کاربرد خاکستر پوسته برنج در بتن کوبیده

حسن رحیمی*[۱]

چکیده

کاربرد انواع خاکسترهای سیلیسی به عنوان افزونه در تهیه بتن غلتکی (رولکریت) طی دودههٔ گذشته توجه پژوهشگران را جلب کرده است. در این زمینه قسمت اعظم پژوهش در کارگاه و روی نمونههای اصلی انجام شده است. دراین مقاله، بررسی آزمایشگاهی بتن غلتکی با استفاده از خاکستر پوسته برنج تشریح شده و د رآن آثار عوامل مختلف ازجمله نوع انرژی تراکمی، ترکیب مصالح سنگی، درصد رطوبت و میزان خاکستر پوسته برنج مصرفی به جای بخشی از سیمان بررسی شده است. کلیه آزمونههای بهکار رفته در قالبهای استوانهای فولادی به ابعاد ۳۰×۱۵ سانتیمتر و با استفاده از میز و چکش ارتعاشی، فشرده شده و سپس د رمعرض آزمایشهای مقاومت فشاری، کششی و نفوذپذیری قرار گرفتهاند. نتایج حاصل نشان دادهاند که میتوان درآزمایشگاه، کیفیت نمونههای کوچک مقیاس بتن غلتکی را با نشاندن خاکستر پوسته برنج به جای بخشی از سیمان بسیار بالا برد.

نشاندن خاکستر پوسته برنج به جای سیمان تا حدود ۳۰ درصد تأثیر چندانی بر مقاومت بتن غلتکی ندارد. درصورت افزایش این مقدار تا ۹۰ درصد، مقاومت کاهش مییابد امّا مقدار آن هنوز بالاست و رقمی در حدود ۴۰ مگاپاسکال برای فشار و ۸ مگاپاسکال برای کشش است. دراین تحقیق هم چنین اثر افزایش حرارت و زمان مراقبت در مقاومت بتن ارزیابی شده است. نتایج آزمایشهای نفوذپذیری بااستفاده ازگاز ازت نشان داده است که بین نفوذپذیری آزمونههای بتن معمولی و بتن کوبیده تفاوت چندانی نیست و با افزایش مقدار خاکستر در بتن غلتکی مقدار نفوذپذیری تا حدودی افزایش مییابد.

۱- مقدمه

پوسته برنج یکی از محصولهای زائد کشاورزی است که به علت پوک بودن، حجم قابل توجهی را تشکیل میدهد و غالباً در کارخانههای برنجکوبی به عنوان یک ماده زائد و دور ریختنی مسئلهساز است. هرتن شلتوک برنج در حدود ۲۰۰ کیلوگرم پوسته دارد که پساز سوختن درحدود ۴۰ کیلوگرم خاکستر تولید میکند. خاکستر ناشی از سوختن پوسته برنج سرشار از مواد سیلیسی شدیداً فعال است که همانند دیگر مواد پوزولانی در حضور آب با سیمان پرتلند وارد ترکیب میشود.

استفاده از خاکستر پوسته برنج برای اصلاح کیفیت بتن از سالها پیش توجه پژوهندگان را جلب کرده است (۸،۹،۱۰). آزمایشهای گذشته نشان داده است که خاکستر پوسته برنج میتواند به عنوان یک ماده افزودنی برای بهبود پارهای از ویژگیهایبتن مانند مقاومت،پایائی Durability، خزش، تکیدگی (انقباض) ناشی از خشک شدن، حرارت زایی، مقاومت در مقابل سولفاتها و غیره بکار رود.

هدف اصلی این پژوهش بررسی در بارهٔ امکان و شرایط استفاده از خاکستر پوسته برنج به عنوان یک ماده افزودنی (جهت بهبود ویژگیهای بتن) و یا جانشینی برای بخشی از سیمان مصرفی در بتن غلتکی یا بتن کوبیده (رولکریت) است که ابتکار جدیدی در صنعت سدسازی بهشمار میرود. برنامه تدوین شده برای این تحقیق شامل ساخت نمونههای بتن کوبیده در آزمایشگاه با روش متداول و سپس نشاندن خاکستر پوسته برنج به جای سیمان وبررسی بعضی از خصوصیات مختلف نمونههای حاصل(مقاومت فشاری، کششی و نفوذپذیری) است.

---

* - دانشیار دانشگاه تهران

بدیهی است به دلیل وسعت دامنه عملیات ، این مقاله در برگیرنده کلیه ویژگیهای ناشی از افزودن خاکستر پوسته برنج به بتن کوبیده نیست و در آن دمای سوختن و ضریب نرمی خاکستر ثابت فرض شده است.

۲- مواد، وسایل و روش آزمایش

۲-۱- مواد بکار رفته

دانه‌های سنگی بکار رفته دراین بررسی متشکل از شن درشت (۳۰ میلی‌متر) ، شن متوسط (۲۰میلی‌متر) و شن ریز (۱۰ میلی‌متر) شکسته با منشاء آهکی تهیه شده از سنگ شکنهای اطراف تهران با وزن مخصوص ۲/۶۵ و میزان جذب آب حدود ۰/۵ درصد است. برای رسیدن به دانه‌بندی مناسب جهت مخلوط به کاررفته در تهیه بتن از حدود دانه‌بندی توصیه شده و Road Note شماره ۴ استفاده شده‌است(۱۱).

ماسه مورد استفاده نیز ماسه شکسته با وزن مخصوص ۲/۶۵ ، ضریب نرمی ۳/۲ و جذب آب حدود ۱ درصد است.

برای تولید خاکستر از یک کورهٔ مشعلی خاص (به روش توصیه شده در مرجع شماره ۷) و برای آسیا کردن آن ازیک آسیاب ساچمه‌ای استفاده شده و خاکسترها با الک شماره ۳۴۰ سرند شده‌اند.

۲-۲- وسایل به‌کار رفته

به‌طورکلی با توجه به نوع آزمایشهایی که در بررسی پیش‌بینی شده‌اند وسایل به‌کار رفته شامل دستگاههای لازم برای انجام آزمایشهای تعیین مقاومت فشاری و کششی (دستگاه بتن‌شکن) و آزمایش تعیین نفوذپذیری است. برای متراکم ساختن و قالب‌گیری آزمونه‌های بتن کوبیده ، قالبهای استوانه‌ای استاندارد (۱۵×۳۰ cm) به‌کار رفته است. برای سهولت عمل تراکم و قالب‌گیری ، در زیر هر قالب یک صفحه ضخیم فولادی به عنوان کف و در بالای آن یک‌گلویی به ارتفاع ۵ سانتی‌متر و به قطر ۱۵ cm نصب شده . قسمت گلویی بالایی صرفاً برای آسانی عمل تراکم آخرین لایه در قالب (مشابه تراکم خاک در روش پراکتور) طراحی شده است. صفحه پایینی قالب نیز قابل نصب روی میز مرتعش یا یک پایه برای انجام شدن تراکم با چکش ویبره (چکش مرتعش) است. برای متراکم ساختن بتن کوبیده نیز با توجه به آزمایشهای گذشته (۱۱) چکش مرتعش به کار رفته و تراکم به مدت ۴۵ثانیه انجام شده است. برای تعیین مقاومتهای فشاری و کششی ، دستگاه بتن‌شکن خودکار ۳۰۰ تنی به کار رفته و در تعیین نفوذپذیری به علت دراز شدن زمان آزمایش در صورت به کار بردن آب، از روش غیر مستقیم یعنی تعیین نفوذپذیری نسبت به گاز ازت و سپس تبدیل ارقام حاصل به نفوذپذیری نسبت به آب طبق روش توصیه شدهٔ با مفورث (۱) استفاده شده.

۲-۳- روش آزمایش

الف- ساخت نمونه‌هاوآزمایشهای تعیین مقاومت

به منظور تعیین بهترین نسبت اختلاط برای ساخت نمونه‌های بتن کوبیده ساده ، نخست ا زروش توصیه شدهٔ کمیته ۲۰۷ انجمن بتن آمریکا (۱۲) استفاده شده و ارقام زیر در طرح مخلوط به کار رفته است.

حداقل مقدار ملات در مخلوط	P_v=۰/۴
حجم مطلق دانه‌های سنگی	
درشت در واحد حجم بتن	C_v
برای شن ریز	۴۲-۴۸%
برای شن متوسط	۴۶-۵۲%
برای شن درشت	۴۹-۵۴%
حجم هوای محبوس	۲%

مقدار بهینه آب و نسبت آب به سیمان برای هریک ازدانه‌های سنگی از مرجع شماره (۱۱) برگرفته شده. بدین ترتیب طرح مخلوط بتن کوبیده برای سه‌نوع، متناسب با حداکثر اندازه دانه‌های سنگی مذکور در جدول شماره ۱ بررسی شده است.

جدول شماره ۱- نسبت اختلاط سه نوع بتن به‌کار رفته در آزمایشها

نوع مخلوط	حداکثراندازه دانه‌های سنگی (میلی‌متر)	شن (Kg/m^3)	ماسه (Kg/m^3)	آب (Lit/m^3)	مقدار کل ماده سیمانی (Kg/m^3)
I	۱۰	۱۳۹۵	۷۲۰	۱۰۷	۲۴۰
II	۲۰	۱۴۷۳	۶۴۳	۹۴	۲۴۰
III	۳۰	۱۵۹۰	۵۲۷	۸۵	۲۴۰

پس‌از تعیین نسبتهای اختلاط، مصالح به کمک مخلوط‌کن آزمایشگاهی مخلوط و در ۵ لایه در قالبهای استوانه‌ای استاندارد با چکش مرتعش متراکم شده، پس‌از متراکم شدن آخرین لایه، قسمت گلویی از روی قالب برداشته شده و سطح آخرین لایه با کمک ماله به محازات لبه بالایی قالب صاف شده، کلیه آزمونه‌ها پس‌از تراکم، مدت ۲۴ ساعت در زیر گونی خیس و در دمای حدود ۲۱ درجه سانتیگراد نگاهداری سپس از قالبها خارج و مدت ۲۶ روز در مخزن آب استاندارد نهاده شده است. روز بیست و هفتم آزمونه‌هارا از آب بیرون آورده پس‌از ۲۴ ساعت قرار گرفتن در محیط آزمایشگاه توزین کرده و روز بیست و هشتم برای تعیین مقاومت فشاری و کششی آزموده‌ایم. هر یک از ارقام مقاومتهای فشاری و کششی ارائه شده در این مقاله، میانگین ۳ نمونه است.

برای بررسی اثر افزایش خاکستر پوسته برنج، تعدادی آزمونه نیز با نشاندن خاکستر به جای سیمان به میزان ۱۰، ۳۰، ۵۰، ۷۰، ۹۰ و ۱۰۰درصد و با روش مشابه قبلی ساخته‌ایم و پس‌از ۲۸ روز برای تعیین مقاومت، آزمایش کرده‌ایم.

نظر به اینکه کامل شدن واکنش پوزولانی خاکستر و سیمان نیاز به زمان و دمای بیشتری نسبت به شرایط متعارف دارد، تعدادی آزمونه نیز با استفاده از نسبت اختلاط نوع I ساخته‌ایم و پس‌از ۶۰ روز نگاهداری در مخزن آب با دمای ۱±۳۵ درجه سانتی‌گراد برای تعیین مقاومت آزمایش کرده‌ایم.

ب- آزمایش نفوذپذیری

برای تعیین میزان نفوذپذیری آزمونه‌های بتن کوبیده ساده و آزمونه‌های ساخته شده با درصدهای مختلف خاکستر پوسته برنج، تعدادی از آزمونه‌های ترکیب I و II از نظر نفوذپذیری، آزموده و نفوذپذیری آزمونه‌ها را با نفوذپذیری تعدادی آزمونه ساخته شده از بتن معمولی با مقاومت بالا مقایسه کرده‌ایم. چنانکه پیشتر گفته شد برای آسان انجام شدن آزمایشها و صرفه‌جویی در زمان، برای تعیین نفوذپذیری، روش با مفورث، که در آن نفوذپذیری نمونه بتن نسبت به یک‌گاز بی‌اثر (مانند ازت) تعیین می‌شود به‌کار رفته است.

در این آزمایش، همه آزمونه‌ها را مدت ۶۰روز در مخازن استاندارد آب و مدت ۷ روز در هوا نگاه داشته و سپس برای تعیین نفوذپذیری آزموده‌ایم. آزمونه‌های شاهد

ساخته شده از بتن معمولی با مقاومت بالا را نیز در همان شرایط و به همان مدت زیر نظر گرفته‌ایم تا مقایسه ارقام نفوذپذیری امکان‌پذیر باشد.

پس‌از پایان دوره مراقبت ۶۷روزه، هر آزمونه استوانه‌ای را با ارهٔ الماسی ویژهٔ برش بتن ، بریده و پس‌از حذف دوقطعه به ضخامت ۳ سانتیمتر ازقسمت بالایی و پایینی هر استوانه، تعدادی آزمونه دیسکی به ضخامت ۵ سانتیمتر برای آزمایش نفوذپذیری تهیه کرده‌ایم .

آزمونه‌های حاصل ، مدت ۲۴ ساعت در هوا نگاهداری شده‌اند تا رطوبت سطحی آنها تبخیر شود. وسیله اندازه‌گیری نفوذپذیری متشکل از دوصفحه فولادی بالایی و پایینی است که آزمونه‌های دیسکی به کمک دومغزی لاستیکی ضخیم بین این دوصفحه قرار می‌گیرد و گاز ازت تحت فشار معین از طریق صفحهٔ پایینی وارد آزمونه شده و از صفحه بالایی خارج و مقدارش با یک سیستم اندازه‌گیری تعیین می‌شود.

برای جلوگیری ازنشت گاز ازت از سطح جانبی آزمونه‌های دیسکی ، این سطحها با دولایه رزین‌اپوسکی اندود می‌شوند که لایه اول ۴۸ ساعت و لایه دوم ۲۴ ساعت پیش‌از آزمایش با قلم مومالیده می‌شود.

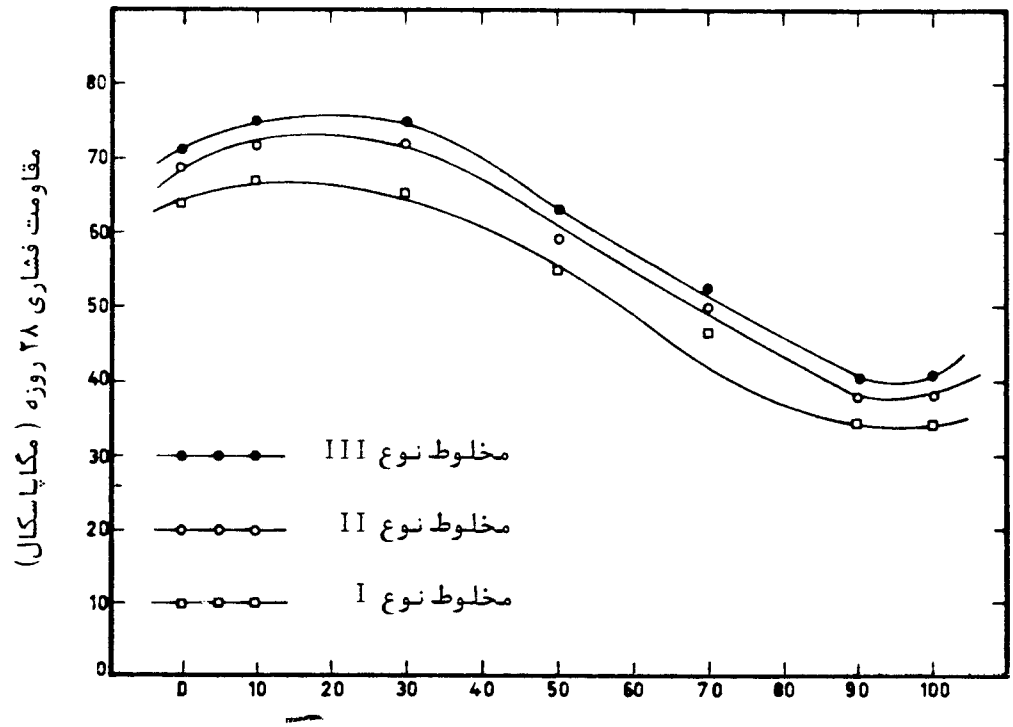
برای تأمین گاز ازت ،کپسولهای تحت فشاری به کار می‌رود که قادر به ایجاد فشار گاز ثابت در حین آزمایش‌اند. فشارهای به کار رفته در آزمایش $۱۰/۳\times۱۰^{۵}$ و $۵/۱۵\times۱۰^{۵}$ نیوتن بر متر مربع (۱۵۰ Psi و ۷۵ Psi) بوده و جریان گاز مدت ۱۵ دقیقه پیش‌از هر قرائت به جریان درآمده ، خواندن حجم گاز خارج شده پس‌از این زمان انجام شده است.

۳- ارائه نتایج و بحث

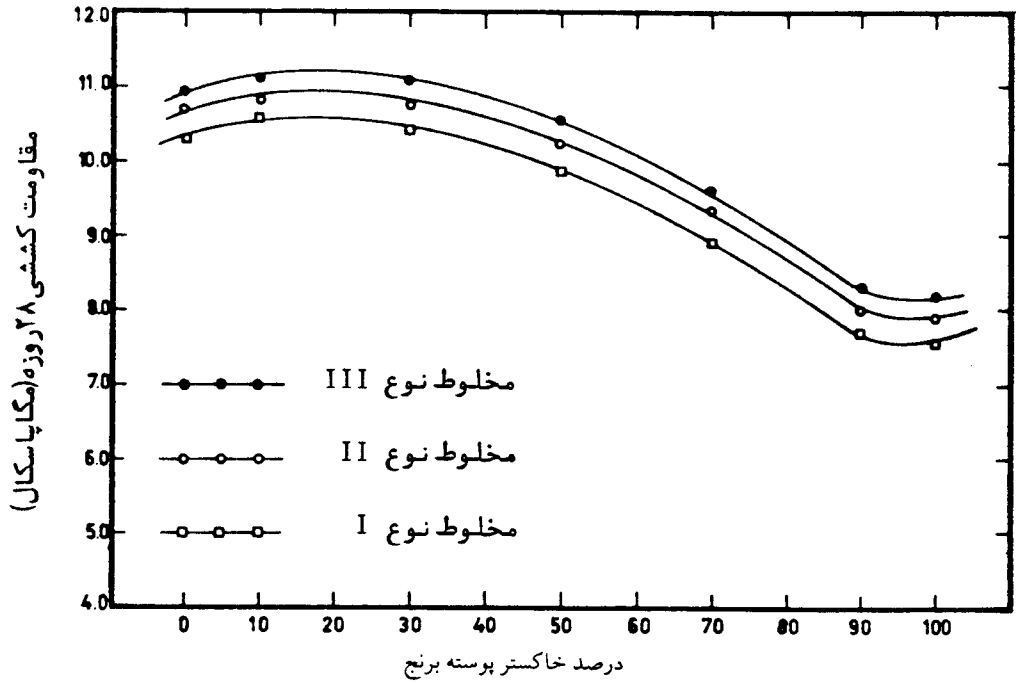
۳-۱- نتایج آزمایشهای تعیین مقاومت

مقاومتهای فشاری و کششی آزمونه‌های بتن کوبیده‌ای را که تحت رطوبت بهینه متراکم و در شرایط استاندارد نگاهداری کرده‌ایم پس‌از ۲۸ روز به دست آورده و تغییرات آنها را برحسب درصدهای مختلف خاکستر پوسته برنج در شکلهای ۱ و ۲ نشان داده‌ایم. ازاین شکلها برمی‌آید که تا حدود ۳۰ درصد نشاندن خاکستر ، به جای سیمان ، تغییر محسوسی در مقاومتها پدید نمی‌آورد و حتی مقاومت اندکی بالا می‌رود. باافزایش بیشتر مقدار خاکستر پوسته برنج ، هر دو مقاومت فشاری و کششی کاهش می‌یابند. در حدود ۹۰ درصد افزایش خاکستر ، کاهش مقاومتها متوقف می‌شود. در حالت حذف سیمان و افزایش خاکستر تا ۱۰۰ درصد ، حدود ۳درصد آهک به مخلوط افزوده‌ایم تاکمبود یون کلسیم در ترکیب با سیلیس خاکستر جبران شود و دراین صورت چنانکه شکل نشان می‌دهد مقاومت قابل توجهی به دست آمده است. بدین سان دیده می‌شود که با داشتن مقدار کافی یون کلسیم، مخلوطهای بتن کوبیده با ۹۰ الی ۱۰۰ درصد خاکستر نیز می‌توانند به مقاومت کافی در حدود ۳۵ الی ۴۰ مگاپاسکال در حالت فشار و ۷/۵ الی ۸ مگاپاسکال در حالت کشش برسند که این ارقام برای بسیاری از سازه‌های پرحجم بتنی کفایت می‌کند.

به منظور بررسی اثر دمای بیشتر و زمان طولانی‌تر مراقبت در واکنش آبگیری مخلوطهای بتن کوبیده حاوی خاکستر پوسته برنج ، تعدادی آزمونه با مخلوط نوع I ساخته‌ایم. این آزمونه‌ها پس‌از تراکم درشرایط مشابه ، مدت ۶۰روزدرمخزن‌آب ۱±۳۵درجه سانتیگراد نگاهداری وسپس برای تعیین مقاومت فشاری و کششی آزمایش شده‌اند. نتایج این‌دسته‌آزمایشها را شکلهای شماره۳و۴نشان‌می‌دهند . چنانکه دراین دوشکل می‌بینیم، آزمونه‌های بتن کوبیدهٔ دارای درصدهای مختلف خاکستر، در شرایط جدید، مقاومت فشاری و کششی بیشتری کسب می‌کنند. اثر حرارت در افزایش مقاومت ، روی آزمونه‌های دارای درصدهای بیشتر خاکستر به مراتب مشهودتر است. نتایج این بخش از بررسی نشان می‌دهد که اختلاف مقاومت‌فشاری و کششی آزمونه‌های بتن کوبیده بازای مقادیر مختلف خاکستر بین ۳۰الی ۹۰ درصدنسبتاًکم و در حدود ۱۰درصداست.این‌امرنشان دهندآن‌است‌که‌در دمای بالاتر،درصورت‌کافی‌بودن‌یون‌کلسیم‌درترکیب، خاکستر به‌خوبی‌هیدراته‌شده،همانندیک سیمان مناسب در مخلوط عمل می‌کند.درمورد آزمونه‌های نگاهداری شده در دمای ۱±۲۱ درجه سانتی‌گراد، اختلاف مقاومت آزمونه‌های دارای ۳۰ و ۹۰درصد خاکستربیشتراز ۳۰ درصداست.



شکل ۱- تغییرات مقاومت فشاری نسبت به درصد
خاکستر پوسته برنج در مخلوط بتن کوبیده



شکل ۲- تغییرات مقاومت کششی نسبت به درصد
خاکستر پوسته برنج در مخلوط بتن کوبیده

برای مشخص کردن اثر زمان مراقبت طولانی برمقاومت بتن کوبیده ، تعدادی آزمونه دیگر با شرایط کاملاً مشابه ساخته ، مدت ۶۰ روز در دمای ۱±۲۱ درجه سانتی‌گراد نگاهداری کرده و سپس برای تعیین مقاومت آزموده‌ایم. نتایج حاصل نشان داده‌اند که اختلاف بین مقاومت در این حالت با مقاومت نمونه‌های ۲۸ روزه خیلی کم و در حدود ۵ درصد است، لذا این نتایج را در شکلهای ۳ و ۴ نیاورده‌ایم.

شرایط مراقبت جدید موجب شد که مقاومتهای فشاری و کششی برای آزمونه دارای ۳۰ درصد خاکستر به ترتیب به ۷۴ و ۱۳/۵ مگاپاسکال و برای آزمونه‌های دارای ۹۰ درصد خاکستر به ۶۵ و ۱۲/۲ مگاپاسکال افزایش یابد. این امر نشان می‌دهد که اگر آزمونه‌های دارای خاکستر پوسته برنج درشرایط مطلوب نگاهداری شوند می‌توانند مقاومتهای بالایی درحد بتن معمولی به دست آورند و لذا کاربرد این ماده با درنظرگرفتن حجم قابل ملاحظه تولیدش در مملکت می‌تواند برای آینده نویدبخش باشد.

شکل شماره ۵ تغییرات وزن مخصوص آزمونه‌های بتن کوبیده را در برابر درصد افزایش خاکستر نشان می‌دهد. چنانکه دراین شکل می‌بینیم برای افزایش خاکستر تا ۱۰ درصد، کاهش وزن مخصوص سریع است و سپس از شدت آن کاسته می‌شود. علت کاهش وزن مخصوص،کمتربودن وزن مخصوص خاکستر در مقابل سیمان و نیزکامل نبودن واکنش آبگیری خاکستر در مقایسه با سیمان پرتلند است.

۳-۲- نتایج آزمایشهای نفوذپذیری

مقادیر نفوذپذیری نسبی آزمونه‌های بتن کوبیده ساخته شده با مخلوطهای نوع I و II را در جدول شماره ۲ آورده‌ایم. از مقایسه ارقام نفوذپذیری نسبی، نتایج زیر به دست آمده است:

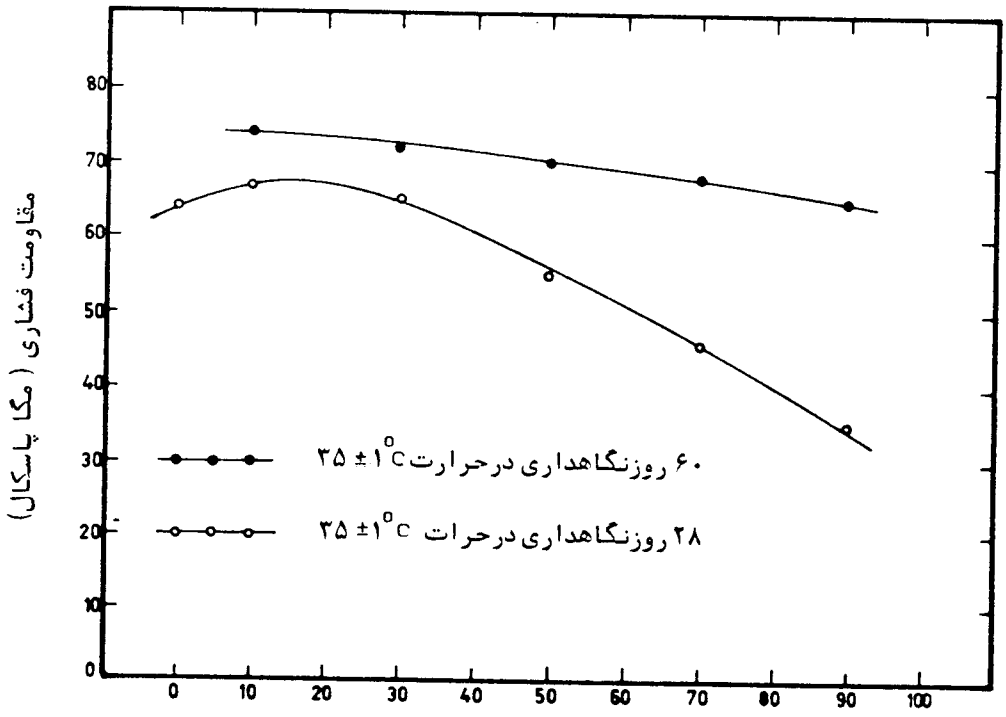
الف- نفوذپذیری آزمونه‌های بتن کوبیده متراکم شده در رطوبت بهینه کمی بیشتر از (در حدود ۱/۵ برابر) آزمونه‌های شاهد(آزمونه‌های بتن معمولی با مقاومت بالا) است. با توجه به مقدار بسیارکمتر سیمان مصرف شده در بتن کوبیده در مقایسه با آزمونه‌های شاهد (۴۷۵ کیلوگرم سیمان در مترمکعب) ، این نفوذپذیری کاملاً مناسب و قابل قبول است.

ب- نفوذپذیری آزمونه‌های بتن کوبیدهٔ دارای خاکستر پوسته برنج باافزایش درصد خاکستر، افزایش می‌یابد. حداکثر نفوذپذیری برای آزمونه‌های دارای ۹۰ درصد خاکستر به حدود ۵ تا ۶ برابر نفوذپذیری آزمونه‌های شاهد می‌رسد.

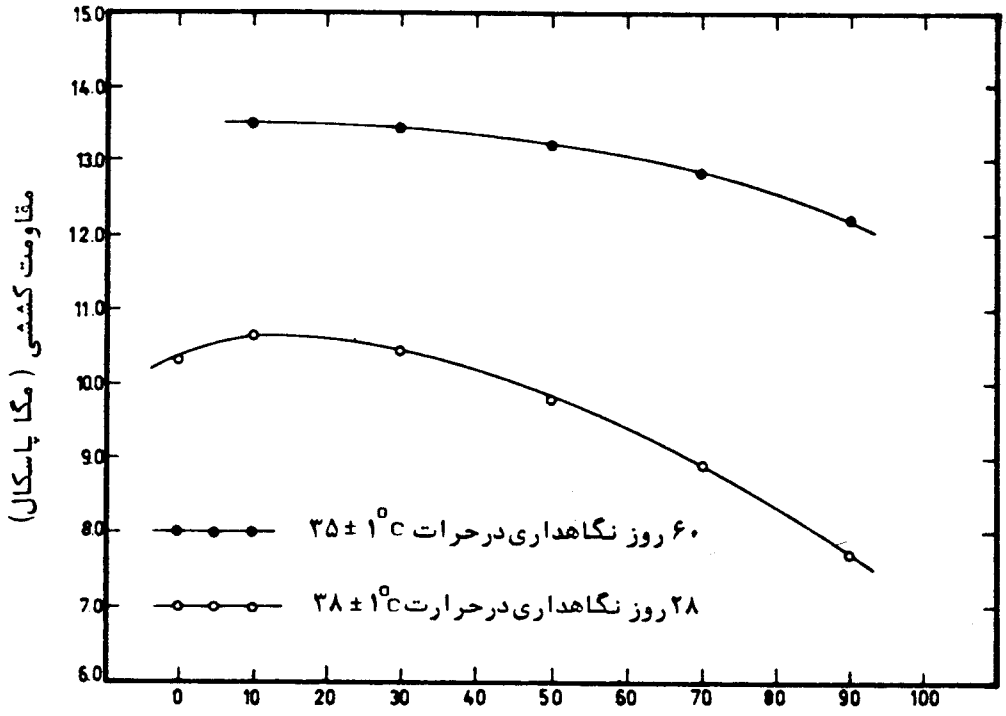
علت افزایش نفوذپذیری در مورد آزمونه‌های دارای مقادیر بیشتر خاکستر را می‌توان کامل نبودن واکنش آبگیری در این آزمونه‌ها دانست . چنانکه در قسمت (۳-۱) دیدیم ، افزایش دما در هنگام عمل آوردن آزمونه‌ها می‌تواند موجب افزایش مقاومت و متقابلاً کاهش نفوذپذیری شود. در عمل و در شرایط بتن ریزی در محل پروژه ، معمولاً به علت بالا بودن دمای محیط (حرارت آبگیری) باگذشت زمان ، واکنش آبگیری خاکستر به مرور کاملتر می‌شود و بالنتیجه انتظار می‌رود تا نفوذپذیری توده بتن به تدریج کاهش یافته سرانجام به مقادیر قابل قبول برسد.

البته‌درحال‌حاضردربیشترسدهایی که در آنها بتن کوبیده جهت‌ساخت‌بدنه‌به‌کارمی‌رودبرای‌اطمینان از کاهش‌نفوذپذیری، رویه بالادست سدازبتن معمولی با عیارسیمان‌زیادساخته‌می‌شود و تجربه چندانی در زمینه مقادیر نفوذپذیری رولکریت در محل دردست نیست.

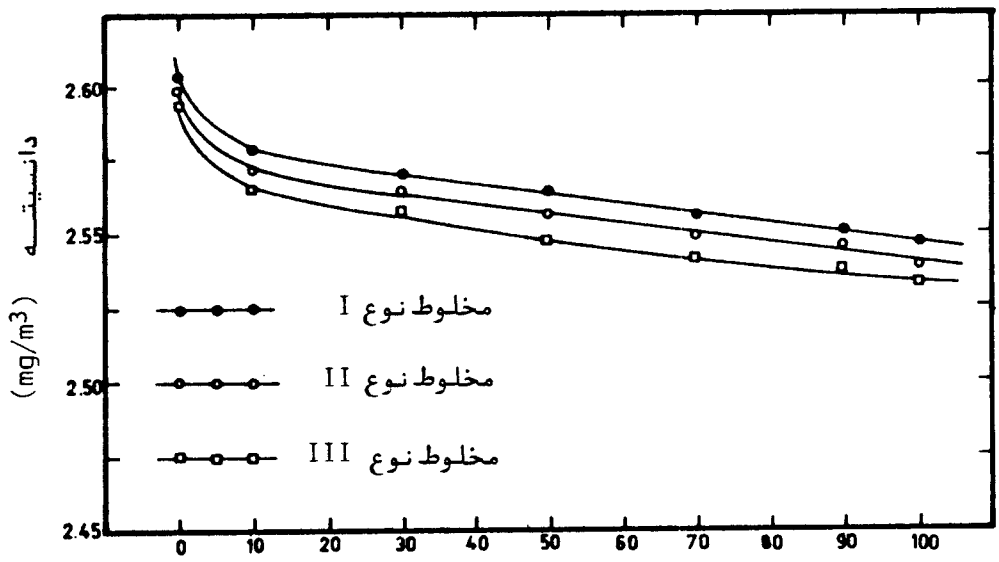
ج- کاهش حداکثر اندازه دانه‌های سنگی (مقایسه مخلوطهای نوع I و II) باعث کاهش نفوذپذیری می‌شود که علت آن کوچکتر شدن اندازه حفره‌های محبوس در آزمونه‌ها به هنگام تراکم است.



شکل ۳- مقایسه بین مقاومتهای فشاری آزمونه‌های بتن کوبیده
نگاهداری شده در شرایط مختلف (مخلوط نوع I)



شکل ۴- مقایسه بین مقاومتهای کششی آزمونه‌های بتن کوبیده
نگاهداری شده در شرایط مختلف (مخلوط نوع I)



درصد خاکستر پوسته برنج

شکل ۵- تغییرات وزن مخصوص نسبت به درصدهای مختلف خاکستر پوسته برنج در مخلوط بتن کوبیده

۴- نتیجه‌گیری

براساس مجموعه اطلاعات بدست آمده از بررسیهای انجام شده تااین مرحله که د رقسمت ۳مقاله ارائه شد، نتایج زیر حاصل می‌شود:

۱- مخلوطهای بتن‌کوبیدهٔ دارای خاکستر پوسته برنج را می‌توان درآزمایشگاه به خوبی تهیه و به‌کمک چکش مرتعش در قالبهای استوانه‌ای ۳۰×۱۵ cm متراکم کرد.

۲- می‌توان در ساخت بتن کوبیده ، خاکستر پوسته برنج را تا حدود ۳۰درصد جانشین سیمان پرتلند در مخلوط کرد بی‌آنکه کاهش زیادی در مقاومت بتن پدید آید. در این حالت پیش‌بینی می‌شود نفوذپذیری به میزان کمی افزایش یابد.

۳- آزمونه‌های بتن کوبیده ساخته شده با حدود ۹۰ تا ۱۰۰ درصد خاکستر می‌توانند در صورت عمل آمدن در شرایط مناسب، مقاومت فشاری تا ۴۰ مگاپاسکال و مقاومت کششی تا ۸ مگاپاسکال به دست آورند. در این حالت انتظار می‌رود نفوذپذیری تا حدود ۵۰۰ درصد افزایش یابد.

۴- نشاندن خاکستر به جای سیمان موجب کاهش وزن مخصوص بتن می‌شود.

۵- نگاهداری آزمونه‌های بتن کوبیده و دارای خاکستر در دمای بالاتر از شرایط استاندارد (۳۵ درجه سانتی‌گراد) مقاومتهای فشاری وکششی را تا حدود ۳۰الی ۵۰ درصد می‌افزاید.

۶- نشاندن خاکستر به جای سیمان نفوذپذیری آزمونه‌های بتن کوبیده را در کوتاه‌مدت (کمتر از ۳ماه) افزایش می‌دهد. اما انتظار می‌رود باگذشت زمان و در درازمدت (بیشتر از ۳ماه) به علت کاملتر شدن واکنش آبگیری نفوذپذیری نیز کاهش یابد.

جدول شماره ۲- نفوذپذیری نسبی آزمونه‌های بتن کوبیده

محل نمونه	درصد افزایش خاکستر	نفوذپذیری نسبی		نفوذپذیری متوسط	
	۰	مخلوط‌نوع I	مخلوط‌نوع II	مخلوط‌نوع I	مخلوط‌نوع II
بالا	۰	۰/۸۵	۱/۰۶		
وسط	۰	۲/۲۱	۱/۹۱	۱/۴۶	۱/۱۸
پائین	۰	۱/۳۲	۰/۵۷		
بالا	۱۰	۱/۷	۱/۳۵		
وسط	۱۰	۲/۴	۱/۲۰	۱/۸۵	۱/۲۵
پایین	۱۰	۱/۴۵	۱/۲۰		
بالا	۳۰	۳/۵	۳/۴۰		
وسط	۳۰	۳/۱۰	۳/۱۰	۳/۲۱	۲/۹۸
پایین	۳۰	۳/۵	۲/۴۵		
بالا	۵۰	۳/۸۰	۴/۳۰		
وسط	۵۰	۳/۹۰	۳/۱۰	۳/۸۱	۳/۶۰
پایین	۵۰	۳/۷۵	۳/۴۰		
بالا	۷۰	۴/۱۰	۴/۴۰		
وسط	۷۰	۵/۳۰	۴/۶۰	۴/۷۳	۴/۶۵
پایین	۷۰	۴/۸۰	۴/۹۰		
بالا	۹۰	۵/۸۰	۶/۱۰		
وسط	۹۰	۶/۹۰	۶/۴۰	۶/۴۳	۶/۳۳
پایین	۹۰	۶/۷۵	۶/۶۰		

۵- سپاسگزاری

کلیه آزمایشهای انجام شده در قالب یک طرح تحقیقاتی مصوب شورای پژوهشی دانشگاه تهران در آزمایشگاه مصالح گروه مهندسی آبیاری دانشگاه تهران انجام شده است. وظیفه خود می‌دانم از معاونت پژوهشی دانشگاه تهران و دانشکده کشاورزی که در فراهم آوردن امکانات مالی برای اجرای این تحقیق نقش مؤثری داشته‌اند تشکر کنم.

فهرست منابع:

1- BAMFORTH , P • B • (1987) . The relationship between Permeability Coefficients for Concrete Obtained usin of gliquid and gas. **Magazine of Concrete research, Vol. 39, No. 138,PP 3–11.**

2- BURN , C • D • and K • L • SAUCIER,(1978).Vibratory Compaction Study of zero–slump Concrete. **ACI Uournal, Proc. Vol. 75, No. 3, PP 87–90**

3- CANON , R. W. (1972) . Concrete dam Construction using earth Compaction methods. **Economical Construction of Concrete Dams, American Society of Civil Engineers,** New York, PP 143–152.

4- CANNON, R. W. (1974). Compaction of mass Concrete With Vibratory roller. **ACI Journal., Proc.** Vol. 71, No. 10, PP 506–513.

5- DUNSTAN , M • R • H • (1981) . Relationship between Properties generated by Cement and fly ash. **Rolled Concrete for Dams, Construction Industry Research and Information Ass.,** London, Paper 3.

6- HAGUE, M•N•, B•W•LANGAN and M•A•WARD. (1984). High fly ash Concrete. **ACI Journal, Proc.** Vol. 81,PP 54–60.

7- MEHTAP•K• (1977). Properties of blended Cement made from rice husk ash. **ACI Journal, Proc.** Vol. 74, No. 9, PP 440–442.

8- MEHTA , P • K • and GJORV , O•E.(1982). Properties of Portland cement containing fly ash and condensed silica fume. **Cement and Concrete Research,** PP 587–596.

9- MEHTA, P•K• and PRITZ, D• (1978). Use of rice hull ash to reduce temprature in high Strength mass Concrete, **ACI Journal, Proc.** Vol. 75,No. 7, PP 60–63.

10- MEHTA, P•K• and PITT,N. (1977). Energy and industrial materials from Crop residues. **Resource Recovery and Conservation,** Vol. 2, PP 23–38.

11- RAHIMI , H • (1987). Laboratory investigation on concrete for roller Compaction. **Research report,** University of Melbourne., 120 PP.

12- ACI COMMITTEE 207, (1980). Roller Compacted Concrete, **American concrete Institute,** Detroit, 22 PP.

13- Rolled Concrete triumphs, (1982), **Engineering News Record,** PP 34–37.

ABSTRACT

RICE HUSK ASH AS AN ADMIXTURE FOR ROLLER COMPACTED CONCRETE

Rahimi – H

The usage of different silicious materials as a dmixture for roller compacted concrete has been under consideration since last decade. Most of the experimental work has been done in the field. In this research work laboratory investigations were made on the materials, the main variables being : type of compactive effort, aggregate Proportioning, water content and the amount of rice husk ash (RHA)replacement for cement. All the investigations were made on the specimens compacted in 15×30 cm cylindrical steel moulds, by vibratory hammer and table. with these variables, compressive and tensile strengths, as well as Permeability of the specimens were measured.

The results showed that RCC specimens of very good quality could be made using RHA as a part of the cementitious material.

Replacement of RHA for cement up to about 30% has no significant effect on the strength of RCC specimens. With higher percentages of replacement up to 90%, RCC still can produce an acceptable compressive and tensile strength of about 40 and 8M parespectively. Effect of higher curing tempratures were also investigated. The results of gas permeability teste showed that there is no significant difference between RCC and a normal high strength concrete except some increase in permeability for very high percentage (90%) of RHA.