترش علم کیفیت افزود و بطور خاص مفهوم تابع زمان را مطرح کرد. تابع زمان، هزینه، هدف و تنوع را ترکیب کرد و از آن یک معیار سنجش بدست می‌آورد و حدود مشخصات را در درجه دوم اهمیت قرار می‌دهد. افزون بر این، وی مفهوم استحکام را نیز گسترش داده است. استحکام به معنای پرداختن به عوامل بی‌نظمی به منظور اطمینان حاصل کردن از کارکرد درست سیستم است [14].

ناجی و همکاران (2010) گزارش دادند که مقدار زیادی از ضایعات کشاورزی در بسیاری از کشورهای گرمسیری به ویژه در آسیا برای کشورهایی مثل هند، تایلند، فیلیپین، مالزی و

مورد زمان مناسب اختلاط بتن، بر حسب ثابت بودن مواد و متغیر بودن زمان اختلاط، تغییرات گسترده‌ای در مقدار زمان اختلاط انواع بتن‌ها رخ داده است. به عنوان نمونه مقدار زمان اختلاط بتن معمولی، ۱۵۰ دقیقه است. زمان خودگیری سیمان بین ۰/۵ تا ۱ ساعت است. آیین‌نامه BS انگلستان زمان گیرش اولیه برای سیمان‌های پرتلند معمولی و زود سخت شونده و سیمان پرتلند باسرباره آهنگدازی را ۴۵ دقیقه و زمان گیرش نهایی برای این سیمان‌ها را ۱۰ ساعت توصیه می‌کند [1].

امروزه طیف گسترده‌ای از مواد و روش‌ها برای بهبود خواص بتن سیمانی (بتن سیمان پرتلند) و یا جایگزین استفاده سیمان در بتن وجود دارد که بسته به مقاومت‌های مکانیکی و شیمیایی موردنیاز و مسائل سازه‌ای و شرایط موجود، متناسب با هزینه‌ها انتخاب می‌شوند. بهبود خواص بتن به دو روش کلی: ۱- تسلیح کردن بتن با استفاده از الیاف و میلگرد که عمدتاً برای بهبود مقاومت خمشی و شکل‌پذیری بتن ۲- بهبود کیفیت خود بتن از طریق افزودن مواد شیمیایی، نانو مواد و پوزولان‌ها صورت می‌گیرد [2].

کالوندی (1998) توضیح داد که، خواص، رفتار و عملکرد بتن بستگی به نانو ساختار ماده زمینه بتن و سیمانی دارد که چسبندگی، پیوستگی و یکپارچگی را به وجود می‌آورد بنابراین مطالعات بتن و خمیر سیمان در مقیاس نانو برای توسعه مصالح ساختمانی جدید و کاربرد آن‌ها حائز اهمیت است [3].

Kirk و همکاران (2008) توضیح دادند که کاربرد نانوسیلیس برای بهبود خواص بتن، چشم‌انداز گسترده‌ای در برابر علم تکنولوژی بتن ایجاد کرده است [4]. Li (2004) توضیح داد که نانو ذرات به علت اندازه ذرات بسیار کوچک و سطح ویژه بالای آن‌ها، ویژگی‌هایی را در طرح اختلاط بتن از خود نشان داده است [5]. در گزارش‌های منتشر شده به وسیله پژوهشگران، نانو مواد متفاوتی از جمله نانو ذرات سیلیس، نانو تیوپ‌های کربنی [6] نانو ذرات آهن [7] نانو ذرات آلومینیوم [8]، نانو مونت موریونیت [9]، نانو تیتانیوم [10] و... برای بهبود خواص بتن مورد آزمایش قرار گرفته‌اند، که از میان آن‌ها ذرات نانوسیلیس به علت خواص پوزولانی بالای خود توجه بیشتری را جلب کرده‌اند [5].

جذب آب ۵۵/۲ درصد وزنی و شن شکسته با بیشینه قطر سنگدانه ۲۵ میلی‌متر با میزان جذب آب ۷۶/۱ درصد وزنی است. مدول نرمی معمولاً برای مصالح ریزدانه محاسبه می‌شود. مدول نرمی، دانسیته حجمی و دانسیته ظاهری (توده ویژه) برای مصالح برابر ۳/۸۹، ۱/۷۶، و ۱/۷۹ g/cm³ است. بر طبق آزمایش دانه‌بندی انجام شده منحنی دانه‌بندی برای شن و ماسه ایجاد شد. بر طبق شکل (۳) و شکل (۲) دانه‌بندی در محدوده خوب دانه‌بندی شده است.

شکل ۱. عکس نمودار دانه بندی ماسه مصرفی

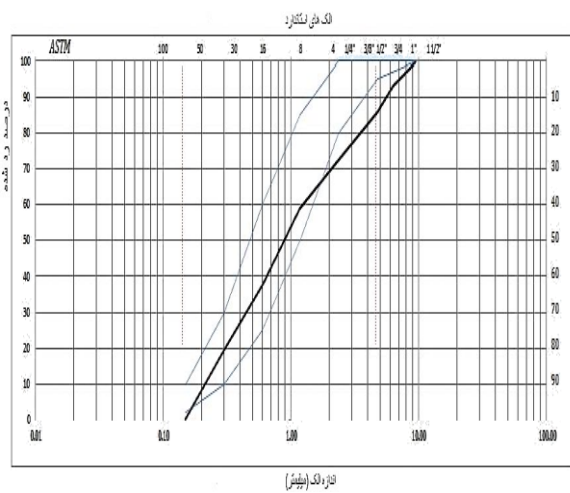


Fig. 1. Photo Chart sand grading consumption

شکل ۲. عکس نمودار دانه بندی شن مصرفی

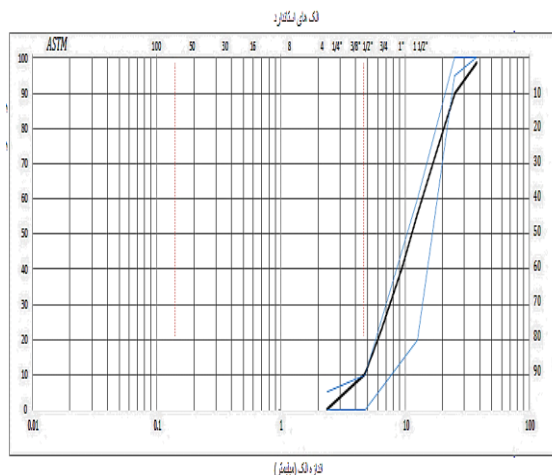


Fig. 2. Photo Chart gravel grading consumption

منحنی میانی نشان دهنده منحنی دانه‌بندی مصالح مصرفی است که بر طبق استاندارد ASTM باید پهن باشد پهن بودن نمودار

ایران دفع می‌شود. بازیافت مواد دور ریز بهترین راهکار است [15].

خاکستر پوسته برنج یک ماده بسیار واکنش پذیر پوزولانی تولید شده از سوختن کنترل شده پوسته برنج است [16]. در این مقاله زمان اختلاط بهینه بتن همراه با نانو سیلیس و پوزولان پوسته برنج با بتن بدون نانو سیلیس و پوزولان پوسته برنج مقایسه شد و پوزولان استفاده شده از نظراستاندارد بودن آزمایش شد و در آخر به روش تاگوجی زمان اختلاط بهینه این نوع بتن بدست آمد.

۲- خاکستر پوسته برنج

پوسته برنج درمازندران واز کارخانه شالیکوبی رامسر تهیه، و تقریباً به مدت ۴۸ ساعت در هوای آزاد سوزانده شد. پس از آتش زدن دیو پوسته برنج اجازه داده شد تا به آرامی بسوزد (۴۸ساعت). ابتدا رنگ پوسته تیره می‌شود اما پس از سوختن حجم زیادی از مواد، آلی رنگ آن به خاکستری و سفید میل می‌کند. باید توجه شود که شرایط سوختن پوسته برنج بر نسبت مواد تشکیل شده نهایی مؤثر است. افزایش مقدار سیلیس در خاکستری که به عنوان ماده افزودنی در بتن سیمانی به کار می‌رود موجب بهبود خاصیت پوزولانی می‌شود. پس از سوختن کامل پوسته برنج، با دقت سطح روی دیو (که کاملاً سوخته است) کنار زده شده و خاکستر داخل آن جمع‌آوری می‌شود. تقریباً از هر ۱۰۰ کیلو پوسته برنج، ۲۰ کیلو خاکستر به دست می‌آید. خاکستر به دست آمده تا زمان مصرف در ظروف در بسته قرار داده شد تا جلوی جذب رطوبت آن گرفته شود. همچنین برای حذف کامل پوسته‌های نسوخته، خاکستر از الک نمره ۳۰ عبور داده شد.

خاکستر پوسته برنج تحت آزمایش XRD و XRF قرارگرفت که مشخصات آن در بند (۵-۲) آورده شده است.

۳- مصالح سیمانی و سنگدانه ای

سیمان استفاده شده از نوع پرتلند تیپ ۲ است. سنگدانه استفاده شده در این پژوهش دارای ماسه طبیعی شسته با میزان

۵- تحلیل نتایج

۵-۱- آزمایش مقاومت فشاری بتن

پس از انجام آزمایش‌ها و شکست نمونه‌ها نتایج مقاومت فشاری آزمونه‌های مختلف ترسیم شد که نتایج آن در جدول‌های (۲ و ۳) و شکل‌های (۳ و ۴) نشان داده شده است.

جدول ۲. اثر زمان اختلاط بر مقاومت فشاری بتن بدون نانوسیلیس و

پوزولان پوسته برنج

			Day
28	7	3	10
337/45	274/89	171	15
340	278/3	218/8	20
345/4	283/2	221	25
348/9	288/5	226/14	30
353	295	230	35
306/8	301/2	232/3	40
373/6	356/8	236	

Table 2. Effect of mixing time on the compressive strength of concrete without pozzolan nano and rice husk

شکل ۳. نمودار تجمعی مقاومت فشاری نمونه‌ها بدون نانو سیلیس و

پوزولان پوسته برنج

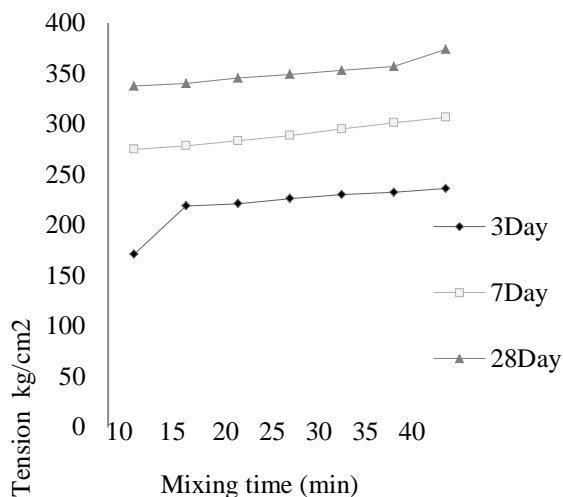


Fig. 3. The cumulative charts Compressive strength of sample of concrete pozzolan Nano-silica and rice husks

همانطور که مشاهده می‌شود افزایش زمان اختلاط در این نوع بتن با افزایش مقاومت فشاری همراه است یعنی تا ۴۰ دقیقه که تحت اختلاط قرار می‌گیرد بتن همچنان روند افزایش مقاومت را از خود نشان می‌دهد. بیشینه مقاومت فشاری در این نوع بتن در ۲۸ روز پس از ساخت آن اتفاق می‌افتد با گذشت

دانه‌بندی برای این است که دانه‌بندی در محدوده وسیع‌تری است که بر طبق منحنی به دست آمده دانه‌ها در محدوده وسیعی است یعنی اندازه دانه‌ها در یک قطر متمرکز نشده است و باید منحنی تقریباً در بین دو منحنی استاندارد باشد که دانه‌های مصرفی در این پژوهش در این محدوده است.

۴- چگونگی آزمایش و طرح اختلاط

در این پژوهش آزمونه‌های مکعبی ۱۵×۱۵×۱۵ سانتیمتر

برای مقایسه مقاومت فشاری استفاده گردید. جهت ساخت آزمونه‌ها از سیمان نوع ۲ استفاده شد و به منظور تعیین اثر زمان اختلاط بتن نانوسیلیس همراه پوزولان پوسته برنج بر مقاومت فشاری بتن، نسبت آب به سیمان ثابت و برابر ۰/۵ در نظر گرفته شد. همچنین برای این منظور از فوق روان کننده به میزان ۰/۴ درصد وزن سیمان استفاده شده است. تمامی آزمایش‌ها با یک نمونه سنگدانه انجام شدند. و حتی دستگاه مخلوط کن در طول آزمایش تغییر نمود. مشخصات طرح اختلاط آزمونه‌ها در جدول (۱) ارائه گردیده است. در تمامی آزمونه‌ها مقدار نانوسیلیس ۱٪ و پوزولان پوسته برنج ۲۰٪ وزنی سیمان در نظر گرفته شد. و همچنین جهت مقایسه تاثیر زمان اختلاط بر مقاومت فشاری بتن، نمونه‌هایی بدون نانو سیلیس و پوزولان ساخته و با هم مقایسه شد و همچنین نمونه بتن‌های ساخته شده رادر محلولی که حاوی ۱۰٪ اسیدسولفوریک بود قرار دادیم که میزان کاهش مقاومت آن معلوم شود.

جدول ۱. طرح اختلاط به منظور تهیه ۰/۱ مترمکعب بتن

Tables pozzolan Rice (kg)	5/6
Nano-silica (g)	280
Water (lit)	14
Cement (kg)	28
gravel (peas and roasted) (kg)	66/4
Sand (kg)	42/2

Table 1. mix to produce 1/0 cubic meters of concrete

ساخت بتن اتفاق افتاده است که این میزان نسبت بتن معمولی ۶۶/۹ کیلوگرم بر سانتی متر مربع افزایش مقاومت از خود نشان داده است. این افزایش مقاومت به دلیل استفاده از نانو سیلیس و پوزولان پوسته برنج که به عنوان فیلر در بتن عمل کرده اند است.

شکل ۴. نمودار تجمعی مقاومت فشاری نمونه های حاوی نانو سیلیس و

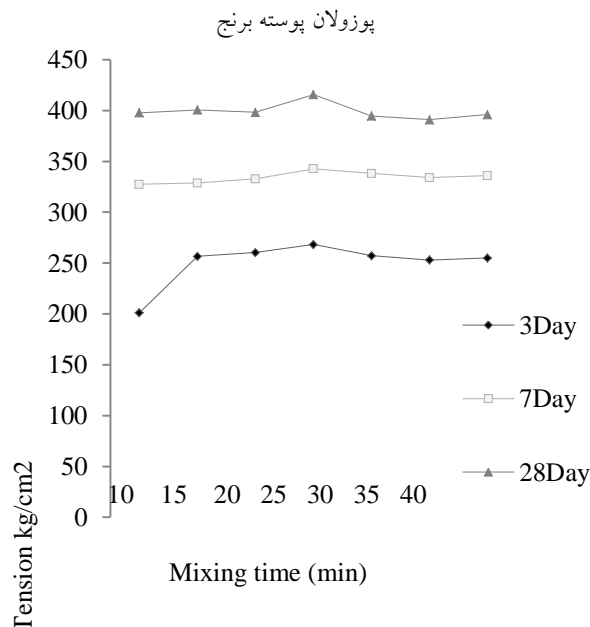


Fig. 4. The cumulative Chart compressive strength pozzolan samples containing Nano-silica and rice husks

این امر نشان دهنده این است که این نوع بتن در این زمان اختلاط بهینه بیشینه مقاومت خود را نشان می دهد و زمان اختلاط اضافه تأثیری بر روی افزایش مقاومت فشاری در این نوع بتن ندارد. چون بیشینه مقاومت در ۲۸ روز اتفاق افتاده پس می توان گفت که گذشت زمان بیش از ۲۸ روز می تواند باعث افزایش مقاومت در بتن شود اما زمان اختلاط بهینه این نوع بتن ۲۵ دقیقه است و نیازی به افزایش زمان اختلاط اضافه در این نوع بتن نیست. هر چه از زمان اختلاط بتن بدون نانو سیلیس و پوزولان پوسته برنج در ۲۸ روز می گذرد بتن همچنان روند افزایش مقاومت را از خود نشان می دهد؛ ولی در بتن حاوی نانو سیلیس و پوزولان پوسته برنج در زمان بهینه اختلاط که ۲۵ دقیقه است، بتن بیشینه مقاومت را از خود نشان می دهد.

زمان تا ۴۰ دقیقه نشان دهنده این است که تا این زمان بتن همچنان افزایش مقاومت دارد. در ۳ روز بیشینه مقاومت 2336 kg/cm^2 در ۷ روز 3618 kg/cm^2 در ۲۸ روز 3736 kg/cm^2 در بتن است که این نشان می دهد این نوع بتن همچنان می تواند روند افزایش مقاومت فشاری خود را ادامه دهد. در مقاومت فشاری ۳ روزه از زمان اختلاط ۱۰ دقیقه که مقاومت فشاری در آن 171 kg/cm^2 تا ۱۵ دقیقه که مقاومت فشاری در آن 2188 kg/cm^2 است افزایش مقاومت به اندازه 478 kg/cm^2 صورت گرفته است. این افزایش مقاومت به دلیل این است که عمل اختلاط در بتن به خوبی در حال شکل گیری است. با افزایش زمان اختلاط همچنان در بتن روند افزایش مقاومت صورت می گیرد که این روند تا ۴۰ دقیقه همچنان در حال افزایش است. همچنین به دلیل آزمایشی که عنایتی و همکاران روی بتن بدون افزودنی انجام دادند روند افزایش مقاومت به دلیل افزایش اختلاط بتن می تواند طبیعی باشد همچنین افزایش زمان اختلاط در این نوع بتن می تواند باعث یکپارچه شدن بتن و در نتیجه افزایش مقاومت فشاری بتن شود [17].

جدول ۳. اثر زمان اختلاط بر مقاومت فشاری بتن حاوی نانو سیلیس و

پوزولان پوسته برنج

			Day	Mixing time in minutes
28	7	3	10	
397/75	327/4	201/23	10	Tensions in terms of kg / cm ²
400	328/78	256/6	15	
398/35	332/86	260/39	20	
415/8	342/70	268/20	25	
394/68	338/15	257/20	30	
391	334	253	35	
386	336	255	40	

Table 3. Effect of mixing time on the compressive strength of concrete containing nano-silica and pozzolan Rice

همان گونه که مشاهده می شود افزایش زمان اختلاط تا ۲۵ دقیقه باعث افزایش مقاومت می شود و بعد از ۲۵ دقیقه، اختلاط بتن تأثیر چندانی در افزایش مقاومت فشاری در این نوع بتن ندارد. بیشینه مقاومت فشاری این نوع بتن در ۲۵ دقیقه اختلاط، 4158 kg/cm^2 کیلوگرم بر سانتی مترمربع است که در ۲۸ روز پس از

جدول ۴. نتایج آنالیز XRF خاکستر پوسته برنج

chemical mixture	RHA%
SiO ₂	88
Al ₂ O ₃	0/4
Fe ₂ O ₃	0/1
CaO	0/6
So ₃	0/2
Mgo	0/5
Na ₂ O	0/3
K ₂ O	1/7
Weight fraction of Maximum blush	6

Table 4. XRF analysis of rice husk ash

شکل ۶. تصویر آنالیز XRD خاکستر پوسته برنج

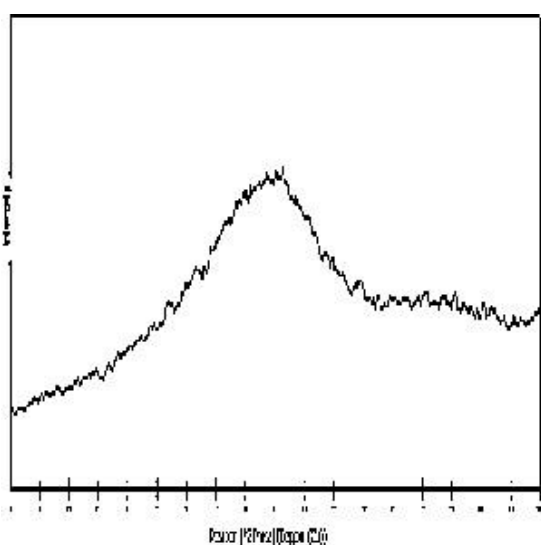


Fig. 6. XRD analysis of rice husk ash

به کمک نتایج حاصل از آزمایش XRF انجام گرفته روی نمونه خاکستر پوسته برنج تولید شده و انجام آزمایش فیزیکی و شیمیایی لازم می‌توان به بررسی کیفی محصول خاکستر پوسته برنج پرداخت. در جداول زیر به بررسی و مقایسه وضعیت خاکستر پوسته برنج مصرفی در پروژه با الزامات استاندارد ASTM C-618 پرداخته شده است.

جدول ۶. الزامات استاندارد ۶۱۸-ASTM C / 3432 ISIRI برای پوزولان

Standard requirements%	RHA test results%	Chemical properties (optional)
70	88/14	At least sio ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃
4	20	So ₃ maximum%
10	6	Weight fraction of blush

Table 6. requirements of the standard 618-ASTM C / 3432 ISIRI for pozzolan

جدول ۴. درصدافزایش مقاومت فشاری بتن حاوی نانو سیلیس و پوزولان

Percent increase resistance	پوسته برنج نسبت به بتن معمولی در ۲۸ روز		28 days	Mixing time in minutes
	Nano-silica pozzolan concrete and rice husk	No nanosilica pozzolan concrete and rice husk		
17/86	397/75	337/45	10	
17/64	400	340	15	
15/33	398/35	345/4	20	
19/17	415/8	348/9	25	
11/80	394/68	353	30	
9/58	306/8	391	35	
5/99	373/6	396	40	

Table 4. Percentage compressive strength of concrete containing nano-silica and rice husk compared to normal concrete pozzolan in 28 days

شکل ۵. نمودار نمونه‌های ۲۸ روزه بتن معمولی و بتن حاوی نانو سیلیس و پوزولان پوسته برنج

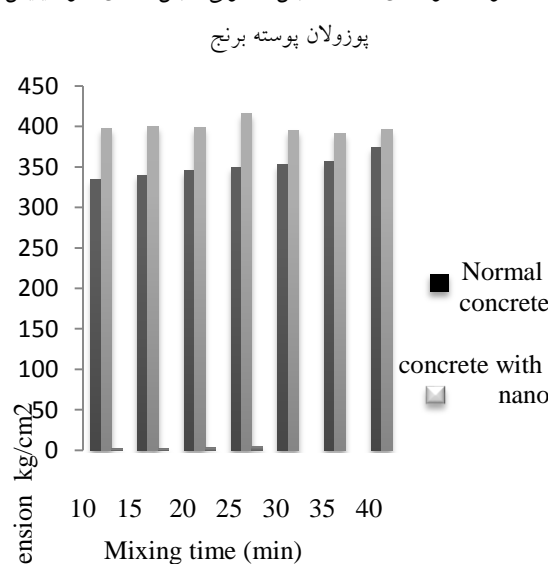


Fig. 5. Chart 28-day conventional concrete and concrete samples of Nano-silica and pozzolan rice husks

۵-۲- بررسی آزمایش شیمیایی XRD پوزولان برنج

مشخصات شیمیایی حاصل از آزمایش XRF^۱ پوزولان پوسته برنج در جدول (۵-۴) و نتایج حاصل از آزمایش XRD^۲ روی خاکستر به دست آمده در شکل (۵-۴) نشان می‌دهد که سیلیس موجود در خاکستر کاملاً آمورف بوده و هیچگونه ذرات کریستالی در خاکستر وجود ندارد.

1 X – Ray Fluorescence
2 X – Ray Diffraction

که در آن ذرات نانو سیلیس و پوزولان با سطح ویژه بالا خود هسته‌هایی را برای توسعه محصولات هیدراتاسیون ایجاد کرده و در نتیجه باعث افزایش سرعت هیدراتاسیون می‌شود. که این امر باعث افزایش مقاومت نمونه و کاهش کریستال‌های با اندازه بزرگ از بافت نمونه‌ها می‌شود. [8]

شکل ۷. عکس SEM مربوط به نمونه بتن بدون نانو سیلیس و پوزولان

پوسته برنج

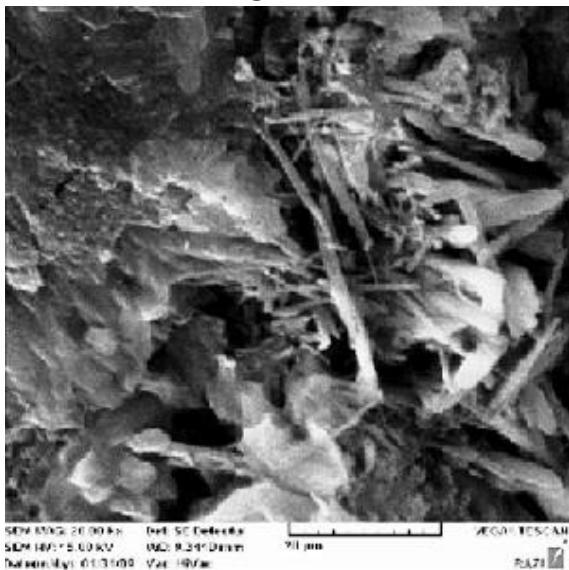


Fig. 7. SEM Photo related to concrete examples without Nano-silica and rice husk pozzolan

شکل ۸. عکس SEM مربوط به نمونه بتن حاوی نانو سیلیس و پوزولان

پوسته برنج

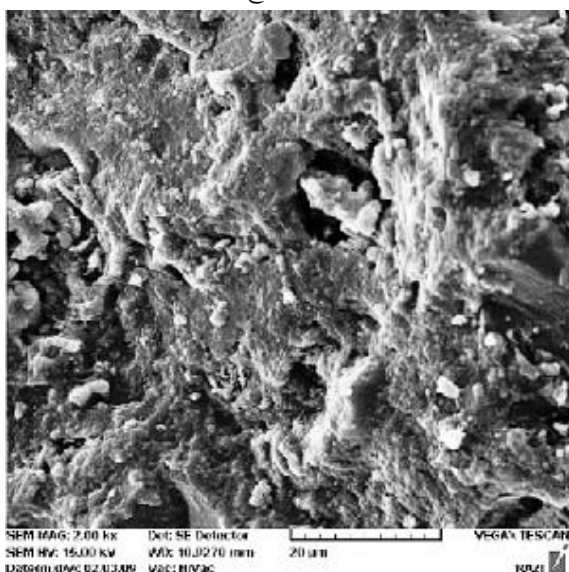


Fig. 8. SEM Photo related to concrete examples with Nano-silica and rice husk pozzolan

جدول ۷. ویژگی‌های شیمیایی اختیاری ۶۱۸-ISIRI-ASTM C / 3432 برای

پوزولان

Standard requirements%	RHA test results%	Chemical properties (optional)
15	0/03	Alkaline available equivalent Na ₂ O ₃
15	0/6	Calcium oxide cao
15	0/5	Manganese oxide Mgo

Table 7. Chemical features optional 618-ASTM C / 3432 ISIRI for pozzolan

نتایج آزمایش فیزیکی و شیمیایی نشان می‌دهد خاکستر پوسته برنج تولیدی در این پژوهش به عنوان یک پوزولان مصنوعی بسیار مناسب در محدوده الزامات استاندارد ASTM C-618 برای پوزولان‌ها قرار دارد، به عنوان نمونه میزان اکسید کلسیم موجود در پوزولان پوسته برنج به کار رفته در این پژوهش ۰/۶٪ است که بر طبق الزامات استاندارد باید بیشینه ۱/۵٪ باشد. لذا به این نتیجه می‌توان رسید که پوزولان به کار رفته بر طبق استاندارد است.

۵-۳- آنالیز عکس SEM مربوط به بتن

همانطور که از عکس‌های الکترومیکروسکوپی SEM^۱

شکل‌های (۷ و ۸) مشاهده می‌شود در نمونه‌های بتن بدون نانو سیلیس و پوزولان پوسته برنج، بتن بافتی ناهمگون دارد و به وضوح، کریستال‌های بزرگ در آن قابل مشاهده است که با کریستال‌های سوزنی شکل متصل هستند و منافذ بزرگ به وضوح در آن قابل مشاهده است. حال در مورد نمونه‌های بتن حاوی نانو سیلیس و پوزولان پوسته برنج، بتن ساختار آمورف‌تری دارد که به صورت همگن‌تر و یکپارچه به همدیگر متصل هستند و تخلخل در بتن کاهش قابل ملاحظه‌ای دارد که این امر سبب افزایش مقاومت در بتن شده است.

Li و همکاران (2004) علت اصلی بهبود خواص مکانیکی بتن با نانو سیلیس را در سازوکاری به نام هسته‌زایی توضیح می‌نمایند. این امر باعث می‌شود ذرات نانو سیلیس و پوزولان با سطح ویژه بالای خود سطوحی را ایجاد کنند که باعث افزایش مقاومت در بتن شود. سازوکار هسته‌زایی باعث می‌شود

که نقش فیلر را ایفا می‌کند که مانع از حمله شدید سولفات به بتن می‌شود [18].

جدول ۹. اثر محیط خورنده بر مقاومت فشاری بتن حاوی نانوسیلیس و پوزولان پوسته برنج با ۱۰٪ اسید سولفوریک

Mixing time in minutes					Day
40	30	25	20	10	
Tension in Kg / cm ²					
244/8	246/91	257/47	249	193/18	3
318/8	320/90	325/22	316/83	306/9	7
373/2	371/78	391/68	375/25	374/68	28

Table 9. the effect of corrosive environment on the compressive strength of concrete containing nano-silica and pozzolan rice husk with 10% sulfuric acid

۵-۵- بررسی آزمایش تاگوچی

بر اساس طرح آزمایش تاگوچی^۱ سطح و ۲ عامل (فاکتور) برای آزمایش انتخاب شد. عامل اول نشان دهنده روزهایی که نمونه باید تحت تست فشاری قرار گیرد و عامل دوم نشان دهنده زمان اختلاط است. ۳، ۷، ۲۸ سطوحی که مربوط به روز و ۱۰، ۲۵، ۴۰ دقیقه سطوحی که مربوط به زمان اختلاط است که باید وارد نرم افزار کنیم. بعد از اینکه نرم افزار طرح آزمایش خود را به ما داد یعنی نرم افزار معلوم کرد که کدام عوامل با کدام سطحها باید آزمایش شود آزمایش انجام و نتیجه آن وارد نرم افزار شد که بعد از تجزیه تحلیل نرم افزار با استفاده از نتایج تست فشاری وارد شده به نرم افزار نمودارها و جداول زیر برداشت شد.

جدول ۱۰. فاکتورهای تأثیر گذار در آزمایش

Level 3	Level 2	Level 1	Factor
28	7	3	Day
40	25	10	Mixing time

Table 10. Factors Influencing on testing

این جدول نشان دهنده فاکتورها و سطرها آزمایش است. فاکتورها شامل روز و زمان اختلاط بوده که در جدول بالا تفکیک شده است. بعد از اینکه مقادیر وسطها به نرم افزار داده شد طرح آزمایش به دست آمد که نتایج در جدول (۱۱) ارائه شده است.

۴-۵- بررسی مقاومت فشاری بتن در محیط سولفات

برای بررسی تأثیر محیط خورنده، نمونه‌های ساخته شده با همان میزان مصالح مصرفی و همان بازه‌های زمانی در حوضچه‌ای که به میزان ۱۰٪ اسید سولفوریک به آب حوضچه اضافه شده است قرار داده شد و پس از گذشت ۳/۷ و ۲۸ روز از ساخت نمونه‌ها، آن‌ها را برای پی بردن به میزان کاهش مقاوم تحت تست فشاری قرار دادیم که نتایج آن ارائه شده است.

۴-۵-۱- اثر محیط خورنده بر مقاومت فشاری بتن بدون نانوسیلیس و پوزولان پوسته برنج با ۱۰٪ اسید سولفوریک

همان‌گونه که در جدول (۸) مشاهده می‌شود در نمونه‌های ۳ روزه حدود ۵/۶ درصد در نمونه‌های ۷ روزه حدود ۲/۷ درصد و در نمونه‌های ۲۸ روزه حدود ۸/۹ درصد کاهش مقاومت ایجاد شد. این کاهش مقاومت بر اساس توضیحاتی رمضانپور [1] به خاطر این است که حمله سولفات‌ها باعث تشکیل سولفات کلسیم و سولفو آلومینات کلسیم است که باعث کاهش مقاومت در بتن می‌شود.

جدول ۸. اثر محیط خورنده بر مقاومت فشاری بتن بدون نانوسیلیس و پوزولان پوسته برنج با ۱۰٪ اسید سولفوریک

Mixing time in minutes					Day
40	30	25	20	10	
Tension in Kg / cm ²					
222/9	217/14	213/8	208	161/5	3
284/9	273	267/6	262/9	225	7
336/98	318/5	314/7	311/8	304/4	28

Table 8. The effect of corrosive environment on the compressive strength of concrete without pozzolan nano-silica and rice husk with 10% sulfuric acid

۴-۵-۲- اثر محیط خورنده بر مقاومت فشاری بتن حاوی نانوسیلیس و پوزولان پوسته برنج با ۱۰٪ اسید سولفوریک

در نمونه‌های ۳ روزه از این نوع بتن همان‌گونه که از تنش‌های به دست آمده در جدول (۹) مشخص شده حدود ۴ درصد در نمونه‌های ۷ روزه حدود ۱/۵ درصد و در نمونه‌های ۲۸ روز حدود ۸/۵ درصد کاهش مقاومت ایجاد شد. با توجه به پژوهش‌هایی که رمضانپور و همکاران انجام دادند، نشان داده شد که کاهش مقاومت کمتر این نوع بتن نسبت به بتن معمولی وجود نانوسیلیس و پوزولان پوسته برنج در بتن است

شکل ۱۰. عکس نمودار تاثیر گذاری زمان و روز بتن حاوی نانو سیلیس و

پوزولان پوسته برنج

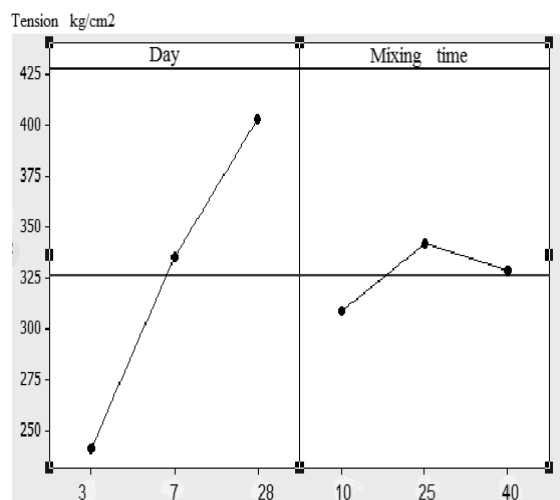


Fig. 10. Photo influence diagram Time and day concrete containing Nano-silica and pozzolan Rice

نمودارها نشان می‌دهند که هر چه از زمان ساخت بتن می‌گذرد مقاومت فشاری نیز افزایش می‌یابد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود تا ۲۸ روز مقاومت فشاری همچنان در حال افزایش است، ولی افزایش زمان میکس تا ۲۵ دقیقه باعث افزایش مقاومت بتن شده و از آن به بعد افزایش زمان اختلاط باعث کاهش مقاومت شده است.

۶- نتیجه گیری

در این مطالعه سعی شده است تأثیر زمان‌های اختلاط بر مقاوم فشاری بتن نانو سیلیس همراه با پوزولان پوسته برنج و تفاوت آن با بتن بدون نانو سیلیس و پوزولان و همچنین تأثیر محیط سولفات‌ها بر مقاوم فشاری این نوع بتن مورد بررسی قرار گیرد که نتایج آن در ادامه آمده است. نتایج به دست آمده را به طور خلاصه می‌توان چنین بیان کرد:

بیشینه زمان اختلاط بتن نانو سیلیس همراه پوزولان پوسته برنج ۲۵ دقیقه است. که در این زمان بیشینه مقاوم فشاری را از خود نشان می‌دهد و از آن به بعد بتن مقاومت چشمگیری از خود نشان نمی‌دهد.

آزمایش فیزیکی و شیمیایی (XRF) انجام شده نشان می‌دهد که خاکستر پوسته برنج مصرفی در این پروژه در محدوده الزامات استاندارد ASTM C-618 برای پوزولان‌ها

جدول ۱۱. میزان تنش و زمان نمونه حاوی نانو سیلیس و پوزولان پوسته

برنج

Mixing time in minutes			
40	25	10	Day
Tension in Kg / cm ²			
255	268/20	201/23	3
336	342/70	327/4	7
396	415/8	397/75	28

Table 11. In samples of nano-silica stress and time and pozzolan Rice

پس از قرارداد نتایج آزمایش‌ها در نرم‌افزار جدول (۱۲) به دست آمد که نشان می‌دهد اگر نمونه‌ها را در حدود ۷۷ روز بعد از عمل‌آوری تحت تست فشاری قرار دهیم و بتن را در حدود ۱۶ دقیقه تحت اختلاط قرار دهیم مقاومت فشاری بتن به ماکزیمم حالت خود می‌رسد.

جدول ۱۲. تخمین بهینه روز و زمان

Factor	Level	Levels Explained	Factor
76/476	3	28	Day
15/546	2	25	Mixing time

Table 12. estimate the optimal day and time

نمودار تأثیر زمان و روز بتن حاوی نانو سیلیس و پوزولان پوسته برنج طبق آزمایش‌های انجام گرفته در شکل (۹) و نمودار تاثیر گذاری زمان و روز بتن حاوی نانو سیلیس و پوزولان پوسته برنج در شکل (۱۰) ارائه شد.

شکل ۹. عکس نمودار تأثیر زمان و روز بتن حاوی نانو سیلیس و پوزولان

پوسته برنج

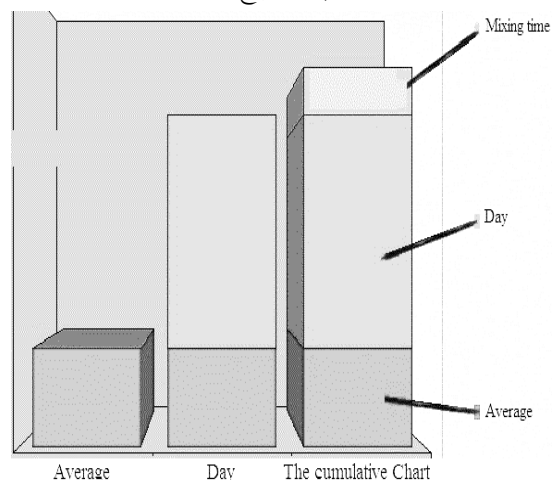


Fig. 9. Photo graph with time and day pozzolan concrete containing Nano-silica and rice husk

قرار دارد.

نتایج آزمایش XRD نشان می‌دهد که سیلیس موجود در خاکستر پوسته برنج مصرفی کاملاً آمورف است. بر طبق طرح آزمایش تاگوچی اگر این نوع بتن را حدود ۱۶ دقیقه تحت اختلاط قرار دهیم و نمونه‌های بتن را بعد از حدود ۷۷ روز عمل آوری تحت تست فشاری قرار دهیم بهترین حالت را از خود نشان می‌دهد. که با نتایج بدون آزمایش تاگوچی حدود ۹ درصد اختلاف دارد که پایین‌تر از میزان خطای مجاز است. میزان خطای مجاز در طرح آزمایش توسط تاگوچی ۱۲ درصد است.

استفاد از نانو سیلیس همراه با پوزولان پوسته برنج به دلیل خاصیت پوزولانی و پرکنندگی آن‌ها باعث کاهش نفوذ پذیری این نوع بتن در برابر حمله سولفات می‌شوند. استفاده از پوزولان همراه نانو سیلیس مقاومت فشاری بهتری نسبت به بتن‌های معمولی از خود نشان می‌دهد.

References

۸- مراجع

- [1] Adam N. concrete technology. Ramezaniapour translation, published thirteen.tehran: Page 110, 448 .Science and Technology Press, 2005.(In Pertian). [2] Eric F, Hashemi A. Carbon fibers and composites, the Polymer Research Center, Tehran, Iran, January 1993 P. 7-4.(In Pertian). [3] Kalvndy M. The use of nanoparticles in the rehabilitation and repair of concrete structures. International Conference on Seismic Retrofitting of Iran, Tabriz University, 29 Sealing until 1 November. 1998 S7-1.(In Pertian). [4] Scrivener kl, kirk parrick Rj. Innovation in use and research on cementitious material: cement and concrete research, 2008. 30: 128-136. [5] Li hui, hg xiao, jje, jp ou. Microstructure of cement mortar with nano-particles composites. Part B: engineering, 2004. 35: 15-189. [6] Li Geng ying, etc. Mechanical behavior and microstructure of cement composites in incorporating surface treated multi-walled carbon nano tubes, carbon, 2005. 43: 1239-1245.
- [7] Li Hui, etc. A study on mechanical and pressure-sensitive properties of cement mortar with NaNo phase materials: cement and concrete Researen, 2004. 34: 435-438.
- [8] Li zhenhua, etc. Investigation on the preparation and mechanical properties of NaNo – alumina reinforced cement composite, material letters, 2006.60: 356-359.
- [9] Kuo Wen- yih, etc. Effect of organo – modified montmoril lonite on strengths and permeability of cement mortars: Cement and concrete research, 2006. 36: 886-895.
- [10] Li Hui, ect. Abrasion resistance of concrete containing nano-particles for pavement wear, USA, 2006.Oct 23-26, PP: 1262-1266.
- [11] Qing ye, etc. Influence of nano-sio2 addition on properties of hardened cement paste as compared with silica fume, construction and Building materials, USA, 2007. Nov 22-26, PP: 399-545.
- [12] Li Gengying. Properties of high- Volume fly ash concrete in incorporating NaNo- Sio2: Cement and concrete research, 2004.34: 886-895.
- [13] Mehta pk. properties of blended cements made from rice husk ash, aci material journal, sept, 1977. pp: 440-443.
- [14] Mulla Rezaei M. Introduction to Design of Experiments Taguchi, Industrial Engineering Society, University of Najaf Abad, 2013.s7-1. (In Pertian).
- [15] Naji Givi A, Suraya Abdul Rashid, Farah Nora A. Aziz, Mohamad Amran Mohd Salleh, Contribution of Rice Husk Ash to the properties of mortar and concrete :A review, Journal, 2010.
- [16] Dale P. Bentz, Max A. Peltz, John Winpighler 2009, The influence of water-to-cement mass ratio (w/c) on early-age properties of cement-based materials is investigated using a variety of experimental techniques. ASCE Journal of Materials in Civil Engineering, 21 (9), 512-517, 2009.
- [17] Enayati A, Armaghani A. Delayed effects of concreting on concrete compressive strength. International Conference on Seismic Retrofitting of Iran, Tabriz, 29 October, 1998, S4-1.(In Pertian).
- [18] Ramezaniapour A et al., Effect of natural pozzolan on the durability of concrete against sulfate attack, the first national conference of concrete. Conference Center National Library of Iran, October 1999.(In Pertian).

The examination of mixing time on the compressive strength of Nano-silica concrete with rice husk pozzolan

Shoab Kasehgar Mohammadi ^{1*}, Porya Eghbali ², Abozar Kasehgar Mohammadi ³

1. Young Researchers And Elite Club, Dariun Branch, Islamic Azad University, Dariun, Iran
2. Invited lecturer ,Civil Engineering, Kasra University, Iran
3. M.Sc. Student of Structural Engineering, Islamic Azad University, CHalus Branch, CHalus , Iran

* Shoabmohammadi@ymail.com

Abstract:

Due to the increasing use of concrete and the use of additives in it , research in this direction is very important. Resistance is one of the effective values in the design and control of concrete quality that numerous factors and parameters affect it. Perhaps increasing in concrete mixing time is one of the parameters that are considered less attention and in this research ; the effect of mixing time on compressive strength of Nano - silica concrete with pozzolan rice husk was studied and were compared with concrete without Nano - silica and pozzolan rice husk .Therefore the effect of sulfate to reduce the resistance of this type of concrete was studied and compared. So , a number of pieces of concrete cube with sides of 15 cm contains %1 Nano - silica and 20% pozzolan husk Rice with a time of mixing varies between 10 to 40 minutes , that every 5 minutes , 3 samples of concrete were taken and made in the days 3 , 7 and 28 under the stress test and ultimately the results of mixing different compressive strength by the time was drawn and reported. Rice husk also tested and its components determined and compared with the standard. Nano - silica concrete and concrete pozzolan rice husk and without Nano – silica and pozzolan was also photographed to compare the density of particles , and at the end testing plan was written by Taguchi testing of concrete. The results show that for the most compressive strength of concrete pozzolan Nano comes with rice husk , the right time (optimal) 25 minutes with a Taguchi test results differ by about 9 percent lower than the margin of error is permitted , that at this time the concrete maximum compressive strength shows the maximum compressive strength at 28 days after the concrete 415 kg/cm² and then does not show significant strength concrete. Pozzolan concrete without silica and rice husk increasing mixing time increases the compressive strength of concrete 375 kg/cm² in 28 days from the time the concrete mixing process increase the resistance of shows. Ash consumption in the non - crystalline silica , which is 88% of the project , has shown its high pozzolanic activity. Physical and chemical (XRF) examination showed that rice husk ash used in this project within the requirements of ASTM C-618 for pozzolan is located. XRD results show that the consumer is fully amorphous silica from rice husk ash. As the electro - microscopic pictures (sem) is observed in samples without Nano - silica and pozzolan rice husk , the concrete has uneven texture and large crystals are clearly visible which are connected with needle - shaped crystals and large pores are clear in concrete. However , the concrete samples with Nano - silica and rice husk pozzolan , concrete has a more amorphous structure which are homogeneous and integrated together. And the porosity of the concrete is significantly reduced , which increases the resistance of concrete.

Keywords: Nano-silica, rice hull pozzolan, mixing time, the compressive strength of concrete, Taguchi experimental design.