

## بررسی تأثیر استفاده پودر پوسته تخم مرغ در خواص 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

Abbasiamid@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 آمده است. کاربرد پوزولانها و افزودنیها در بتن برای دستیابی به بتنهای با مقاومت بالا و 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 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 میزبان خوردگی و نفوذپذیریست) و تست مقاومت فشاری بر روی نمونه هایی با ۰،۱۰ و ۲۰ درصد وزنی پوسته تخم مرغ جایگزین سیمان در شرایط سنی ۰،۳ و 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.

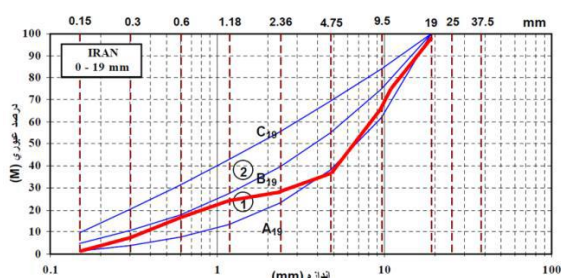
**کلید واژگان:** مقاومت فشاری، پودر پوسته تخم مرغ، درصد جذب آب، وزن مخصوص بتن، مقاومت الکتریکی بتن

## ۱- مقدمه

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

سنگدانه	حداکثر قطر سنگدانه ها (mm)	چگالی	درصد جذب آب	معدل نرمی	وزن مخصوص (gr/cm <sup>3</sup> ) در حالت SSD
شن درشت	۱۹	۲/۶۴	۰/۴۸	۵/۳	۲/۶۳
شن ریز	۹/۵	۲/۶۲	۰/۹۱		۲/۶۱
ماسه	۴/۷۵	۲/۵۹	۱/۶۷		۲/۵۸

## 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 <sup>2</sup> /gr)	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO (%)	LiO (%)
نوع ۲ خوزستان	۳۱۵۰	۲۰/۰۳	۳/۲۲	۳/۳۸	۶۴/۴	۱/۵۴	۲/۲۲	۲/۷۶
ISIRI-389	≥۳۸۰۰	≥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 <sub>4</sub> AF	C <sub>3</sub> A	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> S
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	---	---

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<sub>3</sub>) 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 میلی متر) بمدت ۲ ساعت در کوره تا دمای ۹۵۰ درجه سانتیگراد حرارت داده تا کربنات کلسیم CaCO<sub>3</sub> 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 میلی متر، که در آن الزامات مربوط به استاندارد ASTM C33 رعایت شده است می باشد. مشخصات فیزیکی سنگدانه های مصرفی در جدول (۱) ارائه شده است.

## ۴- مواد افزودنی

## ۴-۱- پوسته تخم مرغ

ضایعات پوسته تخم مرغ را می توان از کارخانجات جوجه کشی و یا شیرینی پزی ها 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 می باشد.



شکل (الف) پودر پوسته تخم مرغ



شکل (ب) پودر پوسته تخم مرغ حرارت داده شده

ضایعات تخم مرغ را پس از آسیاب و پودر نمودن آن ( بطوریکه از الک نمره ۲۰۰ عبور کرده، یعنی قطری کوچکتر از ۰/۰۷۶ میلی متر) 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

محصول	Blaine (cm <sup>2</sup> /gr)	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO <sub>3</sub> (%)	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 می باشد. از اینرو تحقیقاتی در خصوص تاثیر افزودنی متاکائولین بر بتن صورت گرفت. کائولین 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 می باشد. رسها پوزولان نیستند و واکنش زایی محسوسی با آهک نمی توانند از خود نشان دهند، مگر آنکه ساختمان متبلور کانیهی 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 می دهند که محصول نهایی آن متاکائولین می باشد [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 کنترل در این تحقیق طبق استاندارد ACI-211-89 می باشد [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 صداهای از پوسته تخم مرغ با مقادیر ۰، ۱۰ و ۲۰ 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

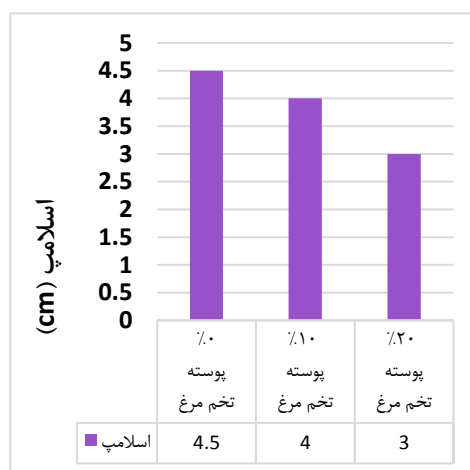
## ۲-۵- جزئیات نمونه ها

در این تحقیق تستهای آزمایشگاهی مختلفی بر روی بتن معمولی به عنوان بتن شاهد و با 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  $15 \times 15 \times 15$  سانتیمتری صورت پذیرفته است. بعد از قالبگیری، نمونهها بوسیله پارچه خیس جهت جلوگیری از تبخیر آب 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 عمل آوری 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 عمل آوری در آب، نمونهها به ترتیب برنامه ریزی جهت انجام آزمایشها از آب بیرون آورده شدند.

## ۶- نتایج آزمایش ها و تفسیر آنها

### ۶-۱- روانی

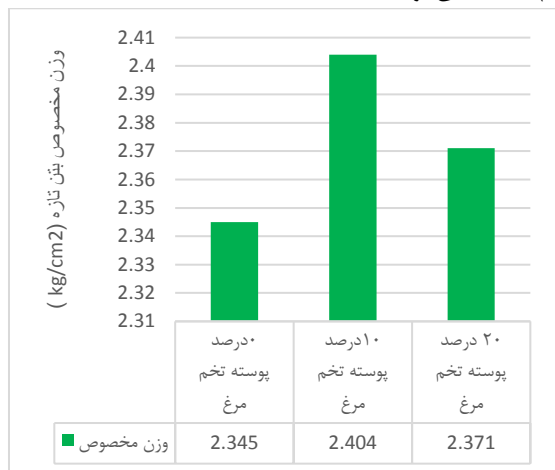
پوسته تخم مرغ به دلیل ریزتر بودن ذرات آن نسبت به سیمان آب بیشتری جذب می کنند و این باعث کاهش روانی بتن تازه می شود. نتایج آزمایشهای انجام شده در این تحقیق طبق استاندارد ASTM C143 نشان از، تغییرات روانی و کارایی بتنهای حاوی درصدهای مختلف پوسته تخم نسبت به بتن کنترل می باشد. نتایج این آزمایش در شکل (۲)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



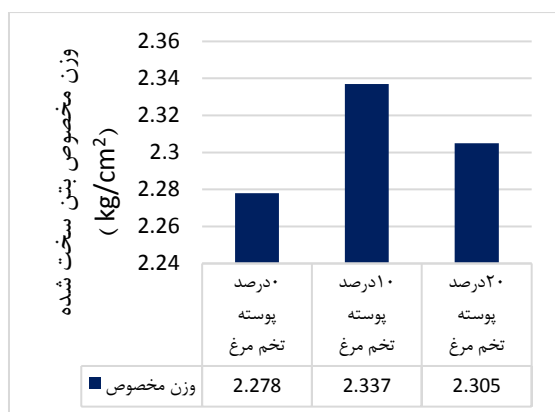
شکل ۲- نمودار میزان اسلامپ طرحها

## 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 شکل های (۳) و (۴) مشاهده می شود.



شکل ۳- نمودار تغییرات وزن مخصوص بتن تازه طرحها



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

نتایج این آزمایش نشان دهنده افزایش وزن مخصوص بتن با ۱۰٪ پوسته تخم مرغ به جای سیمان به مقدار  $0.059$  گرم بر سانتیمتر مکعب نسبت به بتن شاهد می باشیم ولی با افزایش پوسته تخم مرغ به ۲۰٪ وزن مخصوص بتن به مقدار  $0.032$  گرم بر سانتیمتر 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 طرحهای پوزولانی نسبت به بتن شاهد هستیم، که این افزایش تا افزودن ۱۰ درصد پوسته تخم مرغ ادامه دارد و در طرح ۲۰ 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. نمونه‌های بتن با روش مغزی‌گیری مطابق شکل (۶) قابل مشاهده می‌باشد.

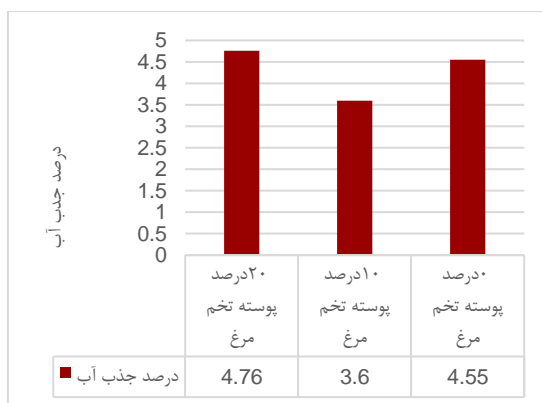


شکل ۶- مغزه‌های گرفته شده

نتایج به دست آمده از روش مغزی‌گیری برای به دست آوردن درصد 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 (شده) (%)	جذب آب
۲۰٪ پوسته تخم مرغ	۱۵۰	۹۶۵٫۸۶	۱۰۰۹٫۸۲	۴۳٫۹۶	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



شکل ۷- نمودار درصد جذب آب ۲۸ روزه

با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق، با افزایش میزان پوسته تخم‌مرغ بجای سیمان تا ۱۰ درصد، شاهد کاهش میزان درصد جذب آب در نمونه‌ها می‌باشیم. به طوری که کمترین درصد جذب آب مربوط به بتن حاوی ۱۰ درصد پوسته تخم‌مرغ می‌باشد. همانطور که از نتایج قابل مشاهده است در بتن با ۲۰ درصد پوسته تخم‌مرغ میزان جذب آب به مقدار ۲۹ درصد نسبت به بتن با ۱۰ درصد پوسته تخم‌مرغ افزایش پیدا کرده است. بنابراین جایگزینی ۱۰ درصد پوسته تخم‌مرغ به جای سیمان به عنوان درصد بهینه، از نظر جذب آب در نظر گرفته می‌شود. پس وجود پوسته تخم‌مرغ به میزان ۱۰ درصد در بتن می‌تواند باعث کاهش جذب آب می‌گردد. همچنین با مقایسه اعداد به دست آمده در این آزمایش با جدول شماره (۷) شاهد نتایج مثبت مبنی بر تأثیرات مثبت اثر پوسته تخم‌مرغ در ساخت 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]

محدوده مجاز			آزمایش
شرایط - E, D	شرایط - C, B	شرایط - A	
حداکثر ۲ درصد	حداکثر ۳ درصد	حداکثر ۴ درصد	جذب آب BS 1881 - Part 122 نفوذ آب (در سن ۲۸ روزه) BS EN 12390-8:2000
حداکثر ۱۰ میلیمتر	حداکثر ۳۰ میلیمتر	حداکثر ۵۰ میلیمتر	نفوذ کلرید (در سن ۲۸ روزه) ASTM C 1202, 1994
حداکثر ۲۰۰۰ و ۱۵۰۰ کولن به ترتیب در شرایط E, D	حداکثر ۳۰۰۰ کولن	حداکثر ۳۰۰۰ کولن	

### ۴-۶- مقاومت الکتریکی بتن

در این تحقیق آزمایش تعیین مقاومت الکتریکی بتن بر روی نمونه‌های 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 نمونه‌های 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 بر اساس استاندارد ASTM C470 در جدول (۱۰) جهت مقایسه نتایج به دست آمده ارائه شده است.

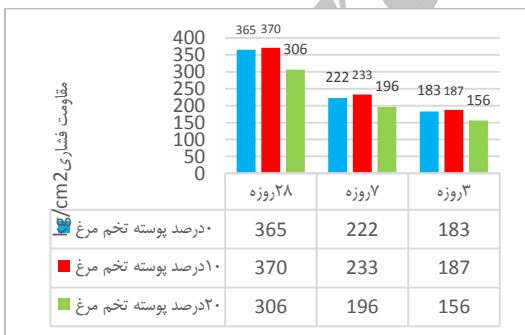
حاوی ۲۰ و ۱۰ درصد پوسته تخم مرغ دارا می باشد و به نظر می رسد که با افزایش بیشتر از ۲۰ درصد پوسته تخم مرغ همچنان شاهد رشد مقاومت الکتریکی در بتن باشیم. همچنین با مقایسه اعداد به دست آمده در این آزمایش با جداول شماره (۹) و (۱۰) شاهد نتایج مثبت اثر پوسته تخم مرغ در ساخت بتن های با دوام با نفوذپذیری کم و همچنین خوردگی غیرممکن برای آرماتور خواهیم بود.

### ۶-۵- مقاومت فشاری

مهمترین ویژگی که به عنوان مشخصه مکانیکی بتن بیان می شود مقاومت فشاری می باشد. این آزمایش مطابق استاندارد BS EN 12390-3:2009 بر روی نمونه های مکعبی به ابعاد ۱۵۰ میلی متر 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.

جدول ۱۱- میانگین مقاومت فشاری طرح های ساخت

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

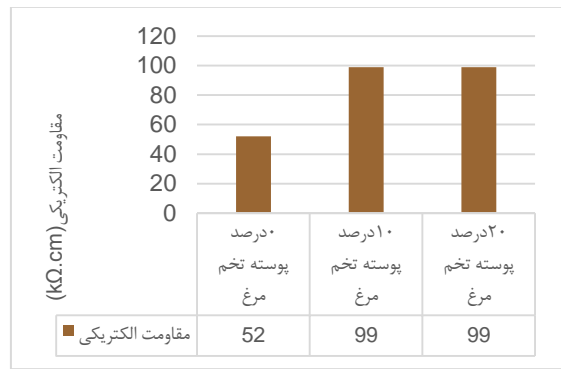


شکل ۸- نمودار ترکیبی مقاومت فشاری میانگین بتن با (۰-۱۰-۲۰) درصد پوسته تخم مرغ

### نتیجه گیری از نتایج مقاومت فشاری

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

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



شکل ۸- نمودار میانگین مقاومت الکتریکی طرح ها

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

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

جدول شماره ۱۰- تأثیر 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 پوسته تخم مرغ مقاومت الکتریکی در همه ی طرح ها افزایش یافته است، که علت آن می تواند کاهش تخلخل و نفوذپذیری بتن باشد. بنابراین طرح های ۱۰ و ۲۰ درصد بیشترین رشد مقاومتی را در بلند مدت از خود نشان می دهند به طوری که برای بتن های حاوی ۲۰ و ۱۰ درصد پوسته تخم مرغ حدود ۱/۹ برابر نسبت به مقاومت الکتریکی بتن با صفر درصد پوسته تخم مرغ شاهد افزایش مقاومت الکتریکی هستیم. بنابراین در این آزمایش بیشترین مقدار مقاومت الکتریکی را طرح

ساخت، به هیچ وجه مجاز نمی‌باشد و انجام این امر باعث تغییرات کلی در مشخصات بتن ساخته شده خواهد شد. بسته به میزان اسلامپ و نوع کاربرد، بتن به ۱۰،۲ و ۶ گروه سفت، خمیری، شل 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	شالوده‌ها و وی دیوارهای بتن آرمه	۲۵	۷۵
۲	شالوده‌های بتن ساده و دیوارهای زیر سازه‌ها	۲۵	۷۵
۳	تیرها و دیوارهای بتن آرمه	۲۵	۱۰۰
۴	ستونها	۲۵	۱۰۰
۵	دالها و ویاده روهای بتنی	۲۵	۷۵
۶	بتن حجیم	۲۵	۵

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

۲- وزن مخصوص بتن تازه با پوسته تخم‌مرغ نسبت 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 پوسته تخم‌مرغ نسبت به بتن شاهد کاهش داشته، دمای بتن بر اثر واکنش‌های سیمان و آب، بخصوص در بتن‌های حجیم، سبب بروز تنش‌های حرارتی و نهایتاً ترک در بتن می‌شود. با افزودن پوسته تخم‌مرغ و یا جایگزینی آن با سیمان، افزایش دمای اولیه بتن به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد و باعث افزایش زمان گیرش اولیه و نهایی بتن می‌شود. از این رو استفاده از پوسته تخم‌مرغ مخصوصاً در بتن ریزی‌های حجیم باعث کاهش ترک‌های سطحی گردد.

#### ۷-۲- خواص بتن سخت شده با جایگزینی پوسته تخم‌مرغ 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 تخم‌مرغ تا ۱۰ درصد به جای سیمان افزایش پیدا کرد ولی با افزودن پوسته تخم‌مرغ به میزان ۲۰ درصد شاهد کاهش مقاومت فشاری بتن نسبت به نمونه شاهد بودیم.

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

نتایج حاصل از آزمایش مقاومت فشاری طرح‌ها همان طور که از نمودار (۸) قابل مشاهده است، بیانگر بهبود و رشد نرخ مقاومت فشاری در همه‌ی طرح‌های پوزولانی نسبت به بتن شاهد است، که این رشد در کوتاه‌مدت (۷ روزه) رشد کمی نسبت به بتن شاهد از خود نشان می‌دهد و در بلند مدت (۲۸ روزه) بیشتر قابل شهود است. با افزایش در صد جایگزینی پوسته 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 درصد پوسته تخم‌مرغ جایگزین سیمان مصرفی با رشد ۴ کیلوگرم برسانتیمتر مربع در ۳ روزه و ۱۱ کیلوگرم برسانتیمتر مربع در ۷ روزه و با رشد ۵ کیلوگرم برسانتیمتر مربع در ۲۸ روزه نسبت به بتن شاهد می‌باشد. همچنین مشاهده گردید با افزودن ۲۰ درصد پوسته تخم‌مرغ جایگزین سیمان مقاومت فشاری بتن کاهش می‌یابد و مقدار آن از مقاومت فشاری به دست آمده از بتن شاهد کمتر است. پس می‌توان گفت در طرح پوزولانی استفاده شده از ۱۰ درصد پوسته تخم‌مرغ شاهد بهبود مقاومت فشاری نسبت به بتن شاهد هستیم. ولی استفاده ۲۰ درصد پوسته تخم‌مرغ به جای سیمان در بتن باعث کاهش مقاومت نسبت به بتن شاهد می‌شود. بنابراین جایگزینی ۱۰ درصد پوسته تخم‌مرغ به جای سیمان به عنوان درصد بهینه، از نظر کسب بیشترین مقاومت فشاری در نظر گرفته می‌شود.

#### ۷- نتیجه‌گیری

در این فصل به نتیجه‌گیری 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 تخم‌مرغ با سیمان در بتن

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

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 می‌شود و پیمانکاران موظفند بتن موردنظر را بر اساس اسلامپ‌های خواسته شده در مشخصات فنی خصوصی و نقشه‌های اجرایی تهیه نمایند. بتن‌هایی که به هنگام ریختن، اسلامپ‌شان با مشخصات خواسته شده مطابقت نماید مردود بوده و باید از مصرف آن خودداری شده و از کارگاه خارج گردند. اضافه نمودن آب برای بالا بردن اسلامپ بتن‌های سفت شده پس از

۸- شکرچی زاده، م، ولی پور، م، پرگر، ف، بررسی تأثیر استفاده پوزولان های میکروسیلیس، متاکائولین، ژئولیت 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- رضانیانپور، ع، افضلی، ن، بررسی اثر متاکائولین در مجاورت سیمان پرتلند بر دوام بتنهای توانمند، ششمین کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران، تهران، ایران، ۱۵ مهرماه، ۱۳۹۳.

۱۰- مستوفی نژاد، 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.

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 حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که با افزودن پو سته تخم‌مرغ مقاومت الکتریکی در همه‌ی طرح‌ها افزایش یافته است. همانطور که در فصل چهارم اشاره شد این افزایش به گونه‌ای بوده که احتمال خوردگی آرماتور در بتن با پو سته تخم‌مرغ غیر ممکن است.

۵- گسیختگی ناشی از شکستن نمونه‌های بتنی در آزمایشگاه همانندگسیختگی رضایت بخش نمونه‌های مکعبی طبق استاندارد 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 اسلامپ نمونه بتن با در صد جایگزینی ۲۰ در صد از نمونه بتن با ۱۰ درصد پو سته تخم‌مرغ بیشتر است ولی همچنان کارایی بتن با ۱۰ درصد پو سته تخم‌مرغ در محدوده مجاز کارایی نشریه ۵۵ قرار دارد.

#### ۷- منابع

1-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 متاکائولین، نهمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران، ۱۹-۲۱ اردیبهشت ماه، ۱۳۹۱.

۳- شکرچی زاده، 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- بهفرنیاء، ک، حسن زاده، 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، مونتہ بیرو، پ، ریز ساختار، خواص و اجزای بتن (تکنولوژی پیشرفته بتن)، رضانیانپور، ع، قدوسی، پ، گنجیان، ا، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ ششم، ۱۳۹۴، صفحات ۳۶۵ و ۳۶۷.



## 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