

بررسی تأثیر استفاده پودر پوسته تخم مرغ در خواص بتن تر و سخت شده

افشین امیری

دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز، اهواز، ایران

عبدالکریم عباسی دزفولی

عضو هیات علمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز، اهواز، ایران

تلفن : ۰۹۱۶۳۰۷۸۷۳۶

Iran1_afshin@yahoo.com

تاریخ دریافت: تاریخ پذیرش نهایی:

چکیده :

امروزه در اکثر نقاط دنیا تحول عظیمی در تکنولوژی بتن برای دستیابی به بتنهای با مقاومت بالا پدید آمده است. 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 پوزولان ها 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 تخم مرغ و تأثیر آن بر خواص مکانیکی و پایایی بتن و رسیدن به درصد بهینه استفاده از پوسته تخم مرغ 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 نشان دهنده میزان خوردگی و نفوذپذیریست) و تست مقاومت فشاری بر روی نمونه هایی با ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی پوسته تخم مرغ 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 تخم مرغ 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 تخم مرغ جایگزین سیمان، با کاهش ۲۴ درصدی اسلامپ، کاهش ۱۷ درصدی مقاومت فشاری، افزایش ۴ درصدی جذب آب، افزایش ۱ درصدی وزن مخصوص بتن و افزایش ۹۰ درصدی مقاومت الکتریکی بتن گردیده است. از نتایج این تحقیق می توان عنوان کرد که استفاده از پوسته تخم مرغ جایگزین نسبت مناسبی از سیمان، از نظر کیفی و حفظ محیط زیست باشد.

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

۱- مقدمه

امروزه استفاده از مواد ضایعاتی و بی مصرف در بتن با توجه به کاهش خطرات زیست محیطی و از سویی جلوگیری از هدر رفت منابع اولیه و کاهش هزینه ها از اهمیت بالایی برخوردار است. طراحی و تولید محصولات مختلف پایه سیمانی سبب گردیده است، که افزودنی های گوناگون به طرح اختلاط این محصول اضافه گردد. در صنعت توسعه پایدار بتن، در صورتیکه یک ماده می تواند 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 می شود و تقاضا برای استفاده از بتن در حال پیشرفت می باشد. آنچه مسلم است، تحقیقات و توسعه بتن بایستی به طوری صورت پذیرد که بتواند نیازهای جامعه صنعتی را برطرف نماید.

مصرف تخم مرغ در ایران بیش از ۹۳۰۰۰۰ تن در سال می باشد، که بیش از ۱۰ درصد وزن تخم مرغ ضایعات پوسته آن می باشد. در این

تحقیق استفاده از ضایعات پوسته تخم مرغ که بیش از ۸۰ درصد آن کربنات کلسیم (CaCO_3) نوعی سنگ آهکی بوده به جای بخشی از سیمان در بتن مورد مطالعه و آزمایش قرار گرفت. برای این منظور ضایعات پوسته تخم مرغ 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 در کوره تا دمای ۹۵۰ درجه سانتیگراد حرارت داده تا کربنات کلسیم CaCO_3 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 رودخانه های، 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 سنگدانه های مصرفی در جدول (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) SSD در حالت
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

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

	C ₄ A	C ₃ A	C ₂ S	C ₃ S
پرتلند نوع ۲ خوزستان	۹/۸	۷/۸	۳۷/۹	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 تخم مرغ را می توان از کارخانجات جوجه کشی و یا شیرینی پزیها تهیه نمود. رنگ پوسته تخم مرغ در زمان آسیاب نمودن همانند شکل (الف) سفید رنگ بوده اما بعد از حرارت محصول جدید پوسته تخم همانند شکل (ب) به رنگ خاکستری می باشد.

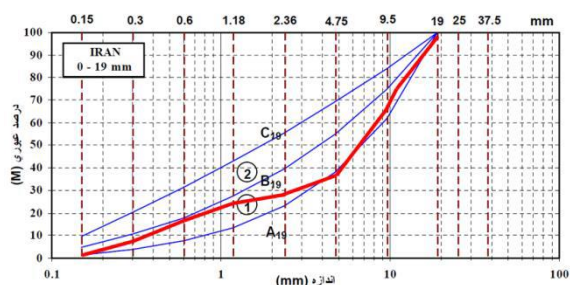


شکل (الف) پودر پوسته تخم مرغ



شکل (ب) پودر پوسته تخم مرغ حرارت داده شده

۳- نمودار دانه بندی مصرفی



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

سیمان مصرفی در این تحقیق جهت ساخت تمامی طرح های 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.

جدول ۲- مشخصات آنالیز عنصری سیمان نوع ۲ طبق آنالیز عنصری و مقایسه آن با استاندارد ایران

نوع سیمان	Blaine (cm ² /g r)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	LiO (%)
تیپ ۲ خوزستان	۳۱۵۰	۲۰/۰۳	۳/۷۲	۳/۳۸	۶۴/۴	۱/۵۴	۲/۲۳	۲/۷۶
ISIRI-۳۸۹	≥ ۳۸۰۰	≥ ۲۰	≤ ۶	≤ ۶	-	≤ ۵	۳/۵ ≤	≤ ۳

ضایعات تخم مرغ 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 در کوره تا دمای ۹۵۰ درجه سانتیگراد حرارت داده تا کربنات کلسیم $CaCO_3$ به CaO آهک زنده تبدیل گردد. آنالیز عنصری آن طبق آزمایش XRF در جداول (۴) ارائه شده است.

جدول ۴: مشخصات آنالیز عنصری پوسته تخم مرغ

مخصل	Blaine (cm ² /gr)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₂ (%)	L.O.I (%)
پوسته تخم مرغ	≥۳۱۵۰	۰/۰۷	۰/۰۶	<	۵۴/۹۲	۰/۶۶	۰/۲۳	۴۳/۱۴

۲-۴- متاکائولین

تأثیر پوسته تخم بعنوان یک افزودنی در بتن نیازمند بررسی و ارزیابی تحقیقات مشابه صورت گرفته قبلی می باشد. از اینرو تحقیقاتی در خصوص تأثیر افزودنی متاکائولین بر بتن صورت گرفت. کائولن یک نوع خاک معدنی بسیار ریز است که عموماً بر اساس تجزیه فلدسپارها، گرانیات 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 واکنش زایی 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 میباشد [۱، ۳، ۸].

استفاده از متاکائولین ریز ساختار بتن را بهبود می بخشد و مقاومت و دوام بتن را در برابر نفوذ سیالات مهاجم (یون کلر و یونهای سولفات) افزایش می دهد. همچنین استفاده از متاکائولین واکنش های قلیایی سنگدانه ها را کنترل می کند. بتنی که با متاکائولین ساخته شود احتیاج به مقدار کمی کاهنده آب دارد (در مقایسه با میکروسیلیس کاهنده آب کمتری نیاز دارد و یا حتی نیاز ندارد) [۱].

۵- برنامه آزمایشگاهی

۵-۱- مشخصات طرحهای اختلاط

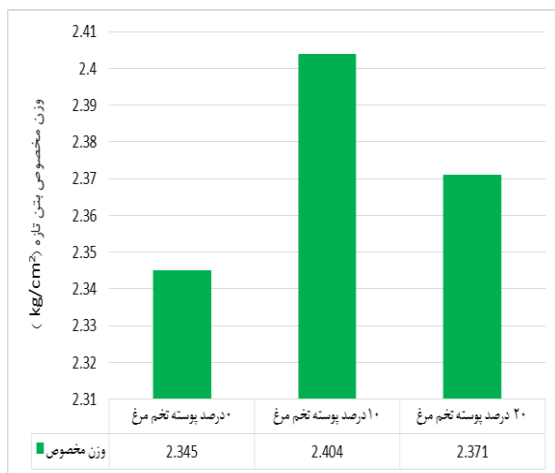
طرح اختلاط استفاده شده در ساخت بتن شاهد در این تحقیق طبق استاندارد ACI-211-89 میباشد. در این تحقیق از ۳ طرح اختلاط استفاده گردیده است که یکی از آنها به عنوان بتن شاهد و ۲ طرح دیگر با ثابت نگه داشتن نسبت آب به مواد سیمانی برابر ۰/۵ و تغییر در مقدار سیمان که در صد هایی از پوسته تخم مرغ با مقادیر ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد جایگزینی سیمان شده نمونه ها ساخته شده است. مشخصات کلی این طرحها در جدول (۵) ارائه گردیده است.

جدول ۵- مشخصات طرح اختلاط ها

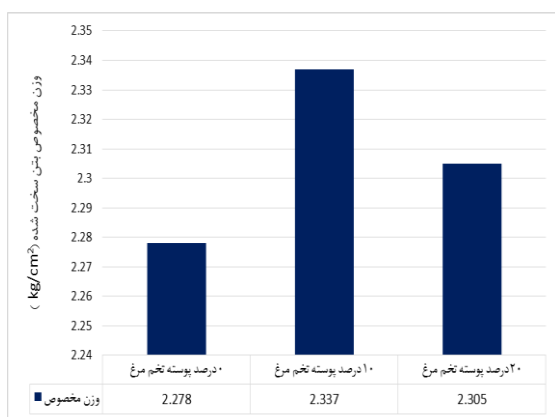
مشخصات	نمونه شاهد	نمونه ۱۰٪	نمونه ۲۰٪
ماسه kg/m^3	۷۵۰	۷۵۰	۷۵۰
شن نخودی kg/m^3	۳۴۵	۳۴۵	۳۴۵
شن بادامی kg/m^3	۶۹۵	۶۹۵	۶۹۵
آب Lit	۱۸۵	۱۸۵	۱۸۵
سیمان kg/m^3	۳۷۰	۳۳۳	۲۹۶
پوسته تخم مرغ kg/m^3	۰	۳۷	۷۴
نسبت آب به سیمان	۰/۵	۰/۵	۰/۵

۲-۵- جزئیات نمونه ها

در این تحقیق تستهای آزمایشگاهی مختلفی بر روی بتن معمولی به عنوان بتن شاهد و با درصد های (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، نمونه ها بوسیله پارچه خیس جهت جلوگیری از تبخیر آب بر روی نمونه ها قرار داده شد و پس از ۲۴ ساعت و در شرایط مرطوب در محیط آزمایشگاه از قالب خارج شدند و



شکل ۳-نمودار تغییرات وزن مخصوص بتن تازه طرح ها



شکل ۴-نمودار وزن مخصوص ۲۸ روزه بتن سخت شده طرح ها

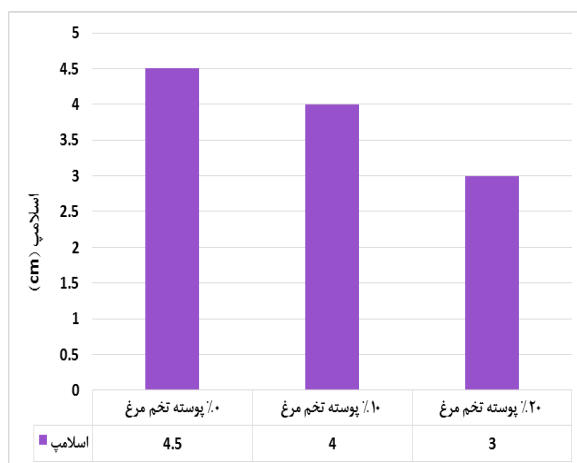
نتایج این آزمایش نشان دهنده افزایش وزن مخصوص بتن با ۱۰٪ پوسته تخم مرغ به جای سیمان به مقدار ۰/۰۵۹ گرم برسانتیمتر مکعب نسبت به بتن شاهد می باشیم ولی با افزایش پوسته تخم مرغ به ۲۰٪ وزن مخصوص بتن به مقدار ۰/۰۳۲ گرم برسانتیمتر مکعب نسبت به بتن با ۱۰٪ پوسته تخم مرغ کاهش پیدا کرده است ولی همچنان وزن مخصوص آن نسبت به بتن شاهد بیشتر است. پس با جایگزینی پوسته تخم مرغ به جای سیمان، شاهد افزایش وزن مخصوص بتن سخت شده در طرح های پوزولانی نسبت به بتن شاهد هستیم، که این افزایش تا افزودن ۱۰ درصد پوسته تخم مرغ ادامه دارد و در طرح ۲۰

بصورت مستغرق در آب قرار داده شدند. سپس عملآوری برخی نمونه ها 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، نمونه ها به ترتیب برنامهریزی جهت انجام آزمایشها از آب بیرون آورده شدند.

۶- نتایج آزمایش ها و تفسیر آنها

۶-۱- روانی

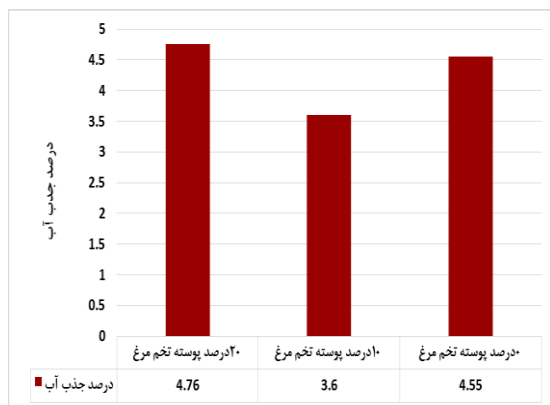
پوسته تخم مرغ به دلیل ریزتر بودن ذرات آن نسبت به سیمان آب بیشتری جذب میکنند و این باعث کاهش روانی بتن تازه میشود. نتایج آزمایشهای انجام شده در این تحقیق طبق استاندارد ASTM C143 نشان از، تغییرات روانی و کارایی بتنهای حاوی درصدهای مختلف پوسته تخم نسبت به بتن کنترل می باشد. نتایج این آزمایش در شکل (۲) ارائه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



شکل ۲-نمودار میزان اسلامپ طرح ها

۶-۲- وزن مخصوص بتن تازه و سخت شده

نتایج به دست آمده از این آزمایش که طبق استاندارد BS EN ۱۲۳۹۰-۱:۲۰۱۲ صورت گرفته است، در شکل های (۳) و (۴) مشاهده میشود.



شکل ۷- نمودار درصد جذب آب ۲۸ روزه

با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق، با افزایش میزان پوسته تخم مرغ بجای سیمان تا ۱۰ درصد، شاهد کاهش میزان درصد جذب آب در نمونه ها می باشیم. بطوریکه کمترین درصد جذب آب مربوط به بتن حاوی ۱۰ درصد پوسته تخم مرغ می باشد. همانطور که از نتایج قابل مشاهده است در بتن با ۲۰ درصد پوسته تخم مرغ میزان جذب آب به مقدار ۲۹ درصد نسبت به بتن با ۱۰ درصد پوسته تخم مرغ افزایش پیدا کرده است. بنابراین جایگزینی ۱۰ درصد پوسته تخم مرغ به جای سیمان به عنوان درصد بهینه، از نظر جذب آب در نظر گرفته می شود. پس وجود پوسته تخم مرغ به میزان ۱۰ درصد در بتن می تواند باعث کاهش جذب آب می گردد. همچنین با مقایسه اعداد به دست آمده در این آزمایش با جدول شماره (۷) شاهد نتایج مثبت مبنی بر تأثیرات مثبت اثر پوسته تخم مرغ در ساخت بتن های با دوام با نفوذپذیر کم برای شرایط محیطی شدید A خواهیم بود.

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

محدوده مجاز			آزمایش
شرایط - E, D	شرایط - C, B	شرایط - A	
حداکثر ۲ درصد	حداکثر ۳ درصد	حداکثر ۴ درصد	جذب آب نیم ساعته (درسن ۲۸ روزه) BS 1881 - Part 122
حداکثر ۱۰ میلیمتر	حداکثر ۳۰ میلیمتر	حداکثر ۵۰ میلیمتر	نفوذ آب (درسن ۲۸ روزه) BS EN 12390-8:2000
حداکثر ۲۰۰۰ و ۱۵۰۰ کولن به ترتیب در شرایط E, D	حداکثر ۳۰۰۰ کولن	حداکثر ۳۰۰۰ کولن	نفوذ کلرید (درسن ۲۸ روزه) ASTM C1202, 1994

درصد پوسته تخم مرغ رو به کاهش می باشد. در نتایج به دست آمده از وزن مخصوص بتن تازه هم همین مسئله قابل مشاهده است.

۳-۶- میزان درصد جذب آب

این آزمایش طبق استاندارد BS 1881 - Part 122 انجام شده است. نمونه های بتن با روش مغزی گیری مطابق شکل (۶) قابل مشاهده می باشد.



شکل ۶- مغزه های گرفته شده

نتایج به دست آمده از روش مغزه گیری برای به دست آوردن درصد جذب آب در جدول (۶) و نمودار (۷) قابل مشاهده است.

جدول ۶- میزان درصد جذب آب نمونه ها در سن ۲۸ روزه

مشخصات	ارتفاع نمونه (mm)	وزن نمونه خشک (گرم)	وزن نمونه مرطوب (گرم)	مقدار جذب آب (گرم)	جذب آب اصلاح شده (%)
۱۰٪ پوسته تخم مرغ	۱۵۰	۹۶۵,۸۶	۱۰۰۹,۸۲	۴۳,۹۶	۴/۵۵
۱۰٪ پوسته تخم مرغ	۱۵۰	۹۰۰,۹۸	۱۰۲۷,۴۱	۳۶,۴۳	۳/۶
۲۰٪ پوسته تخم مرغ	۱۵۰	۹۷۷,۱۶	۱۰۲۳,۶۵	۴۶,۴۷	۴/۷۶

۴-۶- مقاومت الکتریکی بتن

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

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

نتیجه گیری از نتایج مقاومت الکتریکی

نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد که با افزودن پسته تخم مرغ مقاومت الکتریکی در همه ی طرح ها افزایش یافته است، که علت آن می تواند کاهش تخلخل و نفوذ پذیری بتن باشد. بنابراین طرح های ۱۰ و ۲۰ درصد بیشترین رشد مقاومتی را در بلند مدت از خود نشان می دهند به طوریکه برای بتن های حاوی ۲۰ و ۱۰ درصد پسته تخم مرغ حدود ۱/۹ برابر نسبت به مقاومت الکتریکی بتن با صفر درصد پسته تخم مرغ شاهد افزایش مقاومت الکتریکی هستیم. بنابراین در این آزمایش بیشترین مقدار مقاومت الکتریکی را طرح حاوی ۲۰ و ۱۰ درصد پسته تخم مرغ دارا می باشد و به نظر می رسد که با افزایش بیشتر از ۲۰ درصد پسته تخم مرغ 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 پسته تخم مرغ در ساخت بتن های با دوام با نفوذپذیری کم و همچنین خوردگی غیر ممکن برای آرماتور خواهیم بود.

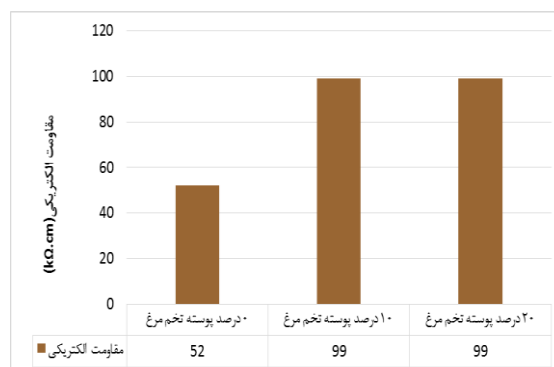
۵-۶- مقاومت فشاری

مهمترین ویژگی که به عنوان مشخصه مکانیکی بتن بیان می شود مقاومت فشاری می باشد. این آزمایش مطابق استاندارد BS EN ۱۲۳۹۰-۳:۲۰۰۹ بر روی آزمون های مکعبی به ابعاد ۱۵۰ میلیمتر در سن های ۳، 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 سن ۳، ۷ و ۲۸ روزه نتایج آنها در نمودارهای (۸) ترسیم گردیده است. نمودار ترکیبی مقاومت فشاری میانگین بتن طرح ها ترسیم شده است.

در این تحقیق آزمایش تعیین مقاومت الکتریکی بتن بر روی نمونه های مکعبی ۲۸ روزه طبق استاندارد ASTM C470 صورت گرفته است. 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 است. همچنین جهت مقایسه و رشد تغییرات مقاومت الکتریکی نمونه های هر طرح در سن ۲۸ روزه نتایج آنها در نمودار (۸) ترسیم گردیده است. رابطه مقاومت الکتریکی بتن با آهنگ خوردگی بر اساس استاندارد ACI 222 در جدول (۹) و براساس استاندارد ASTM C470 در جدول (۱۰) جهت مقایسه نتایج به دست آمده ارائه شده است.

جدول ۸- میانگین مقاومت الکتریکی طرح ها (kΩ.cm)

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



شکل ۸- نمودار میانگین مقاومت الکتریکی طرح ها

جدول شماره ۹- تاثیر 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 ۱۱- میانگین مقاومت فشاری طرح های ساخت

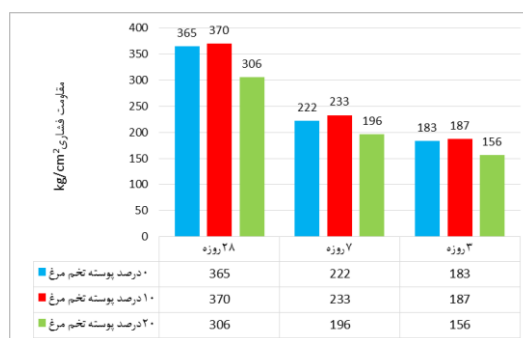
درصد طرح	۰٪ پوسته تخم مرغ	۱۰٪ پوسته تخم مرغ	۲۰٪ پوسته تخم مرغ
مقاومت فشاری ۳ روزه	۱۸۳	۱۸۷	۱۵۶
مقاومت فشاری ۷ روزه	۲۲۲	۲۳۳	۱۹۶
مقاومت فشاری ۲۸ روزه	۳۶۵	۳۷۰	۳۰۶

۷- نتیجه گیری

در این فصل به نتیجه گیری درباره این پژوهش و پیشنهادهایی در جهت بهبود خواص تازه و سخت شده بتن ارائه گردیده است.

۷-۱- خواص بتن تازه با جایگزینی پوسته تخم مرغ با سیمان در بتن

با توجه به آزمایش های انجام گرفته در این تحقیق مشاهده شد، که استفاده از پوسته تخم مرغ در درصد های مختلف (۱۰-۰) باعث می شود.



شکل ۸- نمودار ترکیبی مقاومت فشاری میانگین بتن با (۰-۱۰-۲۰) درصد پوسته تخم مرغ

نتیجه گیری از نتایج مقاومت فشاری

نتایج حاصل از آزمایش مقاومت فشاری طرح ها همان طور که از نمودار (۸) قابل مشاهده است، بیانگر بهبود و رشد نرخ مقاومت فشاری در همه ی طرح های پوزولانی نسبت به بتن شاهد است، که این رشد در کوتاه مدت (۷ روزه) رشد کمی نسبت به بتن شاهد از خود نشان می دهد و در بلند مدت (۲۸ روزه) بیشتر قابل شهود است. با افزایش درصد جایگزینی پوسته تخم مرغ به جای سیمان تا میزان ۱۰ درصد مقاومت فشاری بتن نسبت به بتن شاهد افزایش می یابد. بنابراین بیشترین افزایش مقاومت فشاری مربوط به طرح ۱۰ درصد پوسته تخم مرغ جایگزین سیمان مصرفی با رشد ۴ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در ۳ روزه و ۱۱ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در ۷ روزه و با رشد ۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در ۲۸ روزه نسبت به بتن شاهد می باشد. همچنین مشاهده گردید با افزودن ۲۰ درصد پوسته تخم مرغ جایگزین سیمان مقاومت فشاری بتن کاهش می باید و مقدار آن از مقاومت فشاری به دست آمده از بتن

۱- روانی بتن نسبت 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 (د ۵۰۵) توصیه شده در نشریه ۵۵ کنترل می شود و پیمانکاران موظفند بتن موردنظر را بر اساس اسلامپ های خواسته شده در مشخصات فنی خصوصی و نقشه های اجرایی تهیه نمایند. بتن هایی که به هنگام ریختن، اسلامپ شان با مشخصات خواسته شده مطابقت ننماید مردود بوده و باید از مصرف آن خودداری شده و از کارگاه خارج گردند. اضافه نمودن آب برای بالا بردن اسلامپ بتن های سفت شده پس از ساخت، به هیچ وجه مجاز نمی یاشد و انجام این امر باعث تغییرات کلی در مشخصات بتن ساخته شده خواهد شد. بسته به میزان اسلامپ و نوع کاربرد، بتن به ۱، ۲ و ۶ گروه سفت، خمیری، شل و آبکی تقسیم می شود که میزان اسلامپ برای اعضا و قطعات مختلف بر اساس جدول (۱۱) زیر توصیه می گردد. [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 و وی 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 و ییاده رویای 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 مخصوص بتن تازه با پوسته تخم مرغ نسبت به وزن مخصوص بتن شاهد افزایش داشته، این افزایش وزن مخصوص در بتن با ۱۰ درصد پوسته تخم مرغ بیشتر از نمونه های دیگر است.

۳- زمان گیرش در نمونه های بتن با پوسته تخم مرغ نسبت به بتن شاهد کاهش داشته، دمای بتن بر اثر واکنش های سیمان و آب، بخصوص در بتن های حجیم، سبب بروز تنش های حرارتی و نهایتاً ترک در بتن می شود. با افزودن پوسته تخم مرغ و یا جایگزینی آن با سیمان، افزایش دمای اولیه بتن به میزان قابل توجهی کاهش می یابد و باعث افزایش زمان گیرش اولیه و نهایی بتن میشود. از این رو استفاده از پوسته تخم مرغ مخصوصاً در بتن ریزیهای حجیم باعث کاهش ترک های سطحی گردد.

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

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

۱- مقاومت فشاری بتن با اضافه کردن پوسته تخم مرغ تا ۱۰ درصد به جای سیمان افزایش پیدا کرد ولی با افزودن پوسته تخم مرغ به میزان ۲۰ درصد شاهد کاهش مقاومت فشاری بتن نسبت به نمونه شاهد بودیم.

۲- وزن مخصوص بتن با ۱۰ درصد جایگزینی از سایر نمونه ها بیشتر شد.

۳- آزمایش درصد جذب آب بر نمونه های ۲۸ روزه نشان داد که جایگزینی پوسته تخم مرغ بجای سیمان باعث کاهش درصد جذب در

بتن می شود که این کاهش در طرح ۱۰ درصد پوسته تخم مرغ بیشتر از طرح ۲۰ درصد است.

۴- نتایج حاصل از این تحقیق نشان میدهد که با افزودن پوسته تخم مرغ مقاومت الکتریکی در همه ی طرح ها افزایش یافته است. همانطور که در فصل چهارم اشاره شد این افزایش به گونه ای بوده که احتمال خوردگی آرماتور در بتن با پوسته تخم مرغ غیر ممکن است.

۵- گسیختگی ناشی از شکستن نمونه های بتنی در آزمایشگاه همانند گسیختگی رضایت بخش نمونه های مکعبی طبق استاندارد BS است. پس می توان نتیجه گرفت که درصد جایگزینی ۱۰ درصد پوسته تخم مرغ به جای بتن بهترین عملکرد را دارا است. هر چند که اسلامپ نمونه بتن با درصد جایگزینی ۲۰ درصد از نمونه بتن با ۱۰ درصد پوسته تخم مرغ بیشتر است ولی همچنان کارایی بتن با ۱۰ درصد پوسته تخم مرغ در محدوده مجاز کارایی نشریه ۵۵ قرار دارد.

۸- منابع

- ۱- Zongjin, I, 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 متاکاولین، نهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران، ۱۹-۲۱. اردیبهشت ماه، ۱۳۹۱.
- ۳- شکرچی زاده، م، میردامادی، ع، بنکدار، ا، بخشی، م، بهبود خواص بتن های توانمند با استفاده از متاکاولین، مجله تحقیقات بتن، شماره دو، زمستان ۱۳۸۷، صفحات از ۵۵ تا ۶۳
- ۴- بهفرنیا، ک، حسن زاده، م، اعتمادی، م، عظیمی فر، ف، قوامی، س، بررسی خصوصیات مکانیکی بتن حاوی متاکاولین، 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 متاکاولین در خواص مکانیکی و دوام بتن مناسب برای خطوط راه آهن، سومین کنفرانس بین المللی پیشرفتهای اخیر در مهندسی راه آهن، 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)، رضانیپور، ع، قدوسی، پ، گنجیان، ا، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، چاپ ششم، ۱۳۹۴، صفحات ۳۶۵ و ۳۶۷.
- ۸- شکرچی زاده، م، ولی پور، م، پرگر، ف، بررسی تأثیر استفاده پوزولان های میکروسیلیس، متاکاتولین، 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- رضانیپور، ع، افضلی، ن، بررسی اثر متاکاتولین 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.

Study of shell egg powder on the properties of fresh an hardenet concrete

By:Amiri, Afshin

Ahvaz Branch, Islamic Azad University

Supervisor:Abasi Dezfooli, Abdol Karim

Assistant Professor, Ahvaz Branch, Islamic Azad Universty, Ahvaz, Iran

Abstract :

Now a day, in the most part of the world development in achieving a high strength concrete is under way. Using pozzolans as a cement replacement for obtaining the higher strength are used in the concrete industry. The fine particles and pozzolan reaction with calcium hydroxide existed in cement causes reduction in the permeability and increasing the durability of the concrete. In this research the egg shell are used partial replaced as cement in order to reduce environmental pollution and increasing the concrete strength. The experimental study include measuring, the absorb water the specific density, electric resistance test (that indicate the 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. The normal mixes of concrete were used. The result of the test show that the samples with 10% replacement has a slump loss by 12%, increasing concrete strength by 1%, reducing in absorb water as 21%, increasing 2% in the specific density, and increasing electric resistance of 90% in comparison with control specimens (0%). The result for 20% egg shell as cement replacement gives the slump loss at 24%, reducing in compressive strength at 17%, increasing the 4% of absorbing water, 1% increase of specific density and increasing of 90% in electric resistance. The result obtained from this research indicated that the suitability of the egg shell as a waste materials as a replacement of cement in terms of quality and environmental pollution.

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