فصلنامه آنالیز سازه- زلزله دوره ۱۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶

بررسی تأثیراستفاده پودر پوسته تخم‌مرغ درخواص بتن تر و سخت شده

افشین امیری
گروه مهندسی عمران، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
عبدالکریم عباسی دزفولی*
عضو هیات علمی، گروه مهندسی عمران، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران
Abbasihamid@hotmail.com

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۰۵ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۶/۰۳/۱۷

چکیده:

امروزه در اکثر نقاط دنیا تحول عظیمی در تکنولوژی بتن برای دستیابی به بتنهای با مقاومت بالا پدید آمده‌است. کاربرد پوزولانها و افزودنیها در بتن برای دستیابی به بتنهای با مقاومت بالا و با دوام، چند سال است که در صنعت بتن جا باز نموده است. ریزی نسبی بسیار زیاد پوزولان‌ها و ایجاد واکنش با هیدروکسید کلسیم موجود در سیمان، این ماده سبب کاهش تخلخل و نفوذپذیری و افزایش دوام و مقاومت در بتنها شده است. در این تحقیق نقش پودر پوسته تخم‌مرغ و تأثیر آن بر خواص مکانیکی و پایایی بتن و رسیدن به درصد بهینه استفاده ازپوسته تخم‌مرغ جهت کسب مقاومت بالا و دوام مناسب مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق تستهای آزمایشگاهی که شامل بررسی درصد جذب آب، وزن مخصوص بتن، تست مقاومت الکتریکی (که نشان‌دهنده‌ی میزان خوردگی و نفوذپذیریست) و تست مقاومت فشاری بر روی نمونه‌هایی با ۰،۱۰ و ۲۰ درصد وزنی پوسته تخم‌مرغ جایگزین سیمان در شرایط سنی ۳، ۷ و ۲۸ روزه بر روی نمونه ۱۵*۱۵*۱۵ سانتیمتری ساخته شده صورت پذیرفته است. نتایج بدست آمده آزمایشات نسبت به بتن شاهد نشانگر آن بوده که افزودن ۱۰ درصد پودر پوسته تخم‌مرغ جایگزین سیمان، با کاهش ۱۲ درصدی اسلامپ، افزایش ۱ درصدی مقاومت فشاری، کاهش ۲۱ درصدی جذب آب ، افزایش ۲ درصدی وزن مخصوص بتن و افزایش ۹۰ درصدی مقاومت الکتریکی بتن گردیده و همچنین با افزودن ۲۰ درصد پوسته تخم‌مرغ جایگزین سیمان، با کاهش ۲۴ درصدی اسلامپ، کاهش ۱۷ درصدی مقاومت فشاری، افزایش ۴ درصدی جذب آب ، افزایش ۱ درصدی وزن مخصوص بتن وافزایش ۹۰ درصدی مقاومت الکتریکی بتن گردیده است.از نتایج این تحقیق می‌توان عنوان کرد که استفاده از پوسته تخم‌مرغ جایگزین نسبت مناسبی از سیمان، از نظر کیفی وحفظ محیط زیست باشد.

کلید واژگان: مقاومت فشاری، پودر پوسته تخم‌مرغ، درصد جذب آب، وزن مخصوص بتن، مقاومت الکتریکی بتن

۱- مقدمه

امروزه استفاده از مواد ضایعاتی و بی‌مصرف در بتن با توجه به کاهش خطرات زیست محیطی و از سویی جلوگیری از هدر رفت منابع اولیه وکاهش هزینه‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. طراحی و تولید محصولات مختلف پایه سیمانی سبب گردیده است، که افزودنی‌های گوناگون به طرح اختلاط این محصول اضافه گردد. در صنعت توسعه پایدار بتن، درصورتیکه یک ماده می‌تواند در ساخت محصولات پایه سیمانی مورد استفاده قرار گیرد که دارای اثرات زیست محیطی اندک باشد. براساس خواص نادری که در بتن است، این ماده بصورت عمومی و در سطح وسیعی در کل دنیا در قرن حاضر استفاده می‌شود و تقاضا برای استفاده از بتن در حال پیشرفت می‌باشد. آنچه مسلم است، تحقیقات و توسعه بتن بایستی به طوری صورت پذیرد که بتواند نیازهای جامعه صنعتی را برطرف نماید.

مصرف تخم‌مرغ در ایران بیش از ۹۳۰۰۰۰ تن در سال می باشد، که بیش از ۱۰ درصد وزن تخم مرغ ضایعات پوسته آن می‌باشد. در این تحقیق استفاده از ضایعات پوسته تخم‌مرغ که بیش از ۸۰ درصد آن کربنات کلسیم ($CaCO3$) نوعی سنگ آهکی بوده به جای بخشی از سیمان در بتن مورد مطالعه و آزمایش قرار گرفت. برای این منظور ضایعات پوسته تخم‌مرغ را پس از آسیاب و پودر نمودن آن (بطوریکه از الک نمره ۲۰۰ عبور کرده، یعنی قطری کوچکتر از ۰/۰۷۶ میلیمتر) بمدت ۲ ساعت درکوره تا دمای ۹۵۰ درجه سانتیگراد حرارت داده تا کربنات کلسیم $CaCO3$ به CaO آهک زنده تبدیل گردد. محصول بدست آمده را جایگزین بخشی از سیمان در بتن قرارداده و با انجام آزمایشات برخی از خواص بتن از جمله مقاومت فشاری، جذب آب و وزن مخصوص بتن جدید مورد بررسی قرار گرفت.

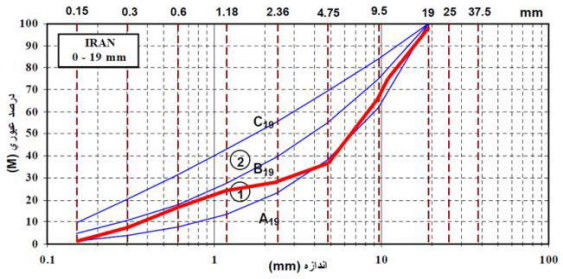
۲-مصالح مصرفی

ماسه مصرفی از منطقه شوشتر از نوع ماسه شسته طبیعی رودخانهای، و شنهای مصرفی از منطقه رامهرمز از نوع شکسته نامنظم در دو سایز ۹/۵ و ۱۹ میلیمتر، که در آن الزامات مربوط به استاندارد ASTM C33 رعایت شده است می‌باشد. مشخصات فیزیکی سنگدانه‌های مصرفی درجدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی سنگدانه های مصرفی در ساخت نمونه ها

سنگدانه	حداکثر قطر سنگدانه ها (mm)	چگالی	درصد جذب آب	مدول نرمی	وزن مخصوص (gr/cm^3) در حالت SSD
شن درشت	۱۹	۲/۶۴	۰/۴۸	۵/۲	۲/۶۳
شن ریز	۹/۵	۲/۶۲	۰/۹۱		۲/۶۱
ماسه	۴/۷۵	۲/۵۹	۱/۶۷		۲/۵۸

۳- نمودار دانه‌بندی مصرفی



شکل ۱- نمودار دانه‌بندی استفاده شده در طرح ساختها (نمودار روش ملی طرح مخلوط بتن[۵])

سیمان مصرفی در این تحقیق جهت ساخت تمامی طرح‌های اختلاط از سیمان پرتلند نوع دو از شرکت سیمان خوزستان با استاندارد ASTM C150-84 استفاده گردیده است. در جدول (۲) مشخصات آنالیز عنصری سیمان نوع ۲ و در جدول (۳) میزان متوسط ترکیبات سیمان پرتلند نوع ۲ و مقایسه آنها با استاندارد ایران ارائه شده است.

جدول۲- مشخصات آنالیز عنصری سیمان نوع۲طبق آنالیزعنصری و مقایسه آن با استاندارد ایران

نوع سیمان	Blaine (cm^2/gr)	SiO_2 (%)	Al_2O (%)	Fe_2O (%)	Cao (%)	Mgo (%)	SO (%)	LIO (%)
تیپ ۲ خوزستان	۳۱۵۰	۲۰/۰۳	۳/۷۲	۳/۳۸	۶۴/۴	۱/۵۴	۲/۲۳	۲/۷۶
ISIRI-389	≥۲۸۰۰	≥۲۰	≤۶	≤۶	-	≤۵	≤۳/۵	≤۳

جدول ۳ میزان متوسط ترکیبات سیمان پرتلند نوع ۲ [۹] و مقایسه آن با کاتالوگ شرکت سیمان خوزستان و استاندارد ایران

	C_4AF	C_3A	C_2S	C_3S
پرتلند نوع ۲ خوزستان	۹/۸	۷/۸	۲۷/۹	۴۶/۹
پرتلند نوع ۲	۱۱/۹	۷/۱	۱۶/۲	۵۸/۰
ISIRI-389	---	< ۸	---	---

۴- مواد افزودنی

۴-۱- پوسته تخم مرغ

ضایعات پوسته تخم‌مرغ را می‌توان از کارخانجات جوجه کشی و یا شیرینی پزی‌ها تهیه نمود. رنگ پوسته تخم مرغ در زمان آسیاب نمودن همانند شکل(۲) سفید رنگ بوده اما در زمان پخت محصول جدید پوسته تخم همانند شکل (۳) به رنگ خاکستری می‌باشد.

شکل (الف) پودرپوسته تخم‌مرغ

شکل (ب) پودر پوسته تخم‌مرغ حرارت داده شده

ضـایعات تخم‌مرغ را پس از آسـیاب و پودر نمودن آن (بطوریکه از الک نمره ۲۰۰ عبور کرده، یعنی قطری کوچکتر از ۰/۰۷۶ میلیمتر) بمدت ۲ ساعت درکوره تا دمای ۹۵۰ درجه سانتیگراد حرارت داده تا کربنات کلسـیم $CaCO_3$ به CaO آهک زنده تبدیل گردد. آنالیز عنصری آن طبق آزمایش XRF در جداول (۴) ارائه شده است.

جدول۴ – مشخصات آنالیز عنصری پوسته تخم‌مرغ

محصول	Blaine (cm^2/gr)	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	Fe_2O_3 (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO_3 (%)	L.O.I (%)
پوسته تخم مرغ	≥۳۱۵۰	۰/۰۷	۰/۰۶	<	۵۴/۹۲	۰/۶۶	۰/۲۳	۴۳/۱۴

۴-۲- متاکائولین

تاثیر پوسته تخم بعنوان یک افزودنی در بتن نیازمند، بررسی و ارزیابی تحقیقات مشابه صورت گرفته قبلی می‌باشد. از اینرو تحقیقاتی در خصوص تاثیر افزودنی متاکائولین بر بتن صورت گرفت. کائولن یک نوع خاک معدنی بسیار ریز است که عموماً بر اساس تجزیه فلدسپارها، گرانیت و آلومینیوم سیلیکاتها شکل میگیرد. به طور معمول در تهیه چینی و سرامیک استفاده میشود[۶]. مواد خام اولیه در تولید متاکائولین، رس کائولن می‌باشد. رسها پوزولان نیستند و واکنش‌زایی محسوسی با آهک نمی‌توانند از خود نشان دهند، مگر آنکه ساختمان متبلور کانیهای آلومینوسیلیکات موجود در رس، به وسیله فرآوری حرارتی به یک ساختمان آمورف یا نامنظم تبدیل شود [۷]. لذا برای تولید متاکائولین رس کائولن را تا محدوده ۷۰۰ تا ۹۰۰ درجه سانتیگراد حرارت می‌دهند که محصول نهایی آن متاکائولین می باشد[۱،۳،۸].

اسـتفاده از متاکائولین ریز سـاختار بتن را بهبود می‌بخشـد و مقاومت و دوام بتن را در برابر نفوذ سـیالات مهاجم (یون کلر و یونهای سـولفات) افزایش می‌دهد. همچنین اسـتفاده از متاکائولین واکنش های قلیایی سـنگدانه ها را کنترل می‌کند. بتنی که با متاکائولین سـاخته شـود احتیاج به مقدار کمی کاهنده آب دارد (در مقایسـه با میکروسـیلیس کاهنده آب کمتری نیاز دارد و یا حتی نیاز ندارد)[۱].

۵- برنامه آزمایشگاهی

۵-۱- مشخصات طرحهای اختلاط

طرح اختلاط ا ستفاده شده در ساخت بتن کنترل در این تحقیق طبق اسـتاندارد ACI-211-89 می‌باشـد[۱۰]. در این تحقیق از ۳ طرح اختلاط استفاده گردیده است که یکی از آنها به عنوان بتن شاهد و ۲ طرح دیگر با ثابت نگه داشتن نسبت آب به مواد سیمانی برابر ۰/۵ و تغییر در مقدار سیمان که در صدهایی از پوسته تخم‌مرغ با مقادیر ۰، ۱۰ و ۲۰ درصد جایگزینی سیمان شده نمونه‌ها ساخته شده است. مشخصات کلی این طرحها در جدول(۵) ارائه گردیده است.

جدول ۵- مشخصات طرح اختلاط ها

مشخصات	نمونه شاهد	نمونه ۱۰٪	نمونه ۲۰٪
ماسه kg/m^3	۷۵۰	۷۵۰	۷۵۰
شن نخودی kg/m^3	۳۴۵	۳۴۵	۳۴۵
شن بادامی kg/m^3	۶۹۵	۶۹۵	۶۹۵
آب Lit	۱۸۵	۱۸۵	۱۸۵
سیمان kg/m^3	۳۷۰	۳۳۳	۲۹۶
پوسته تخم مرغ kg/m^3	۰	۳۷	۷۴
نسبت آب به سیمان	۰/۵	۰/۵	۰/۵

۲-۵- جزئیات نمونه ها

در این تحقیق تستهای آزمایشگاهی مختلفی بر روی بتن معمولی به عنوان بتن شاهد و با درصدهای (۱۰ و ۲۰) پوسته تخم مرغ جایگزین سیمان مصرفی در شرایط سنی ۳، ۷ و ۲۸ روزه و بصورت جداگانه بر روی نمونه مکعبی ۱۵*۱۵*۱۵ سانتیمتری صورت پذیرفته است. بعد از قالبگیری، نمونهها بوسیله پارچه خیس جهت جلوگیری از تبخیرآب بر روی نمونهها قرار داده شد و پس از ۲۴ ساعت و در شرایط مرطوب در محیط آزمایشگاه از قالب خارج شدند و بصورت مستغرق در آب قرار داده شدند. سپس عملآوری برخی نمونهها تا ۳ روز، ۷ روز و برخی دیگر تا ۲۸ روز براساس نوع آزمایش و بر طبق استاندارد صورت پذیرفت . بعد از ۳، ۷ و ۲۸ روز عملآوری در آب، نمونهها به ترتیب برنامه ریزی جهت انجام آزمایشها از آب بیرون آورده شدند.

۶- نتایج آزمایش ها و تفسیرآنها

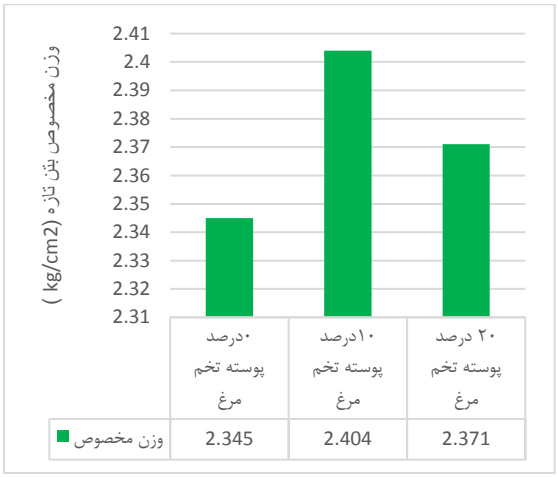
۶-۱- روانی

پوسته تخممرغ به دلیل ریزتر بودن ذرات آن نسبت به سیمان آب بیشتری جذب میکنند و این باعث کاهش روانی بتن تازه میشود. نتایج آزمایشهای انجام شده در این تحقیق طبق استاندارد ASTM C143 نشان از، تغییرات روانی و کارآیی بتنهای حاوی درصدهای مختلف پوسته تخم نسبت به بتن کنترل میباشد. نتایج این آزمایش در شکل(۲) ارائه شده است.

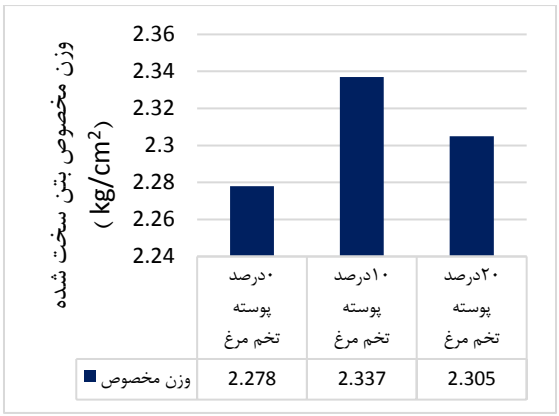
شکل ۲-نمودار میزان اسلامپ طرحها

۶-۲- وزن مخصوص بتن تازه و سخت شده

نتایج به دست آمده از این آزمایش که طبق استاندارد BS EN 12390-1:2012 صورت گرفته است، در شکلهای (۳) و (۴) مشاهده میشود.



شکل ۳-نمودار تغییرات وزن مخصوص بتن تازه طرحها



شکل ۴- نمودار وزن مخصوص ۲۸روزه بتن سخت شده طرحها

نتایج این آزمایش نشاندهنده افزایش وزن مخصوص بتن با ٪۱۰ پوسته تخممرغ به جای سیمان به مقدار ۰/۰۵۹ گرم برسانتیمتر مکعب نسبت به بتن شاهد میباشیم ولی با افزایش پوسته تخممرغ به ٪۲۰ وزن مخصوص بتن به مقدار ۰/۰۳۲ گرم برسانتیمتر مکعب نسبت به بتن با ٪۱۰ پوسته تخممرغ کاهش پیدا کرده است ولی همچنان وزن مخصوص آن نسبت به بتن شاهد بیشتر است. پس با جایگزینی پوسته تخممرغ به جای سیمان، شاهد افزایش وزن مخصوص بتن سخت شده در طرحهای پوزولانی نسبت به بتن شاهد هستیم، که این افزایش تا افزودن ۱۰ درصد پوسته تخممرغ ادامه دارد و در طرح ۲۰ درصد پوسته تخممرغ رو به کاهش میباشد. در نتایج به دست آمده از وزن مخصوص بتن تازه هم همین مسئله قابل مشاهده است.

۶-۳-میزان درصد جذب آب

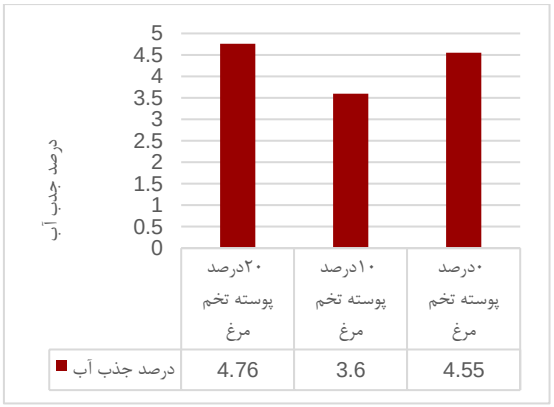
این آزمایش طبق ا ستاندارد BS 1881 – Part122 انجام شده اســت. نمونه‌های بتن با روش مغزی‌گیری مطابق شــکل (۶) قابل مشاهده می‌باشد.

شکل۶- مغزه‌های گرفته شده

نتایج به د ست آمده از روش مغزه‌گیری برای به د ست آوردن در صد جذب آب در جدول (۶) و نمودار (۷) قابل مشاهده است.

جدول ۶- میزان درصد جذب آب نمونه‌ها در سن ۲۸ روزه

مشخصات	ارتفاع نمونه (mm)	وزن نمونه خشک (گرم)	وزن نمونه مرطوب (گرم)	مقدار جذب آب (گرم)	جذب آب اصلاح شده(٪)
٪۰ پوسته تخم مرغ	۱۵۰	۹۶۵٫۸۶	۱۰۰۹٫۸۲	۴۳۹۶	۴/۵۵
٪۱۰ پوسته تخم مرغ	۱۵۰	۹۰۰٫۹۸	۱۰۲۷٫۴۱	۳۶٫۲۴	۳/۶
٪۲۰ پوسته تخم مرغ	۱۵۰	۹۷۷٫۱۶	۱۰۲۳٫۶۵	۴۶٫۴۷	۴/۷۶



شکل۷-نمودار درصد جذب آب ۲۸ روزه

با توجه به نتایج به دســت آمده در این تحقیق ، با افزایش میزان پوســته تخم‌مرغ بجای ســیمان تا ۱۰ درصــد، شــاهد کاهش میزان در صد جذب آب در نمونه‌ها می‌با شیم. به‌طوری‌که کمترین در صد جذب آب مربوط به بتن حاوی ۱۰ در صد پو سته تخم‌مرغ می‌با شد. همانطور که از نتایج قابل م شاهده ا ست در بتن با ۲۰در صد پو سته تخم‌مرغ میزان جذب آب به مقدار ۲۹ درصــد نســبت به بتن با ۱۰ در صد پو سته تخم‌مرغ افزایش پیدا کرده ا ست. بنابراین جایگزینی ۱۰ در صد پو سته تخم‌مرغ به جای سیمان به عنوان در صد بهینه، از نظر جذب آب در نظر گرفته می‌شود. پس وجود پوسته تخم‌مرغ به میزان ۱۰ درصــد در بتن می‌تواند باعث کاهش جذب آب می گردد. همچنین با مقایســه اعداد به دســت آمده در این آزمایش با جدول شــماره (۷) شــاهد نتایج مثبت مبنی بر تأثیرات مثبت اثر پوســته تخم‌مرغ در ســاخت بتن‌های با دوام با نفوذپذیر کم برای شرایط محیطی شدید A خواهیم بود.

جدول ۷- مقادیر مجاز تعیین شده از آزمایش‌های نفوذپذیری بتن مسلح برای اعمال دوام در شرایط محیطی منطقه [۱۱]

آزمایش	محدوده مجاز		
	شرایط - A	شرایط - C,B	شرایط- E,D
جذب آب BS1881 – Part122	حداکثر ۴ درصد	حداکثر ۳ درصد	حداکثر ۲ درصد
نفوذ آب(درسن ۲۸ روزه) BS EN 12390-8:2000	حداکثر ۵۰ میلیمتر	حدداکثر ۳۰ میلیمتر	حداکثر ۱۰ میلیمتر
نفوذ کلرید(درسن ۲۸ روزه) ASTM C1202,1994	حداکثر ۳۰۰۰ کولن	حدداکثر ۳۰۰۰ کولن	حدکثر ۲۰۰۰ و ۱۵۰۰ کولن به ترتیب در شرایط E,D

۶-۴- مقاومت الکتریکی بتن

در این تحقیق آزمایش تعیین مقاومت الکتریکی بتن بر روی نمونه‌های مکعبی ۲۸ روزه طبق ا ستاندارد ASTM C470 صورت گرفته ا ست. نحوه قرائت اعداد این آزمایش به این صورت بوده که بر روی سه ضلع از هر نمونه سه قرائت صورت گرفت و نتایج و مقادیر میانگین مقاومت الکتریکی سه نمونه در ۲۸ روزه در جدول شماره (۸) ارائه شده ا ست. همچنین جهت مقایسه و ر شد تغییرات مقاومت الکتریکی نمونه‌های هر طرح در سن ۲۸ روزه نتایج آنها در نمودار (۸) ترسیم گردیده اســت. رابطه مقاومت الکتریکی بتن با آهنگ خوردگی بر اســاس اســتاندارد ACI 222 در جدول (۹) و براســاس اســتاندارد ASTM C470 در جدول (۱۰) جهت مقایســه نتایج به دست آمده ارائه شده است.

جدول ۸- میانگین مقاومت الکتریکی طرحها (kΩ.cm)

درصد طرح	۰٪ پوسته تخم مرغ	۱۰٪ پوسته تخم مرغ	۲۰٪ پوسته تخم مرغ
مقاومت الکتریکی ۲۸ روزه	۵۲	۹۹	۹۹

شکل ۸-نمودار میانگین مقاومت الکتریکی طرحها

جدول شماره ۹- تأثیر مقاومت الکتریکی بتن بر آهنگ خوردگی آرماتور ACI 222 [۳۶]

آهنگ خوردگی	مقاومت ویژه الکتریکی (kΩ.cm)
خیلی زیاد	< ۵
زیاد	۵ تا ۱۰
متوسط تا کم	۱۰ تا ۲۰
ناچیز	> ۲۰

جدول شماره ۱۰- تاثیر مقاومت الکتریکی بتن بر آهنگ‌خوردگی آرماتور ASTM C470

آهنگ خوردگی	مقاومت الکتریکی (kΩ.cm)
خوردگی قطعی	< ۸
خوردگی محتمل	۸ تا ۱۲
احتمال خوردگی وجود ندارد	> ۱۲
خوردگی غیر ممکن	> ۶۰

نتیجه‌گیری از نتایج مقاومت الکتریکی

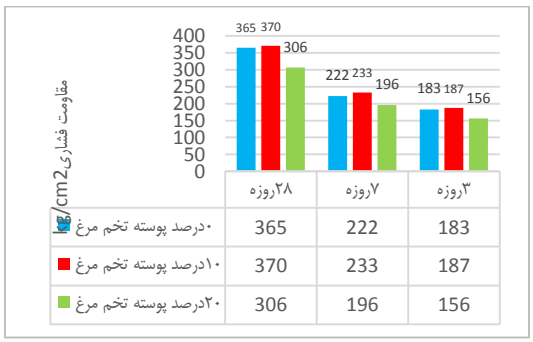
نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که با افزودن پوسته تخم‌مرغ مقاومت الکتریکی در همه‌ی طرحها افزایش یافته است، که علت آن می‌تواند کاهش تخلخل و نفوذپذیری بتن باشد. بنابراین طرح‌های۱۰ و ۲۰ درصد بیشترین رشد مقاومتی را در بلند مدت از خود نشان می‌دهند به طوریکه برای بتن‌های حاوی ۲۰ و۱۰ درصد پوسته تخم‌مرغ حدود ۱/۹ برابر نسبت به مقاومت الکتریکی بتن با صفر درصد پوسته تخم‌مرغ شاهد افزایش مقاومت الکتریکی هستیم. بنابراین در این آزمایش بیشترین مقدار مقاومت الکتریکی را طرح حاوی ۲۰ و ۱۰ درصد پوسته تخم‌مرغ دارا می‌باشد و به نظر می‌رسد که با افزایش بیشتر از ۲۰ درصد پوسته تخم‌مرغ همچنان شاهد رشد مقاومت الکتریکی در بتن باشیم. همچنین با مقایسه اعداد به دست آمده در این آزمایش با جداول شماره (۹) و (۱۰) شاهد نتایج مثبت اثر پوسته تخم‌مرغ در ساخت بتن‌های با دوام با نفوذپذیری کم و همچنین خوردگی غیرممکن برای آرماتور خواهیم بود.

۶-۵- مقاومت فشاری

مهمترین ویژگی که به عنوان مشخصه مکانیکی بتن بیان می شود مقاومت فشاری می‌باشد. این آزمایش مطابق استاندارد BS EN 12390-3:2009 بر روی آزمونه‌های مکعبی به ابعاد ۱۵۰ میلیمتر در سن‌های۳، ۷ و ۲۸ روزه انجام گرفته است و میانگین نتایج به دست آمده در جدول (۱۱) آورده شده است. همچنین جهت مقایسه و رشد تغییرات مقاومت فشاری هر طرح در سن۳، ۷ و ۲۸ روزه نتایج آنها در نمودارهای (۸) ترسیم گردیده است. نمودار ترکیبی مقاومت فشاری میانگین بتن طرحها ترسیم شده است .

جدول ۱۱- میانگین مقاومت فشاری طرحهای ساخت

درصد طرح	۰٪ پوسته تخم مرغ	۱۰٪ پوسته تخم مرغ	۲۰٪ پوسته تخم مرغ
مقاومت فشاری ۳ روزه	۱۸۳	۱۸۷	۱۵۶
مقاومت فشاری ۷ روزه	۲۲۲	۲۳۳	۱۹۶
مقاومت فشاری ۲۸ روزه	۳۶۵	۳۷۰	۳۰۶



شکل۸- نمودار ترکیبی مقاومت فشاری میانگین بتن با (۰-۱۰-۲۰) درصد پوسته تخم‌مرغ

نتیجه‌گیری از نتایج مقاومت فشاری

نتایج حا صل از آزمایش مقاومت فـ شاری طرحها همان طور که از نمودار (۸) قابل مشـاهده اسـت، بیانگر بهبود و رشـد نرخ مقاومت فـ شاری در همه‌ی طرح‌های پوزولانی نـ سبت به بتن شاهد ا ست، که این ر شد در کوتاه‌مدت (۷ روزه) ر شد کمی نـ سبت به بتن شـاهد از خود نشـان می‌دهد و در بلند مدت (۲۸ روزه) بیشـتر قابل شهود ا ست. با افزایش در صد جایگزینی پو سته تخم‌مرغ به جای سیمان تا میزان ۱۰ درصد مقاومت فشاری بتن نسبت به بتن شاهد افزایش می‌یابد. بنابراین بیشترین افزایش مقاومت فشاری مربوط به طرح ۱۰ در صد پو سته تخم‌مرغ جایگزین سیمان مصرفی با ر شد ۴ کیلوگرم برسـانتیمتر مربع در ۳ روزه و ۱۱کیلوگرم برسـانتیمتر مربع در ۷ روزه و با رشد ۵ کیلوگرم برسانتیمتر مربع در ۲۸ روزه نسبت به بتن شاهد می‌با شد. همچنین م شاهده گردید با افزودن ۲۰ در صد پو سته تخم‌مرغ جایگزین سیمان مقاومت فـ شاری بتن کاهش می یابد و مقدار آن از مقاومت فـ شاری به د ست آمده از بتن شاهد کمتر است. پس می‌توان گفت در طرح پوزولانی استفاده شده از ۱۰ درصد پو سته تخم‌مرغ شاهد بهبود مقاومت فـ شاری نـ سبت به بتن شاهد هـ ستیم. ولی ا ستفاده ۲۰ در صد پو سته تخم‌مرغ به جای سیمان در بتن باعث کاهش مقاومت نسـبت به بتن شـاهد می‌شـود. بنابراین جایگزینی ۱۰ درصـد پوسـته تخم‌مرغ به جای سـیمان به عنوان درصد بهینه، از نظر کسب بیشترین مقاومت فشاری در نظر گرفته می‌شود.

۷- نتیجه‌گیری

در این فـ صل به نتیجه‌گیری درباره این پژوهش و پی شنهادهایی در جهت بهبود خواص تازه و سخت شده بتن ارائه گردیده است.

۷-۱- خواص بتن تازه با جایگزینی پوسته تخم‌مرغ با سیمان در بتن

با توجه به آزمایش‌های انجام گرفته در این تحقیق مشاهده شد، که استفاده از پوسته تخم‌مرغ در درصد های مختلف (۱۰- ۰) باعث می‌شود.

۱-روانی بتن نـ سبت به بتن شاهد کاهش یافته ولی از میزان حداقل توصیه شده در نشریه ۵۵ بیشتر است.

کارایی به میزان اسلامپ بتن ساخته شده، بستگی دارد. میزان اسلامپ بر اساس روش مندرج در استاندارد (دت ۵۰۵) توصیه شده در نـ شریه ۵۵کنترل می شود و پیمانکاران موظفند بتن موردنظر را بر ا ساس ا سلامپ‌های خوا سته شده در م شخصات فنی خـ صو صی و نقشـــه های اجرایی تهیه نمایند. بتن هایی که به هنگام ریختن، اسلامپ‌شان با مشخصات خواسته شده مطابقت ننماید مردود بوده و باید از مصـرف آن خودداری شـده و از کارگاه خارج گردند. اضـافه نمودن آب برای بالا بردن اسـلامپ بتن‌های سـفت شـده پس از سـاخت، به هیچ وجه مجاز نمی‌باشـد و انجام این امر باعث تغییرات کلی در مشـخصـات بتن سـاخته شـده خواهد شـد. بسـته به میزان اسـلامپ و نوع کاربرد، بتن به ۱،۲و۶ گروه سـفت، خمیری، شـل و آبکی تقسیم می‌شود که میزان اسلامپ برای اعضا و قطعات مختلف بر اساس جدول (۱۱) زیر توصیه می‌گردد. [۱۰].

جدول ۱۲- میزان اسلامپ برای اعضا و قطعات بتنی

ردیف	نوع عضو یا قطعه بتنی	حداقل اسلامپ(mm)	حداکثر اسلامپ(mm)
۱	شالوده ها وپی دیوارهای بتن آرمه	۲۵	۷۵
۲	شالوده های بتن ساده و دیوارهای زیر سازه ها	۲۵	۷۵
۳	تیرها و دیوارهای بتن آرمه	۲۵	۱۰۰
۴	ستونها	۲۵	۱۰۰
۵	دالها وپیاده روهای بتنی*	۲۵	۷۵
۶	بتن حجیم	۲۵	۵

* در صورتی که لرزش و ارتعاش با روشهای دستی انجام گردد ، به مقدار حداکثر اسلامپ می توان ۲۵ میلیمتر اضافه کرد.

۲-وزن مخصـــوص بتن تازه با پوســـته تخم‌مرغ نســـبت به وزن مخصوص بتن شاهد افزایش داشته، این افزایش وزن مخصوص در بتن با ۱۰ درصد پوسته تخم‌مرغ بیشتر از نمونه‌های دیگر است.

۳-زمان گیرش در نمونه‌های بتن با پوسـته تخم‌مرغ نسـبت به بتن شـاهد کاهش داشـته، دمای بتن بر اثر واکنش‌های سـیمان و آب، بخ صوص در بتن‌های حجیم، سبب بروز تنش‌های حرارتی و نهایتاً ترک در بتن می‌شود. با افزودن پوسته تخم‌مرغ و یا جایگزینی آن با سـیمان، افزایش دمای اولیه بتن به میزان قابل توجهی کاهش می یابد و باعث افزایش زمان گیرش اولیه و نهایی بتن می‌شـود. از این رو ا ستفاده از پو سته تخم‌مرغ مخ صو صاً در بتن ریزی‌های حجیم باعث کاهش ترک‌های سطحی گردد.

۷-۲- خواص بتن سخت شده باجایگزینی پوسته تخم مرغ با سیمان در بتن

با توجه به آزمایشـات انجام شـده در فصـل چهارم این پژوهش در جهت بررسی خواص بتن سخت -شده، نتایج زیر حاصل شد:

۱- مقاومت فـ شاری بتن با ا ضافه کردن پو سته تخم‌مرغ تا ۱۰ در صد به جای سیمان افزایش پیدا کرد ولی با افزودن پو سته تخم‌مرغ به میزان ۲۰ درصـد شـاهد کاهش مقاومت فشـاری بتن نسـبت به نمونه شاهد بودیم.

۲-وزن مخصوص بتن با ۱۰ درصد جایگزینی از سایرنمونه‌ها بیشتر شد.

۳-آزمایش درصد جذب آب بر نمونه‌های ۲۸ روزه نشان داد که جایگزینی پو سته تخم‌مرغ بجای سیمان باعث کاهش در صد جذب در بتن می شود که این کاهش در طرح ۱۰ در صد پو سته تخم‌مرغ بیشتر از طرح ۲۰ درصد است.

۴- نتایج حا صل از این تحقیق ن شان می‌دهد که با افزودن پو سته تخم‌مرغ مقاومت الکتریکی در همه‌ی طرح‌ها افزایش یافته است. همانطور که در ف صل چهارم ا شاره شد این افزایش به گونه‌ای بوده که احتمال خوردگی آرماتور در بتن با پوسته تخم‌مرغ غیر ممکن است.

۵-گسیختگی ناشی از شکستن نمونه‌های بتنی در آزمایشگاه همانندگ سیختگی ر ضایت بخش نمونه‌های مکعبی طبق ا ستاندارد BS است. پس می‌توان نتیجه گرفت که درصد جایگزینی ۱۰ درصد پو سته تخم‌مرغ به جای بتن بهترین عملکرد را دارا است. هر چند که ا سلامپ نمونه بتن با در صد جایگزینی ۲۰ در صد از نمونه بتن با ۱۰ درصد پوسته تخم‌مرغ بیشتر است ولی هچنان کارایی بتن با ۱۰ درصد پوسته تخم‌مرغ در محدوده مجاز کارایی نشریه ۵۵ قرار دارد.

۷- منابع

1-Zongjin, l, Advanced Concrete Technology, John Wiley&Sons, 1nd Edition, 2011, pp 477-478

۲- بهرامی جوین، ح، مودی، ف، ارزیابی دوام و مقاومت فشاری بتن های حاوی متاکائولین، نهمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران ،۱۹-۲۱ . اردیبهشت ماه، ۱۳۹۱.

۳- شکرچی‌زاده، م، میردامادی، ع، بنکدار، ا، بخشی، م، بهبود خواص بتن‌های توانمند با استفاده از متاکائولین، مجله تحقیقات بتن، شماره دو، زمستان ۱۳۸۷ ، صفحات از ۵۵ تا ۶۳.

۴- بهفرنیا، ک، حسن‌زاده، م، اعتمادی، م، عظیمی فر، ف، قوامی، س، بررسی خصوصیات مکانیکی بتن حاوی متاکائولین، اولین کنفرانس ملی بتن، مرکز همایشهای سازمان اسناد و کتابخانه ملی، تهران، ایران، ۱۵ مهرماه، ۱۳۸۸

۵- مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، راهنمای روش ملی طرح مخلوط بتن، تهران، نشر مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، چاپ دوم، ۱۳۸۸ ، صفحه ۱۵.

۶- طریقت، ا، سلطانی، ا، زمانی دوست، م، ارزیابی اثر متاکائولین در خواص مکانیکی و دوام بتن مناسب برای خطوط راه‌آهن، سومین کنفرانس بین‌المللی پیشرفتهای اخیر در مهندسی راه‌آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران، اردیبهشت ماه، ۱۳۹۲.

۷- مهتا، ک، مونته ئیرو، پ، ریز ساختار، خواص و اجزای بتن (تکنولوژی پیشرفته بتن)، رمضانیانپور، ع، قدوسی، پ،گنجیان، ا، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ ششم، ۱۳۹۴.، صفحات ۳۶۵ و ۳۶۷.

۸- شکرچی زاده، م، ولی پور، م، پرگر، ف، بررسی تأثیر استفاده پوزولان های میکروسیلیس، متاکائولین، زئولیت و الیافهای پروپیلن بر مقاومت در برابر نفوذ یون کلر در بتن در شرایط محیطی جزیره قشم، نشریه مهندسی عمران دانشگاه فردوسی مشهد، سال ۲۲ شماره یک، ۱۳۸۹ ، صفحات از ۸۳ تا ۹۶.

۹- رمضانیانپور، ع، افضلی، ن، بررسی اثر متاکائولین درمجاورت سیمان پرتلند بر دوام بتنهای توانمند، ششمین کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران، تهران، ایران، ۱۵ مهرماه، ۱۳۹۳.

۱۰- مستوفی‌نژاد، د، تکنولوژی و طرح اختلاط بتن، اصفهان، انتشارات ارکان دانش، چاپ سی و نهم، تابستان ۱۳۹۳ ، صفحات ۱۰۲ تا ۱۱۰.

۱۱- دفتر امور مقررات ملی ساختمان، مقررات ملی ساختمان مبحث نهم، تهران، نشر توسعه ایران، چاپ نهم، ۱۳۹۴ ، ص ۴۹.

The Study of Effects of Egg Shell Powder on The Attributes of Fresh Concrete and Hard set

Afshin Amiri
Master of Science, Islamic Azad University, Ahvaz Branch, Ahvaz, Iran
Abdol Karim Abasi Dezfooli
Assistant Professor, Islamic Azad Universty, Ahvaz Branch, Ahvaz, Iran

Abstract :

Nowadays in most parts of the world, the technology for achieving the concrete with a higher durability has been revolutionized. The usage of the Pozzolan and other additives for this end, has become a common thing in the industry for the past few years. First, the Pozzolan being rather fine and second, its reaction to the Calcium Hydroxide existing in the concrete, are the two factors causing the reduction of the porosity of the concrete and its penetrability and also increasing its durability. This study investigates the effects of egg shell powder on the mechanical attributes of the concrete. In addition, the study attempts to find the optimized percent of the powder in order to reach a higher strength as well as experiments including the percentage of water absorption, the specific weight of the concrete, resistance test –indicating corrosion and permeability- and compressive test on the 15cm cube samples. The samples were prepared by 0%, 10 and 20% egg shell as cement replacement and were tested on 3, 7 and 28 days ones. The normal mixes of concrete were used. The result of the test shows that the samples with 10% replacement have a slump loss by 12%, increasing concrete strength by 1%, reducing in water absorption as 21%, increasing 2% in the specific density, and increasing electric resistance of 90% in comparison with control specimens (0%). The findings indicated the suitability of the egg shell as a waste material and as a replacement of cement in terms of quality and environmental pollution.

Key words: compressive, egg shell, absorb water, specific density, electric resistance