



دانشگاه تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۰
نالز شهید چمران - انستیتو مصالح ساختمانی
پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران



اولین کنفرانس ملی بتن سبک

بررسی پارامترهای دوام در بتن‌های الیافی سبک حاوی EPS

علی صدر ممتازی^۱، میرعلیمحمد میرگذار لنگرودی^۲

دانشگاه گیلان - دانشکده فنی - sadrmomtazi@yahoo.com

خلاصه

این مطالعه به بررسی پارامترهای دوام بتن‌های سبک حاوی EPS که شامل درصد‌های مختلفی از الیاف پلی پروپیلن می‌باشند می‌پردازد. در این خصوص، تاثیر حضور دانه‌های EPS و الیاف پلی پروپیلن در ماتریس بر پارامترهای پایایی بتن حاصل مورد مطالعه قرار گرفته است. همچنین تاثیرات استفاده از پوزولان‌های میکروسیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج به عنوان جایگزین بخشی از سیمان مصرفی مورد بررسی قرار گرفته است. سپس تغییر در مشخصات مکانیکی بتن‌های مورد بحث، در معرض محیط مخرب نمکی مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج حاکی از آنست که حضور دانه‌های EPS در بتن سبک بروز دوام قابل قبول نمونه‌های بتنی در معرض محیط مخرب نمکی می‌باشد. لکن افزودن الیاف پلی پروپیلن به ماتریس بتن سبک متاثر شدن بتن‌های حاصل از محیط مخرب نمکی شده و کاهش در مشخصات مکانیکی را به همراه خواهد داشت.

کلمات کلیدی: پارامترهای دوام، بتن سبک، EPS، الیاف پلی پروپیلن، پوزولان

۱- مقدمه

ساختن بتن با دوام و پایا از دیرباز چالش ذهنی و عملی مهندسين عمران بوده و هست. خوردگی فولاد در بتن یکی از عوامل بسیار موثر در کاهش دوام سازه‌های بتن مسلح می‌باشد. منابع هنگفت لازم برای تعمیر خرابی‌های ناشی از خوردگی فولاد در بتن، ضرورت بهبود بخشیدن به وضعیت دوام سازه‌های در دست ساخت و همچنین تضمین دوام سازه‌های موجود تازه تعمیر شده را چند برابر کرده است. مشکلات فراوان موجود در مقوله دوام سازه‌های بتن آرمه، ناشی از کاهش مقاومت ماتریس و همچنین ناشی از خوردگی میلگردها در محیط خورنده، مربوط به تغییراتی چند است که در بافت بتن و شرایط محیطی رخ می‌دهد. به دلیل اثرات بسیار بزرگ خوردگی میلگردها بر دوام سازه‌های بتن آرمه و هزینه‌های سنگین مورد نیاز برای تعمیر و بازسازی سازه‌های زیر بنایی نظیر پلها، سازه‌های دریایی و... مطالعات آزمایشگاهی بسیار زیادی در سطح بین‌المللی در این ارتباط در حال انجام است. با

^۱ دانشیار گروه مهندسی عمران - دانشگاه گیلان

^۲ دانش آموخته کارشناسی ارشد سازه - دانشگاه گیلان

این حال، هنوز هم نقاط مبهم بسیاری در این مقوله وجود دارد که مستلزم تحقیقات بیشتر در این زمینه می باشد. [۱] یکی از انواع مصالح سبکدانه پلیمری مورد استفاده در بتن، پلی استایرن حجیم شده یا EPS می باشد. پلی استایرن یک ماده پلیمری ترموپلاستیک است که در حالت اولیه به فرم منبسط نشده یا UEPS بوده و می توان از طریق حرارت دادن در مجاورت رطوبت آنرا به حد دلخواهی منبسط کرد. EPS دارای وزن مخصوص پایینی است، لذا با تغییر در مقدار آن در طرح اختلاط بتن می توان طیف وسیعی از بتن های سبک، با وزن مخصوص و خواص مکانیکی متفاوت، به منظور استفاده در مقاصد سازه ای و غیر سازه ای را تولید نمود [۲]. از سویی دیگر در بتن تازه به دلیل جمع شدگی، ابعاد تغییر پیدا کرده و ترک های ریزی به وجود می آید که نتایج حاصل از ایجاد این ترک ها در بافت بتن، افزایش نفوذپذیری، از بین رفتن سطح بتن، خوردگی آرماتورها و کاهش خواص مکانیکی بتن خواهد بود. یکی از راه حل های مناسب برای مقابله با این مشکلات استفاده از مقادیر کم الیاف، در جهت کنترل رشد ترک و افزایش مقاومت کششی بتن می باشد [۳]. پلی پروپیلن یک پلیمر ترموپلاستیک می باشد. [۴] این الیاف مقاومت بالایی در مقابل اکثر محیط های خورنده، اعم از قلیایی و اسیدی و نمکی داشته و این ویژگی به همراه چگالی و جذب رطوبت پایین، آنرا به پرمصرف ترین الیاف پلیمری مورد استفاده در بتن بدل کرده است [۵]. میکروسیلیس ذاتا دارای خاصیت پوزولانی بسیار قوی می باشد. با استفاده از این خاصیت، بهبود ویژگی پایایی و مقاومت بتن امکان پذیر است. در کارهای عملی ۳ الی ۱۰ درصد مواد سیمانی بر حسب وزنی میکروسیلیس را جایگزین سیمان می شود [۶]. از میان ضایعات کشاورزی خاکستر پوسته شلتوک برنج بیشترین مقدار سیلیس را دارا می باشد. گزارش های بسیاری نشان از ویژگی های منحصر بفرد خاکستر پوسته شلتوک برنج به عنوان ماده جایگزین سیمان دارند [۷].

۲- تحقیقات عملی

مصالح مصرفی و مشخصات اختلاط:

مصالح سیمانی: سیمان مورد استفاده در این پروژه از نوع پرتلند تپ I، تولید شده در کارخانه سیمان تهران بوده که دارای توده ویژه 3.15 gr/cm^3 و سطح بلین $3354 \text{ cm}^2/\text{gr}$ می باشد. همچنین از میکروسیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج به عنوان افزودنی سیمانی در طرح اختلاط ها استفاده شده است.

جدول ۱- مشخصات سیمان و پوزولان های مصرفی

Oxide	Portland cement	Silica fume	Rice husk ash
SiO ₂	۰۰/۲۱	۱۰/۹۱	۶۲/۹۱
Al ₂ O ₃	۶۰/۴	۵۵/۱	۴۹/۰
Fe ₂ O ₃	۲۰/۳	۰۰/۲	۷۳/۰
CaO	۵۰/۶۴	۴۲/۲	۵۱/۲
MgO	۰۰/۲	۰۶/۰	۸۸/۰
SO ₃	۹۰/۲	۴۵/۰	-
Na ₂ O + K ₂ O	۰۰/۱	-	۳۹/۲
LOI	۵۰/۱	۱۰/۲	-

سنگدانه ها: شن و ماسه مصرفی از نوع رودخانه ای بوده است. توده ویژه شن 2.54 gr/cm^3 و میزان جذب آب آن ۲.۵۷٪ و حداکثر قطر سنگدانه های آن ۱۲.۵ mm می باشد. توده ویژه ماسه مخلوط 2.51 gr/cm^3 و میزان جذب آب آن ۳.۴٪ تعیین گردیده است. EPS: پلی استایرن حجیم شده (EPS) مورد استفاده در این پروژه دارای حداکثر قطر دانه های ۳.۵ mm و توده ویژه 3.0257 gr/cm^3 بوده است.

الیاف پلی پروپیلن: الیاف پلی پروپیلن مورد استفاده در این تحقیق از نوع مواد خام صنعتی بوده که در کارخانه به طول ۶ میلیمتر بریده شده است. مشخصات الیاف پلی پروپیلن مصرفی در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- مشخصات الیاف پلی پروپیلن

property	polypropylene
[Unit weight [g/cm ³	۰.۹۱ - ۰.۹
Reaction with water	Hydrophobic
[Tensile strength [ksi	۶ - ۴.۵
[%] Elongation at break	۶۰۰ - ۱۰۰
] Melting point° [C	۱۷۵
Thermal conductivity [W/m/K	۰.۱۲

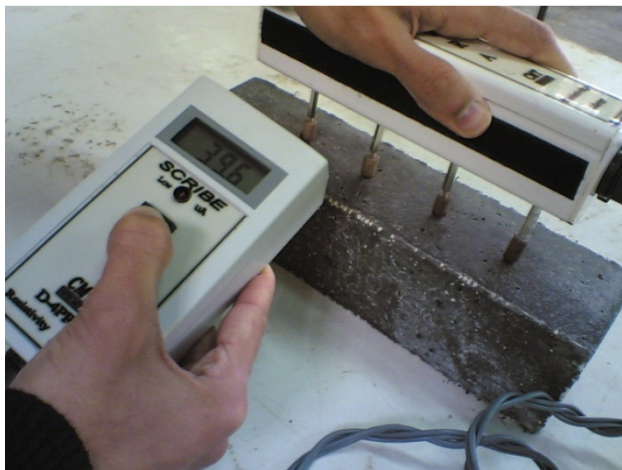
مشخصات اختلاط: طرح اختلاط های مورد مطالعه در این پژوهش برای درصد های مختلف (0% EPS، 15%، 25%، 40% (حجم بتن) طراحی شده است. به منظور بررسی تاثیر میکروسیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج، برای هر یک از درصد های مذکور، سه طرح اختلاط، یکی با سیمان معمولی و دو طرح اختلاط دیگر با مصالح سیمانی کامپوزیت، به ترتیب حاوی ۹۰٪ سیمان معمولی و ۱۰٪ میکروسیلیس و ۸۰٪ سیمان معمولی و ۲۰٪ خاکستر پوسته شلتوک برنج به عنوان افزودنی سیمانی در نظر گرفته شده است. به جهت قابل مقایسه بودن نتایج در طراحی اختلاط ها سعی شده تا روانی دو مخلوط متناظر مشابه باشد. مقادیر اسلامپ بتن تازه در کلیه طرح اختلاط ها در محدوده ۷۰-۵۰ میلی متر ثبت شده است. جایگزینی EPS با سنگدانه ها به گونه ای صورت گرفته است که ترکیب سنگدانه ها دانه بندی مناسبی داشته باشد. همچنین به منظور بررسی تاثیر الیاف پلی پروپیلن، این الیاف در کلیه طرح اختلاط ها به میزان ۰.۱٪، ۰.۳٪، ۰.۵٪ و ۱٪ حجم بتن اختلاط مورد استفاده قرار گرفته است تولید بتن الیافی حاوی EPS: در ابتدا مصالح سیمانی، شن، ماسه و EPS تا به دست آمدن ترکیبی یکنواخت از سیمان، شن و ماسه در میکسر مخلوط می شوند. سپس ۵۰٪ آب اختلاط به ترکیب فوق الذکر اضافه می گردد. در نهایت باقی مانده آب اختلاط و فوق روان کننده به صورت تدریجی به مخلوط اضافه می شود. ترکیب حاصل حداقل به مدت ۶۰ ثانیه توسط میکسر مخلوط می شود. در حین این عملیات الیاف به صورت تدریجی در بتن در حال مخلوط شدن در میکسر پاشیده می شود تا بطور یکنواختی در آن پخش شود.

عمل آوری نمونه ها : عمل آوری نمونه ها بر اساس استاندارد ASTM C 192M-95 صورت گرفته و پس از ریختن بتن در قالب، آنرا به مدت ۲۴ ساعت با گونی خیس پوشانده و بعد از باز کردن قالب ها، نمونه ها در حوضچه آب با دمای 21 ± 2 درجه سانتیگراد داخل شده و تا زمان تست نگهداری می شوند. نمونه های مربوط به آزمایش های دوام پس از ۲۸ روز نگهداری، در شرایط محیطی مختلف وارد می شوند:

شرایط محیطی آب معمولی (محیط آبی)

شرایط محیطی مخرب نمکی حاوی ۵٪ کلرید سدیم (محیط نمکی): این شرایط به منظور ارزیابی تاثیرات محیط مخرب نمکی بر مقاومت مکانیکی نمونه های بتنی حاوی EPS مهیا گردیده است.

برای اندازه گیری مقاومت الکتریکی بتن در کارگاه ها معمولاً از مقاومت سنج های چهار شاخه ای^۱ استفاده می کنند.

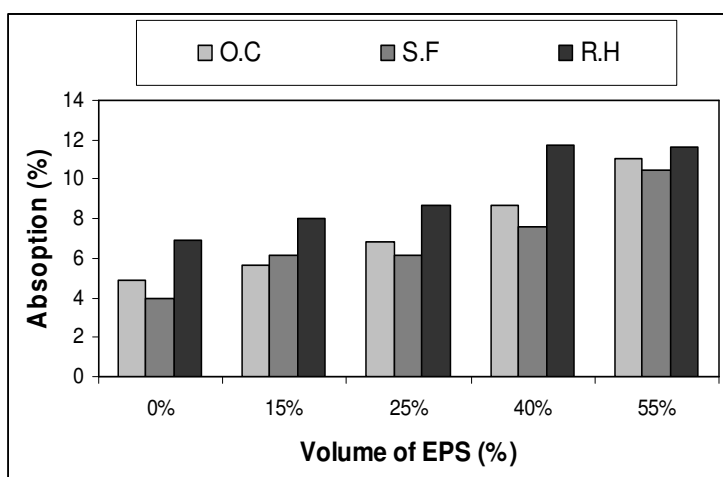


شکل ۱: دستگاه مقاومت سنج های چهار شاخه ای مورد استفاده در آزمایش

مطالعه تغییرات حاصل از قرارگرفتن نمونه ها در محیط مخرب نمکی: آزمایشات مربوط به مقاومت فشاری بر روی نمونه های مکعبی 10cm×10cm×28، ۹۰، ۱۵۰ و ۲۱۰ روزگی توسط دستگاه Multifunctional Control Console مدل ۵۰- C8222 با حداکثر توان بارگذاری KN3000 و با سرعت بارگذاری معادل 0.۲۵ N/mm²s انجام شده است.

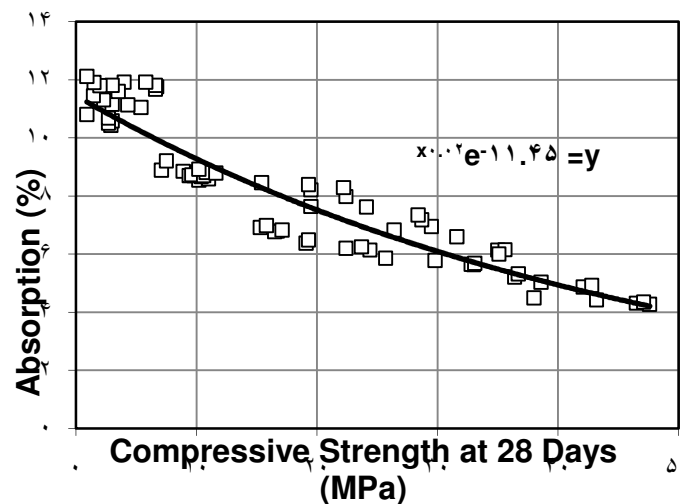
۴- بحث بر روی نتایج:

اندازه گیری جذب آب نهایی: تغییرات جذب آب نهایی بتن های حاوی مقادیر متفاوت EPS در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می شود، نتایج حاصل از انجام آزمایش جذب آب نهایی بر روی نمونه های بتنی حاوی EPS، نشان از افزایش میزان این مشخصه با افزایش حجم EPS مصرفی دارد. همچنین تاثیر افزودن میکروسیلیس در کاهش میزان جذب آب نمونه ها مثبت ارزیابی شده است. بر اساس نتایج بدست آمده، نمونه های حاوی میکروسیلیس به طور میانگین، کاهش ۷.۴ درصدی در میزان جذب آب، نسبت به نمونه های ساخته شده با سیمان معمولی را از خود نشان دادند. از سوی دیگر، افزودن خاکستر پوسته شلتوک برنج به طرح اختلاط بتن، افزایش در میزان جذب آب نهایی نمونه ها نسبت به بتن متناظر ساخته شده با سیمان معمولی را نشان می دهد که این افزایش بطور میانگین در حدود ۳۰.۵٪ بدست آمده است.



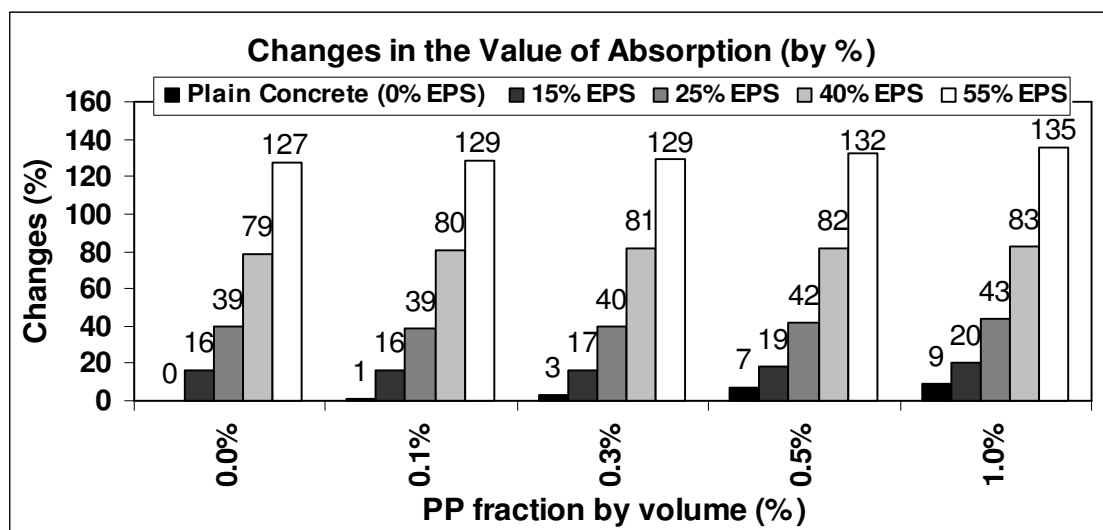
شکل ۲: نمودار تغییرات جذب آب نهایی بتن های حاوی مقادیر متفاوت EPS ساخته شده با مصالح سیمانی متفاوت

¹ Four Probe Array Resistivity Meter



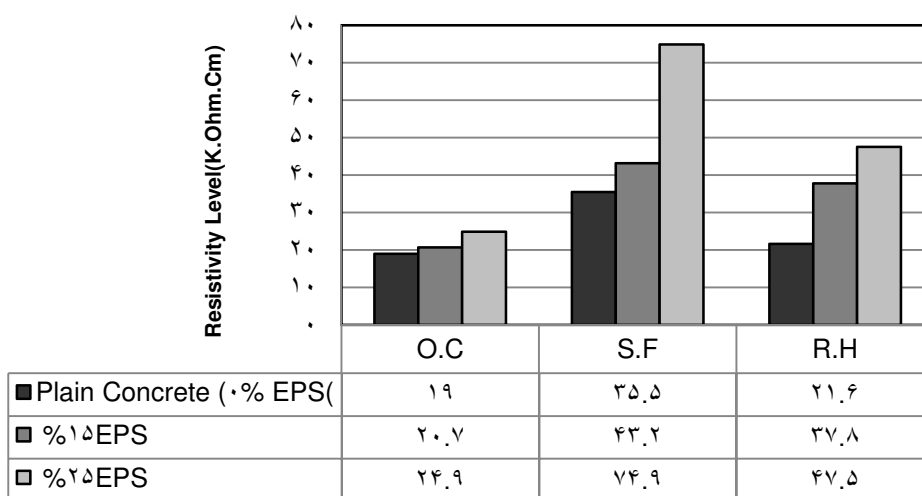
شکل ۳: نمودار تغییرات جذب آب نهایی کلیه نمونه های مورد بررسی با مقاومت فشاری نظیر در سن ۲۸ روزگی

افزایش جذب آب بواسطه افزایش در میزان EPS مصرفی با در نظر داشتن خاصیت آبگریزی دانه های EPS، می تواند به دلیلی مشابه با آنچه در ارتباط با علت افزایش تخلخل در بتن های حاوی الیاف پلی پروپیلن نسبت به بتن های متناظر فاقد الیاف ذکر گردید اتفاق افتاده باشد. در اینصورت افزایش در میزان جذب آب بتن های حاوی درصد های بالاتر EPS نشان از افزایش در میزان خلل و فرج داخلی بتن بوده که علت وقوع آنرا می توان به حباب های هوای بیشتری که در حین اختلاط به علت خاصیت آبگریزی دانه های EPS وارد بافت بتن می شود نسبت داد. کاهش جذب آب به علت افزودن میکروسیلیس مشابه آنچه قبلا ذکر گردید به ریزی ذرات و خواص پوزولانی قوی میکروسیلیس مربوط می گردد. واکنش پذیری بالای میکروسیلیس سبب پر شدن زود هنگام خلل و فرج داخلی بتن از محصولات واکنش های پوزولانی شده، تخلخل را کاهش می دهد که این امر به نوبه خود سبب کاهش در میزان جذب آب بتن حاصل می گردد. در مقابل نتایج حاصل از افزودن خاکستر پوسته شلتوک برنج نشان دهنده افزایش در میزان جذب آب نمونه ها می باشد که علت آنرا می توان در واکنش های کند پوزولانی آن جستجو نمود. بطوری که در سنین اولیه و در مراحل اولیه هیدراتاسیون، خاکستر پوسته شلتوک برنج تقریبا غیر فعال باقی می ماند و فعالیت پوزولانی زیادی از خود نشان نمی دهد که بدین وسیله سبب باقی گذاشتن حجم بیشتری از فضاهای خالی و لوله های موئینه پر نشده با محصولات واکنش های پوزولانی می گردد. افزودن الیاف پلی پروپیلن به بتن نیز همانطور که قبلا ذکر گردید، بدلیل افزایش در میزان خلل و فرج داخلی بتن، سبب افزایش در مقادیر جذب آب نمونه ها می گردد.



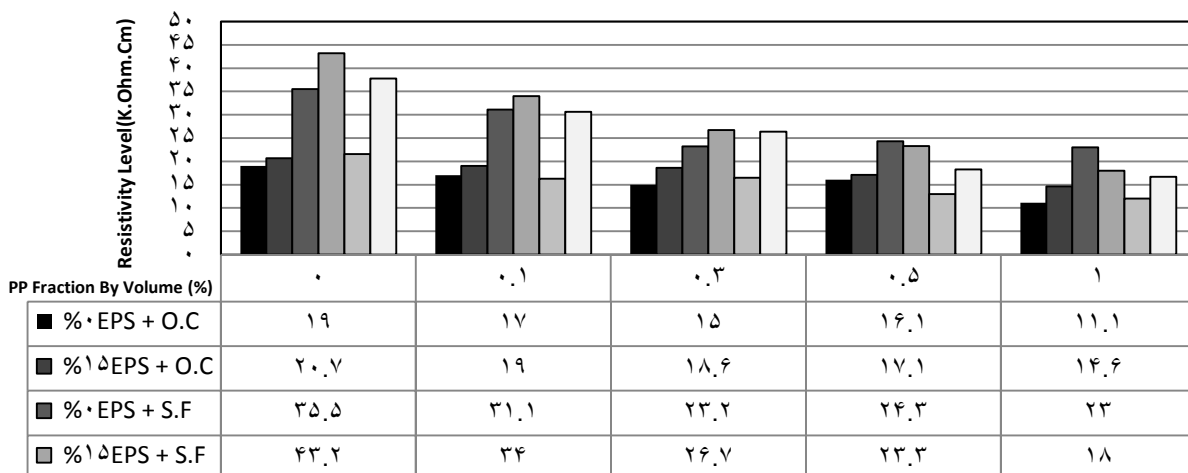
شکل ۴: نمودار تغییرات جذب آب نهایی بتن های الیافی حاوی EPS ساخته شده با O.C نسبت به بتن شاهد

آزمایش مقاومت الکتریکی: تعیین مقاومت ویژه الکتریکی، یکی از آزمایش های مربوط به مقوله دوام و پایایی بتن می باشد که علاوه بر این امر، به عنوان ابزاری مناسب به منظور بررسی احتمال خوردگی آرماتور های مدفون در بتن نیز مطرح می شود. لذا در این مطالعه در سن ۱۸۰ روزگی نسبت به اندازه گیری مقاومت الکتریکی نمونه های بتنی مستغرق در محیط مخرب نمکی اقدام شده و نتایج حاصل در شکل ۵ ارائه شده است. از آنجا که مقاومت الکتریکی بتن های نگهداری شده در محیط نمکی، از مقاومت الکتریکی بتن های نظیر آنها که در محیط آبی نگهداری می شوند کمتر ارزیابی می شود (به دلیل رسانایی بیشتر محلول آب و نمک نسبت به آب)، لذا نتایج حاصل از این آزمایش بر روی بتن های مستغرق در محیط نمکی ارزیابی دست پائینی از احتمال خوردگی آرماتورها در بتن ارائه می دهد که در جهت اطمینان مطلوب است. با توجه به نتایج، افزایش در میزان EPS مصرفی، سبب افزایش در مقاومت الکتریکی نمونه های بتنی می گردد. این بدین معناست که استفاده از EPS در ساخت بتن سبک، کاهش در احتمال خوردگی آرماتورهای مدفون در آن را، حین مواجهه با محیط مخرب نمکی به همراه خواهد داشت. از سوی دیگر بر اساس نتایج بدست آمده از انجام آزمایش تعیین مقاومت الکتریکی بر روی نمونه های ساخته شده با میکروسیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج، افزودن پوزولان های فوق الذکر سبب افزایش در مقاومت الکتریکی نمونه های حاصل شده است.



شکل ۵: تغییرات مقاومت الکتریکی در بتن های حاوی مقادیر مختلفی از EPS در نتیجه استفاده از مصالح سیمانی مختلف

شایان ذکر است در ارتباط با این افزایش مقاومت الکتریکی، نمونه های حاوی میکروسیلیس تأثیری پررنگتر را به نمایش گذاشته اند. میانگین گیری از مقادیر مقاومت الکتریکی نمونه های بتن سازه ای حاوی EPS ساخته شده با درصد های مختلف الیاف پلی پروپیلن، نشان دهنده مقاومت متوسطی معادل ۱۷.۵۵، ۳۲.۴۷ و ۲۳.۳۴ کیلو اهم سانتیمتر، به ترتیب برای نمونه های حاوی سیمان معمولی، سیمان کامپوزیت حاوی میکروسیلیس و سیمان کامپوزیت حاوی خاکستر پوسته شلتوک برنج می باشد. بر عکس افزودن الیاف پلی پروپیلن کاهش در مقاومت الکتریکی نمونه های حاوی این الیاف نسبت به نمونه های بتن شاهد را نشان داده اند که این روند کاهشی تقریباً به طور منظمی با افزایش در میزان الیاف مصرفی ادامه می یابد.

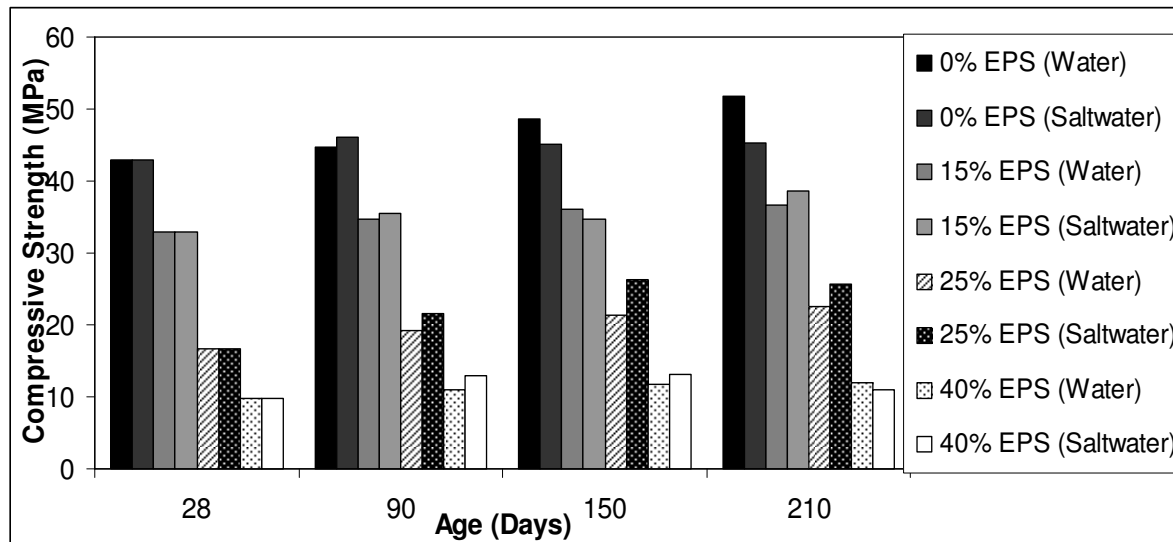


شکل ۶: تغییرات مقاومت الکتریکی با تغییر در حجم الیاف پلی پروپیلن مصرفی

با توجه به نتایج، ملاحظه می شود که کلیه نمونه های سازه ای حاوی EPS و فاقد الیاف در ناحیه غیر فعال با سرعت خوردگی آرماتور بسیار ناچیز قرار دارند. به طور مشابه بتن های ساخته شده با میکروسیلیس نیز در ناحیه غیر فعال با سرعت خوردگی آرماتور بسیار ناچیز مشاهده شده اند. افزودن الیاف پلی پروپیلن به نمونه های ساخته شده با سیمان معمولی، حاوی ۱۵ درصد EPS و نمونه های ساخته شده با سیمان آمیخته با خاکستر پوسته شلتوک برنج فاقد EPS، سبب کاهش در مقاومت الکتریکی این نمونه ها تا قرار گیری در ناحیه نیمه فعال با سرعت خوردگی متوسط رو به پایین شده است. افزودن الیاف پلی پروپیلن به میزان بیشتر از ۰.۳٪ حجمی در بتن حاوی ۱۵ درصد EPS ساخته شده با سیمان کامپوزیت حاوی خاکستر پوسته شلتوک برنج نیز سبب بوجود آمدن تغییراتی مشابه خواهد شد. بطور کلی نتیجه تحقیقات انجام شده به تاثیر مثبت استفاده از EPS در بتن در راستای ایمن تر ساختن شرایط داخلی آن در حفاظت از آرماتور های مدفون در مقابل خوردگی اشاره دارد.

همانطور که می دانیم، مقاومت یک سیم، رابطه ای مستقیم با طول و رابطه ای عکس با سطح مقطع آن دارد. لذا اگر شبکه خخل و فرج های موئینه داخل بتن را که با محلول آب و نمک پر شده اند، به عنوان مجموعه از سیم ها تعبیر کنیم، هرچه میزان خخل و فرج موجود در بافت بتن و ارتباط بین آنها بیشتر باشد، در واقع سطح مقطع سیم فرضی زیاد شده و طول آن کاهش می یابد که این امر مبین کاهش در مقاومت الکتریکی می باشد. افزایش مقاومت الکتریکی بتن، با افزایش در حجم EPS مصرفی با وجود افزایشی که این امر در میزان تخلخل بتن سبب می شود، ممکن است به این علت باشد که حضور دانه های EPS که از نظر الکتریکی عایق بسیار قوی محسوب می شوند در مسیر برخی کاپیلارها، با توجه به بزرگی ابعاد دانه های EPS نسبت به ابعاد مقطع این منافذ موئینه، میزان ارتباط بین خخل و فرج داخلی محیط بتن را کاهش می دهد یا طول این مسیر ها را افزایش می دهد که در هر دو حالت افزایش در میزان مقاومت الکتریکی بتن حاصل را به همراه خواهد داشت. در واقع می توان گفت تخلخل ایجاد شده در تنازع با کاهش ارتباطات خخل و فرج داخلی یا افزایش طول مسیر این منافذ موئینه تسلیم گشته است. از سوی دیگر با استفاده از توضیحات ارائه شده فعالیت مثبت میکروسیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج در پر کردن حفرات و خخل و فرج های داخلی بتن توسط محصولات واکنش های پوزولانی نیز توجیه مناسبی برای افزایش در مقاومت الکتریکی نمونه های حاوی این پوزولان ها نسبت به بتن به نظر می رسد. همچنین در مورد کاهش در مقاومت الکتریکی بواسطه افزودن الیاف پلی پروپیلن، با توجه به حجم پایین استفاده از الیاف پلی پروپیلن در بتن (در این مطالعه حداکثر ۱٪ حجم بتن) و همچنین کوچک بودن سطح مقطع الیاف، افزایش میزان خخل و فرج و لوله های موئینه در بافت بتن ناشی از افزودن الیاف نسبت به کاهش ارتباطات بین منافذ و یا افزایش طول مسیر برخی لوله های موئینه بواسطه حضور الیاف، چشمگیر تر است. لذا کاهش مقاومت الکتریکی با افزودن الیاف پلی پروپیلن منطقی به نظر می رسد.

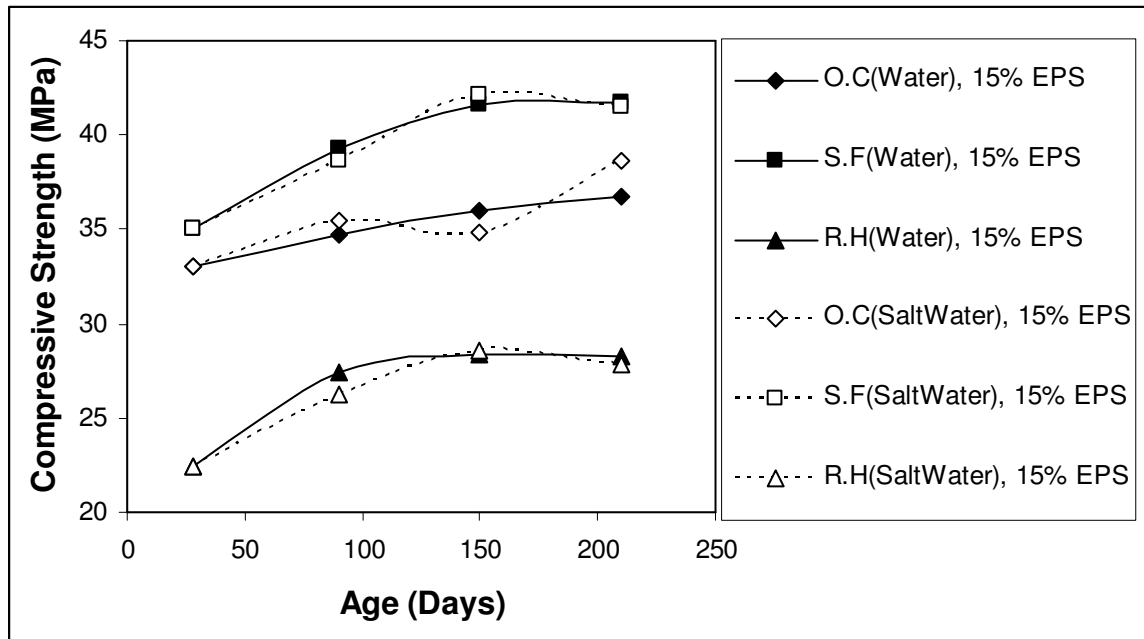
بررسی تاثیرات محیط مخرب نمکی بر مقاومت مکانیکی: به منظور بررسی تاثیرات محیط مخرب نمکی بر مقاومت مکانیکی نمونه های بتنی حاوی EPS و الیاف پلی پروپیلن، آزمایش های مقاومت فشاری بر روی نمونه های نگهداری شده در دو محیط آبی و مخرب نمکی در سنین مختلف انجام پذیرفت.



شکل ۷: تغییرات مقاومت فشاری بتن های حاوی EPS نگهداری شده در دو محیط آبی و مخرب نمکی

نتایج آزمایشات انجام شده بر چهار اختلاط مذکور نشان از کاهش مقاومت بتن فاقد EPS و افزایش مقاومت نمونه های بتنی حاوی EPS در محیط مخرب نمکی دارد. این در حالی است که مدتهاست نظریه اثر مخرب محیط نمکی بر بافت بتن، که به دلیل تشکیل و رشد کریستالها در داخل خلل و فرج داخلی و به تبع آن ایجاد تنش های داخلی که منجر به کاهش مقاومت بتن می گردد شناسانده شده و گروهی از محققین بر صحت آن تاکید دارند (Kumar Mehta & Monterio, 2006). با این حال مطالعاتی منجر به نتیجه گیری های عکس نیز در سرتاسر دنیا انجام شده و عده ای نیز بر این باورند که عمل آوری در محیط نمکی سبب افزایش در سرعت کسب مقاومت در سنین اولیه می گردد [۸]. در هر حال اگرچه در رابطه با تاثیر محیط مخرب نمکی بر مقاومت مکانیکی بتن های واقع در آن نظریه های متفاوتی موجود است، لکن مطالعات صورت گرفته پیشین بر بتن های حاوی EPS، همگی متفق القول حکایت از درجه نفوذ ناپذیری بالای آن نسبت به یون کلر دارد [۹]. لذا انتظار می رفت که کاهش مقاومت فشاری ناچیزی در بتن حاوی EPS رخ دهد. حال آنکه آنچه در بتن های حاوی EPS مشاهده شده است افزایش مقاومت نسبت به نمونه های شاهد نگهداری شده در محیط آبی می باشد!

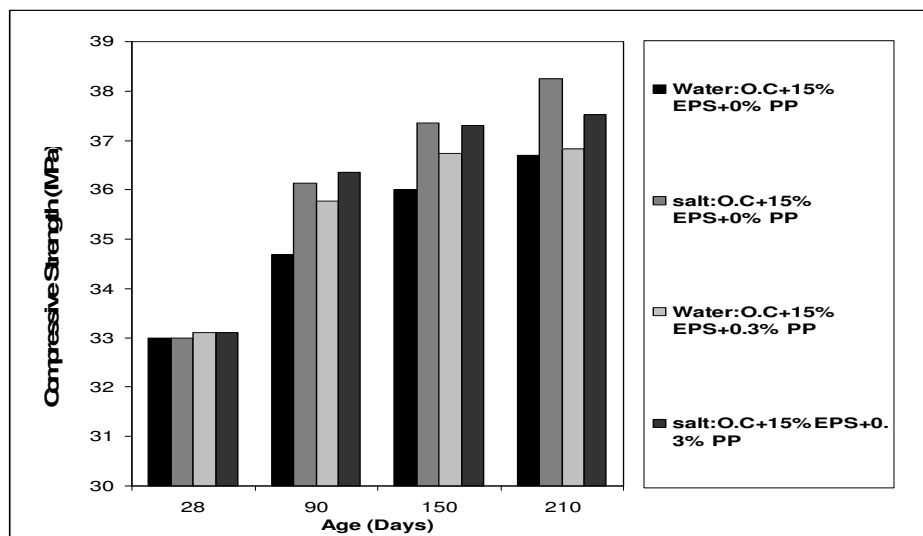
تاثیر استفاده از میکروسیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج بر تغییرات مقاومت فشاری در محیط مخرب نمکی در شکل ۸ نمایش داده شده است.



شکل ۸: تاثیرات استفاده از پوزولان ها بر تغییرات مقاومت فشاری بتن حاوی EPS در دو محیط آبی و مخرب نمکی

همانطور که مشاهده می شود، افزودن میکروسیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج به بتن EPS به عنوان جایگزین بخشی از سیمان اختلاط، سبب کاهش تغییرات مقاومت مکانیکی بتن حاوی EPS در مقابل محیط نمکی گردیده است. بدین صورت که تغییرات مقاومتی حاصل از نگهداری بتن های مذکور در محیط نمکی تقریباً ناچیز است. این امر می تواند ناشی از مقید سازی یون کلر بواسطه استفاده از مواد پوزولانی باشد که با افزایش در میزان تری کلسیم آلومینات (C3A)، بعلت واکنش پذیری بالای این جزء تشکیل دهنده سیمان با یون کلر آزاد و تبدیل آن به نمک های بی اثر و بی حرکت، صورت می پذیرد [۹]. در واقع در ارتباط با بتن های حاوی EPS ساخته شده با پوزولان، به علت کاهش در میزان تاثیر پذیری از محیط نمکی، افزایش مقاومت قابل ملاحظه ای مشاهده نمی شود.

همچنین به منظور بررسی تاثیر استفاده از الیاف پلی پروپیلن در بتن های حاوی EPS بر مقاومت فشاری آن در محیط نمکی، تاثیر استفاده از الیاف پلی پروپیلن به میزان ۰.۳٪ حجمی بر روی تغییرات مقاومت مکانیکی بتن حاوی ۱۵ درصد EPS در نمودار شکل ۹ نشان داده شده است.



شکل ۹: تاثیرات استفاده از الیاف PP بر تغییرات مقاومت فشاری در دو محیط آبی و مخرب نمکی

همانطور که در شکل نشان داده شده است، بتن های الیافی حاوی ۱۵ درصد EPS در محیط نمکی، روند کند تری در کسب مقاومت نسبت به نمونه های فاقد الیاف متناظر با خود در محیط نمکی را دارند. با اینکه انتظار می رفت استفاده از ۰.۳٪ الیاف پلی پروپیلن اثر منفی ای بر مقاومت فشاری نداشته باشد، لکن مقاومت فشاری نمونه الیافی واقع در محیط نمکی از مقاومت فشاری نمونه فاقد الیاف متناظر با آن واقع در محیط نمکی پایین تر است. ممکن است الیاف بنا به دلایلی سبب ایجاد خلل در مکانیزم کسب مقاومت بتن حاوی EPS در محیط نمکی شود که اگر این طور باشد کاهش مقاومت نمونه الیافی نسبت به نمونه فاقد الیاف قابل توجیه است.

۵- نتیجه گیری:

نتایج حاصل از انجام آزمایش جذب آب نهایی بر روی نمونه های بتنی حاوی EPS، نشان از افزایش میزان این مشخصه با افزایش حجم EPS مصرفی دارد. همچنین تاثیر افزودن میکروسیلیس در کاهش میزان جذب آب نمونه ها مثبت ارزیابی شده است. از سوی دیگر، افزودن خاکستر پوسته شلتوک برنج به طرح اختلاط بتن، افزایش در میزان جذب آب نهایی نمونه ها نسبت به بتن متناظر ساخته شده با سیمان معمولی را نشان می دهد. افزودن الیاف پلی پروپیلن به بتن بدلیل افزایش در میزان خلل و فرج داخلی بتن، سبب افزایش در مقادیر جذب آب نمونه ها می گردد. با توجه به نتایج، افزایش در میزان EPS مصرفی، سبب افزایش در مقاومت الکتریکی نمونه های بتنی می گردد. بر اساس نتایج بدست آمده از انجام آزمایش تعیین مقاومت الکتریکی بر روی نمونه های ساخته شده با میکروسیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج، افزودن پوزولان های فوق الذکر سبب افزایش در مقاومت الکتریکی نمونه های حاصل شده است. افزودن الیاف پلی پروپیلن کاهش در مقاومت الکتریکی نمونه های حاوی این الیاف نسبت به نمونه های بتن شاهد را نشان داده اند که این روند کاهشی تقریباً به طور منظمی با افزایش در میزان الیاف مصرفی ادامه می یابد. همانطور که مشاهده می شود، افزودن میکروسیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج به بتن EPS به عنوان جایگزین بخشی از سیمان اختلاط، سبب کاهش تغییرات مقاومت مکانیکی بتن حاوی EPS در مقابل محیط نمکی گردیده است. بدین صورت که تغییرات مقاومتی حاصل از نگهداری بتن های مذکور در محیط نمکی تقریباً ناچیز است. بطور کلی نتیجه تحقیقات انجام شده به تاثیر مثبت استفاده از EPS در بتن در راستای ایمن تر ساختن شرایط داخلی آن در حفاظت از آرماتور های مدفون در مقابل خوردگی اشاره دارد.

۶- مراجع

۱. اسماعیلی جمشید، رابطه بین تخلخل بتن پوشش و مقدار خوردگی فولاد مورد نیاز برای ترک خوردگی بتن پوشش، سومین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تبریز، اردیبهشت ۱۳۸۶
۲. علی صدر ممتازی، اکبر خداپرست حقی، میر علیمحمد میرگذار لنگرودی، بررسی خواص مکانیکی بتن الیافی سبک حاوی پلی استایرن حجیم شده و بدست آوردن نسبت اختلاط بهینه، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران، اردیبهشت ۱۳۸۷
3. Malisch.W.R, Polypropylene fibers in concrete, Concrete Construction, 23,157-178, 2001
4. R.Hegde, Atul Dahiya, M.G.Kamath, Olefin Fiber, April, 2004
۵. حسین توانایی، الیاف بشر ساخته، ۱۳۷۷
6. Khaloo.A.R, M.R.Houseinian, Evaluation of properties of silica fume for use in concrete, International Conference on Concretes, Dundee, Scotland, 1999
7. S.Sugita, Q.Yu, M.Shayo, Y.Tsukinaga, Y.Isojima, Semi industrial production of highly reactive rice husk ash and its effect on cement and concrete properties, 10th International Congress on Chemical of Cements, Gothenburg, Sweden, 3, 1977
8. A.k inkulore, Cangru Jiang, OM.Shobola, The Influence of Salt Water on the Compressive Strength of Concrete, Jomal of Engineering, andApplied Sciences, 2, 412-415, 2007
9. K.Ganesh Babu, D.Saradhi Babu, Performance of fly ash concretes containing lightweight EPS aggregates, Cement & Concrete Composites, 26, 605-611, 2004