

بررسی مشخصات مکانیکی و دوام مخلوط پایه سیمانی اصلاح شده با اتیلن وینیل استات و استایرن اکریلیک

هادی چهارزی سفیددشتی

کارشناسی ارشد مهندسی عمران - سازه، دانشکده عمران و نقشه برداری، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان، ایران
سیدحسام مدنی *

عضو هیئت علمی دانشکده عمران و نقشه برداری، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان، ایران
علی سعیدی کیا

کارشناسی ارشد مهندسی عمران - سازه، دانشکده عمران و نقشه برداری، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان، ایران

چکیده

در مطالعه آزمایشگاهی حاضر تاثیر دو نوع پلیمر اتیلن وینیل استات و استایرن اکریلیک بر مشخصات مخلوط‌های پایه سیمانی مورد بررسی قرار گرفته است. مخلوط‌های ساخته شده حاوی پلیمر به میزان ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد وزنی سیمان بوده و نسبت آب به سیمان برابر با ۰/۳۳ لحاظ شده است. به منظور ارزیابی تاثیر مواد پلیمری بر مخلوط‌ها، مشخصات مکانیکی شامل مقاومت‌های فشاری، خمشی، کششی، مقاومت در برابر ضربه، چقرمگی خمشی و مشخصات دوام شامل ضریب مهاجرت تسریع شده یون کلراید و مقدار نفوذ موئینه و جمع‌شدگی بررسی گردید. نمونه‌های مورد مطالعه تحت دو دوره عمل‌آوری شامل تکه‌داری در شرایط مرطوب برای سنین اولیه (۷ روز ابتدایی) و دوره شرایط خشک در سنین بالا (روز هشتم تا زمان آزمون) قرار گرفته‌اند. نتایج نشان دهنده بهبود در برخی از مشخصات مکانیکی از جمله مقاومت خمشی، کششی و مقاومت در برابر ضربه و اثر بخشی قابل توجه مواد پلیمری بر کاهش نفوذ پذیری مخلوط‌های پایه سیمانی در ضریب مهاجرت تسریع شده یون کلراید و نفوذ موئینه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مشخصات مکانیکی و دوام، مخلوط اصلاح شده پلیمری، اتیلن وینیل استات، استایرن اکریلیک.

۱- مقدمه

آگاروال و همکاران [۶] به بررسی خواص مخلوط‌های اصلاح شده پایه سیمانی با استفاده از رزین اکریلیک و اپوکسی پرداختند و دریافتند که رزین این مواد سبب بهبود خواص مکانیکی شده و در این بین رزین اپوکسی (پایه آبی) در مقایسه با رزین اکریلیک سبب کاهش بیشتر نفوذ یون کلراید و افزایش در مقاومت فشاری شده است.

هانگ و همکاران [۷] در یک بررسی آزمایشگاهی نفوذپذیری و مقاومت بتن اصلاح شده پلیمری را مورد مطالعه قرار داده و از سیمان پرتلند به عنوان عامل پیوند و پلیمر استایرن بوتادین رابر به عنوان اصلاح کننده ساختار بتن استفاده نمودند. نتایج حاکی از آن است که شبکه‌های پلیمری تشکیل شده در ساختار عملکرد مطلوبی داشته و مقاومت کششی را به میزان مطلوبی بهبود بخشیده است. دیامانتی و همکاران [۸] به بررسی میزان نفوذپذیری آب و یون کلراید در بتن با پوشش‌های اصلاح شده پلیمری پرداخته و دریافتند که جذب آب در بتن فاقد پوشش اصلاح شده بیش از نمونه‌های حاوی پوشش بوده و میزان جذب نمونه‌هایی که حاوی پوشش اصلاح شده می باشند کمتر از ۱٪ گردیده و نفوذ یون کلراید نیز در این مخلوط‌ها کاهش یافته است.

مورین و همکاران [۹] به بررسی تاثیر مخلوط‌های اصلاح شده پلیمری بر خواص مکانیکی پرداخته‌اند. در این پژوهش پلیمر به دو صورت در ترکیب مخلوط استفاده گردید. در حالت اول پلیمرها بر سطح سنگدانه‌ها ریخته و پس از خشک شدن به مخلوط اضافه می شوند و در حالت دوم در حین اختلاط پلیمر به بتن افزوده می شود که در هر دو مورد کاهش مدول یانگ و افزایش شکل پذیری مشاهده شده است. فیترا و همکاران [۱۰] نیز بر روی واکنش قلیایی سیلیسی سنگدانه در حضور مواد پلیمری در مخلوط‌های پایه سیمانی پرداخته که در این پژوهش از سیمان پرتلند و پلیمرهای استایرن بوتادین و استایرن اکریلیک استفاده شده است و نتایج نشان دهنده کاهش مقاومت فشاری و افزایش در مقاومت خمشی می باشد.

در این پژوهش تاثیر درصدهای مختلف دو نوع ماده پلیمری استایرن اکریلیک و اتیلن وینیل استات در برخی از خواص مکانیکی و دوام مورد بررسی قرار گرفته است، بدین صورت که در خصوص مشخصات مکانیکی علاوه بر تعیین مقادیر مقاومت‌های فشاری، خمشی و کششی، خاصیت چقرمگی (جذب

مواد پایه سیمانی علی رغم داشتن کاربردها و مزایای متعدد نقاط ضعف و محدودیت‌هایی دارند که در سازه‌های خاص صنعتی، مخازن، رویه‌ها و یا شرایط خاص محیطی و اقلیمی مشهودتر بوده و در برخی موارد کاربرد این مواد را با مشکل مواجه می نماید. به این منظور مطالعات گسترده‌ای در خصوص ترکیب مخلوط‌های پایه سیمانی و سعی در بهبود خواص آنها با اصلاح و تغییر اجزا صورت گرفته است. از جمله این اصلاحات می توان به افزودن مواد پلیمری در ساختار مخلوط اشاره نمود. پلیمرها در مصالح پایه سیمانی می توانند سبب افزایش میزان چسبندگی بین ذرات و اجزای سیمان و بهبود مقاومت سطح اتصال به سطوح زیرین گردند [۱-۳]، همچنین این مواد با تشکیل فیلم پلیمری سبب مسدود نمودن منافذ در ساختار بتن شده و برخی خواص مکانیکی و دوام از جمله میزان جذب آب را تحت تاثیر قرار می دهد.

پلیمرها از جمله موادی هستند که بدلیل داشتن سرفکتانت‌ها در ترکیب ساختاری سبب ایجاد حباب هوا در مخلوط پایه سیمانی تازه شده و به همین دلیل مقاومت در برابر سیکل‌های یخبندان را افزایش می دهند [۴،۵]. برخی پلیمرها تغییر طول و جمع شدگی مخلوط‌های پایه سیمانی را افزایش و برخی کاهش می دهند [۱] که این پارامتر به نوع مواد پلیمری و درصد استفاده از این مواد بستگی دارد. پوشش‌های اصلاح شده با مواد پلیمری عمدتاً برای کاربردهای تعمیراتی مورد استفاده قرار می گیرند، به عنوان مثال پوشش‌های تولید شده با استایرن بوتادین رابر در سطح آزاردها و بزرگراه‌ها کاربرد دارد.

از عوامل تاثیر گذار بر مخلوط‌های اصلاح شده با مواد پلیمری نحوه عمل آوری این مخلوط‌ها می باشد، ذرات سیمان طی عمل آوری مرطوب هیدراسیون کامل تری خواهند داشت و مواد پلیمری نیز در محیط خشک عملکرد خود را نشان داده و فیلم‌های آن در ساختار مخلوط تشکیل می شود [۱]. با توجه به اینکه رسیدن به بهترین مشخصات برای مخلوط‌های اصلاح شده پلیمری نیازمند تکمیل فرآیند هیدراسیون در سنین اولیه و تشکیل فیلم-های پلیمری بر روی سطوح محصولات و ذرات و پیوستگی فیلم-های تشکیل شده در سنین بالاتر می باشد عمل آوری ترکیبی (مرطوب و خشک) را می توان بعنوان روش بهینه مورد استفاده قرار داد.

۲-۳- پلیمر

در این پژوهش از دو نوع ماده پلیمری ترموپلاستیک شامل لانتکس استایرن اکریلیک و پودر پخش شونده اتیلن وینیل استات استفاده شده است که مشخصات فیزیکی آنها در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- مشخصات فیزیکی پلیمرهای مورد بررسی

نام	pH	چگالی	ظاهر	درصد جامد	اندازه ذرات
اتیلن وینیل استات	-	۱/۰۴ g/cm ³	پودر سفیدرنگ	۹۹±/۱	۹۰ μm
استایرن آکریلیک	۵-۶	۱/۰۴ g/cm ³	سفید رنگ	۵۰±/۱	۱۷۰ μm

۲-۴- آب و روانساز

آب مصرفی در ساخت مخلوط‌های مورد بررسی آب شرب شهر کرمان بوده و فوق روان کننده مصرفی نیز به صورت مایع و بر پایه پلی کربوکسیلات اتر بوده است.

۳- آماده سازی و روش آزمون نمونه‌ها

برای ساخت مخلوط‌های آزمایشی ابتدا مصالح خشک شامل سیمان و سنگدانه‌ها در مخلوط کن با یکدیگر مخلوط شده است. ماده پلیمری و آب مخلوط نیز به صورت جداگانه ترکیب شده و در حین اختلاط به مصالح خشک اضافه شده اند، پس از مخلوط نمودن مصالح مصرفی در یک زمان ثابت و رسیدن به روانی مطلوب، مخلوط همگن آماده شده قالب گیری شده و عملیات تراکم با استفاده از میز و بیره انجام گردید. پس از تراکم، سطح نمونه‌ها صاف شده و تحت یک پوشش مرطوب قرار گرفته اند و بعد از ۲۴ ساعت نمونه‌ها از قالب خارج شده و به مدت ۶ روز تحت شرایط مرطوب (غوطه وری در آب) عمل آوری شده اند. پس از آن نمونه‌ها از آب خارج شده و تا زمان انجام آزمون‌ها در دمای ۲۴ درجه سانتی گراد محیط با شرایط خشک نگهداری شده‌اند. در این مطالعه آزمایشگاهی برای هر کدام از مشخصات و در هر سنی سه نمونه مورد آزمایش قرار گرفته و نتایج از میانگین گیری این نمونه‌ها به دست آمده است، آزمون مقاومت فشاری مطابق با استاندارد ASTM C-109 [۱۱] بر روی نمونه‌های مکعبی با ابعاد

انرژی)، مقاومت در برابر ضربه و تاثیر مواد پلیمری بر میزان جمع شدگی مورد ارزیابی قرار گرفته است و به منظور سنجش میزان تاثیر بر دوام ملات‌های اصلاح شده مورد نظر، از آزمون‌های ضریب تسریع شده مهاجرت یون کلراید و میزان نفوذ موئینه بهره گیری شده است.

۲- مواد و مصالح

۲-۱- سیمان

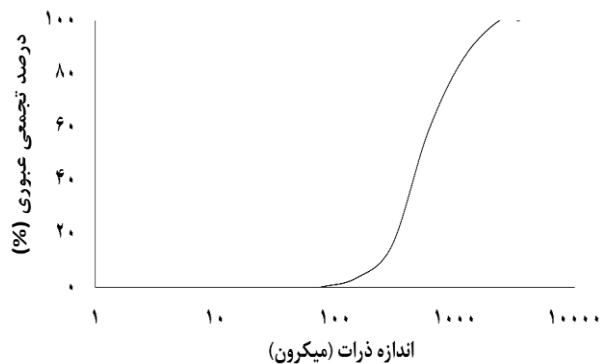
در مطالعه آزمایشگاهی حاضر از سیمان پرتلند تیپ I-325 استفاده شده است. مشخصات شیمیایی این سیمان که با استفاده از آنالیز XRF تعیین شده است مطابق با جدول ۱ می باشد.

جدول ۱- آنالیز شیمیایی سیمان مصرفی

CaO %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	SO ₃ %	MgO %	C ₃ A %
۶۲/۸۰	۲۰/۶۰	۴/۶	۳/۵۹	۲/۸۳	۱/۳۶	۶/۱

۲-۲- سنگدانه

ماسه مصرفی مورد استفاده در این پژوهش از جنس سیلیس بوده و به صورت ترکیب سه دانه بندی مختلف مورد استفاده قرار گرفته شده است.



شکل ۱- منحنی دانه بندی سنگدانه

نسبت ترکیب ماسه با اندازه درشت (۲/۳۶-۰/۶ میلیمتر) و متوسط (۱۸-۰/۱۵ میلیمتر) هر کدام به میزان ۴۰ درصد بوده و ماسه پودری (۰/۴-۰/۰۵ میلیمتر) به میزان ۲۰٪ می باشد. وزن مخصوص و رطوبت اشباع با سطح خشک ترکیبی ماسه‌های مصرفی به ترتیب برابر ۲۵۶۰ کیلوگرم بر متر مکعب و ۰/۹ درصد می باشد. منحنی دانه بندی ترکیبی ماسه‌های مصرفی در شکل ۱ نشان داده شده است.

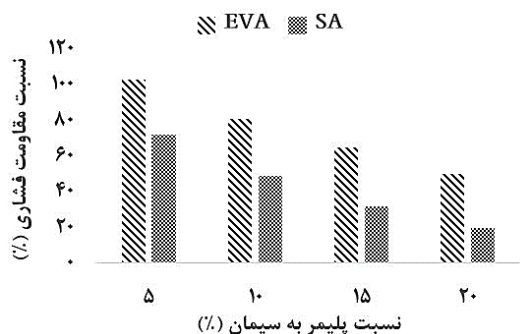
جدول ۳- طرح مخلوط نمونه شاهد و نمونه‌های اصلاحی

کد طرح	نوع پلیمر	آب آزاد	سیمان	ماسه ترکیبی	روان‌ساز	مخلوط	
						اختلاط	Kg/m ³
Plain	-	۲۲۶	۷۱۲	۱۳۸۲/۴	۳/۲۴	۰	
SA-5%	SA	۲۲۶	۷۱۲	۱۳۰۰/۴۸	۳/۲۴	۳۳/۲۸	
SA-10%	SA	۲۲۶	۷۱۲	۱۲۱۸/۵۶	۳/۲۴	۶۷/۶	
SA-15%	SA	۲۲۶	۷۱۲	۱۱۳۴/۰۸	۰/۶۴۸	۱۰۰/۸۸	
SA-20%	SA	۲۲۶	۷۱۲	۱۰۵۹/۸۴	۰	۱۳۴/۱۶	
EVA-5%	EVA	۲۲۶	۷۱۲	۱۳۰۰/۴۸	۳/۲۴	۳۳/۲۸	
EVA-10%	EVA	۲۲۶	۷۱۲	۱۲۱۸/۵۶	۳/۲۴	۶۷/۶	
EVA-15%	EVA	۲۲۶	۷۱۲	۱۱۳۴/۰۸	۳/۲۴	۱۰۰/۸۸	
EVA-20%	EVA	۲۲۶	۷۱۲	۱۰۵۹/۸۴	۰	۱۳۴/۱۶	

۵- نتایج و بحث

۵-۱- مقاومت فشاری

در شکل‌های ۲ تا ۵ نسبت مقاومت فشاری مخلوط‌های اصلاح شده به مقاومت مخلوط کنترل در سنین ۳، ۷، ۲۸ و ۹۰ روز نشان داده شده است. مطابق با نتایج ارائه شده در شکل ۲ و ۳ می‌توان دریافت که در سنین ۳ و ۷ روز افزایش نسبت پلیمر به سیمان موجب کاهش مقاومت فشاری مخلوط‌های اصلاح شده در هر دو نوع پلیمر استایرن اکریلیک و اتیلن وینیل استات نسبت به مخلوط شاهد (با مقاومت فشاری برابر با ۴۸ و ۶۲/۸ مگاپاسکال در سنین ۳ و ۷ روز) شده است. در نسبت‌های پلیمر به سیمان یکسان نمونه‌های حاوی اتیلن وینیل استات نسبت به نمونه‌های حاوی استایرن اکریلیک مقاومت بیشتری داشته اند.



شکل ۲- مقاومت فشاری مخلوط‌های اصلاح شده نسبت به مخلوط شاهد (۴۸ مگاپاسکال) در سن ۳ روز

۵۰*۵۰*۵۰ میلیمتر و سرعت بارگذاری ۵۳۰ کیلوگرم بر ثانیه انجام گرفته، محدوده سرعت پیشنهادی به گونه‌ای است که شکست نمونه‌های مکعبی شکل با مقاومت مشخصه معمول و متداول را در حدود ۱ دقیقه فراهم می‌کند.

به منظور انجام آزمون مقاومت خمشی مطابق با استاندارد EN-196 [۱۲] از نمونه‌های منشوری ۴۰*۴۰*۱۶۰ میلیمتر استفاده شده است و مطابق آن نمونه مشابه تیر خمشی با تکیه‌گاه مفصلی تحت بارگذاری متمرکز تک نقطه‌ای در وسط دهانه بین دو تکیه-گاه قرار می‌گیرد سرعت بارگذاری بر روی نمونه‌ها برابر با ۱/۲۵ mm/min می‌باشد. برای تعیین مقاومت کششی از آزمایش کشش مستقیم بهره گرفته شده است و نمونه‌های براکتی را در سنین موردنظر داخل فک‌های فولادی قرار داده و با نرخ بارگذاری ۰/۵ mm/min نیرو اعمال می‌گردد.

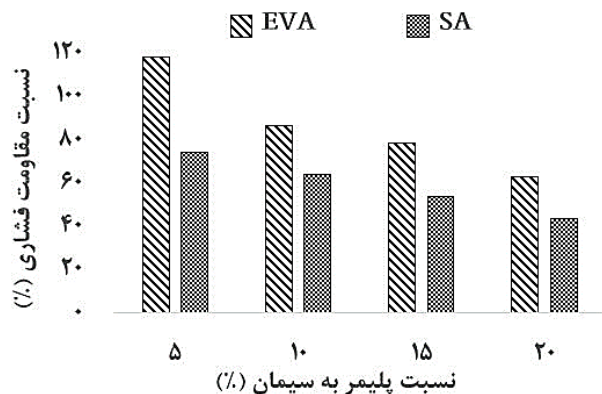
نمونه‌های آزمون مقاومت در برابر ضربه به صورت سقوط وزنه و انتقال نیروی ضربه به واسطه گوی فولادی و ضریب مهاجرت تسریع شده یون کلراید به ترتیب مطابق با روش مذکور در ACI 544 [۱۳]، NT Build 492 [۱۴] بر روی نمونه‌های استوانه‌ای انجام شده است، به این صورت که نمونه‌های استوانه‌ای برای آزمون مقاومت در برابر ضربه، با ضخامت ۶۳/۵ میلیمتر و برای آزمون‌های دوام با ضخامت ۵۰ میلیمتر برش داده شده و برای انجام آزمون در سنین مختلف مورد استفاده قرار گرفته شده‌اند.

برای تعیین تغییرات طول نمونه‌ها از دستگاه سنجش تغییر طول ملات استفاده شده است. در این روش در پایین پایه‌ای ثابت و در بالا یک گیج برای تعیین اختلاف طول بین نمونه‌ها و میله شاخص طول دارد. در سنین مشخص اختلاف بین طول نمونه‌ها و میله شاخص اندازه‌گیری شده و از مقایسه اندازه‌های بدست آمده میزان انقباض نمونه‌ها طبق روش ASTM C490 [۱۵] حاصل می‌شود.

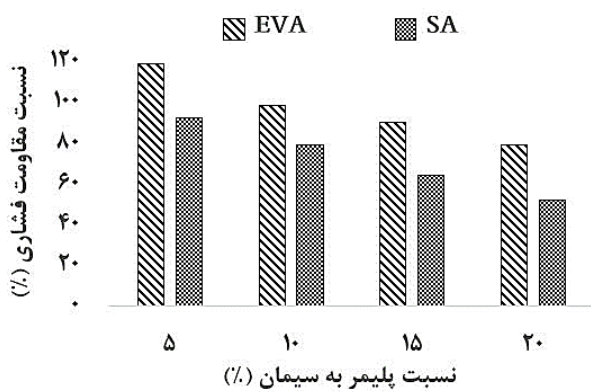
۴- طرح مخلوط

نسبت‌های مخلوط مورد استفاده برحسب حجم واحد بوده و مواد پلیمری در درصدهای ۵، ۱۰، ۱۵، و ۲۰ درصد وزنی نسبت به مقدار سیمان طرح جایگزین بخش سنگدانه شده اند. جدول ۴ طرح مخلوط براساس نسبت‌های وزنی مصالح مصرفی را نشان می‌دهد.

حاوی اتیلن وینیل استات مقاومت فشاری بیشتری از نمونه‌های حاوی استایرن اکریلیک کسب کرده‌اند. بیشترین مقاومت برای نمونه حاوی ۵ درصد اتیلن وینیل استات بدست آمده که به میزان ۲۰ درصد فراتر از نمونه کنترل و ۲۵ درصد فراتر از نمونه حاوی میزان مشابه استایرن اکریلیک می‌باشد.



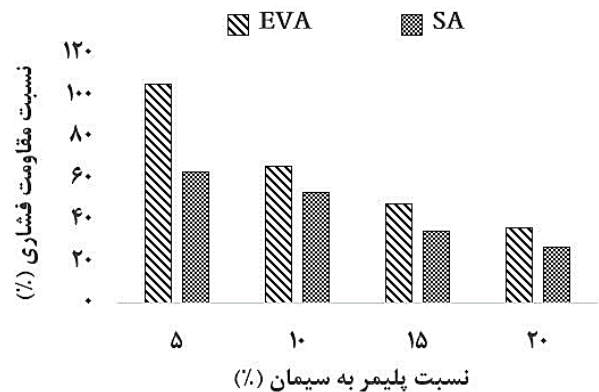
شکل ۴- مقاومت فشاری مخلوط‌های اصلاح شده نسبت به مخلوط شاهد (۶۸ مگاپاسکال) در سن ۲۸ روز



شکل ۵- مقاومت فشاری مخلوط‌های اصلاح شده نسبت به مخلوط شاهد (۶۹ مگاپاسکال) در سن ۹۰ روز

مطابق نتایج، سرعت افزایش مقاومت نمونه‌های حاوی پلیمر در بازه زمانی عمل‌آوری خشک به میزان قابل توجهی فراتر از نمونه‌های کنترل است. با ادامه روند عمل‌آوری خشک تشکیل فیلم‌های پلیمری کامل شده و واکنش هیدراسیون با جذب تدریجی آب منفذی حاوی ذرات پلیمر معلق، ادامه می‌یابد و این فرآیند موجب جبران فرآیند هیدراسیون ناقص در سنین اولیه می‌شود [۱]. با توجه به این نتایج و مقادیر بدست آمده در سنین ۳، ۷، ۲۸ و ۹۰ روز می‌توان بیان نمود که استفاده از پلیمرهای مورد نظر عموماً موجب

عمل‌آوری نمونه‌های حاوی مواد پلیمری در شرایط غرقاب باعث جلوگیری از رسیدن فضای آبی به حالت فوق اشباع و کاهش میزان رسوب ذرات پلیمری شده و بالتبع امکان تشکیل فیلم‌های پلیمری کاهش می‌یابد [۱۶، ۱۷]. بنابراین بطور کلی می‌توان بیان نمود که عموماً بسته به نوع و میزان پلیمر مصرفی نمونه‌های حاوی دو نوع ماده پلیمری مورد نظر در ۷ روز اول و شرایط محیطی مرطوب بدلیل بالا بردن لزجت آب محیط و کاهش امکان واکنش هیدراسیون و همچنین عدم ایجاد مقدار قابل ملاحظه فیلم‌های پلیمری موجب کاهش سرعت هیدراسیون سیمان و مقدار مقاومت فشاری مخلوط‌های پایه سیمانی شده‌اند و این تاثیر با افزایش نسبت پلیمر به سیمان شدت می‌یابد.

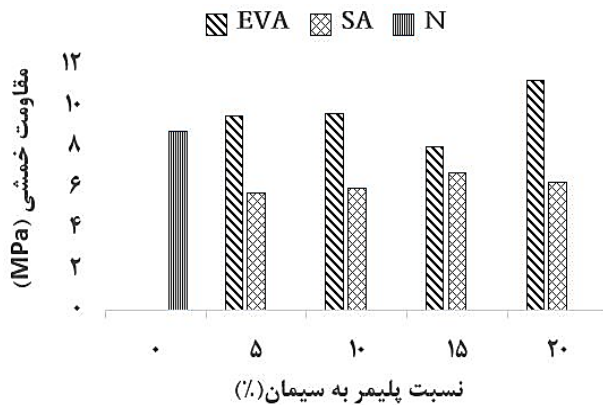


شکل ۳- مقاومت فشاری مخلوط‌های اصلاح شده نسبت به مخلوط شاهد (۶۲/۸ مگاپاسکال) در سن ۷ روز

مطابق با نتایج مقاومت فشاری سن ۲۸ روز که در شکل ۴ مشهود می‌باشد، مقاومت مخلوط حاوی ۵ درصد اتیلن وینیل استات به میزان ۲۰٪ بیشتر از نمونه کنترل است و مقاومت سایر نمونه‌های اصلاح شده کمتر از نمونه کنترل می‌باشد. در نمونه‌های حاوی هر دو نوع پلیمر افزایش نسبت پلیمر به سیمان موجب کاهش مقاومت فشاری شده است، لیکن اختلاف بین مقادیر مقاومتی مخلوط‌های حاوی نسبت‌های مختلف پلیمر سیمان به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است. در کلیه نسبت‌های پلیمر به سیمان نمونه‌های حاوی اتیلن وینیل استات مقاومت بیشتری از نمونه‌های حاوی استایرن اکریلیک داشته‌اند.

نتایج مقاومت فشاری سن ۹۰ روز نیز نشان می‌دهد که مشابه سنین قبلی در هر دو نوع پلیمر نمونه‌های حاوی میزان بیشتر پلیمر مقاومت فشاری کمتری داشته‌اند. همچنین در نسبت‌های مختلف، نمونه‌های

جذب آب توسط ذرات پلیمر، عمدتاً کاهش مقاومت خمشی را به دنبال داشته است.



شکل ۶- مقاومت خمشی نمونه‌ها در سن ۷ روز

مقادیر مقاومتی بدست آمده از آزمون خمش در سنین ۲۸ و ۹۰ روز مطابق شکل‌های ۷ و ۸ بوده و نتایج حاصل نشان می‌دهد کلیه نمونه‌های اصلاح شده با مواد پلیمری مقاومت خمشی بیشتری نسبت به نمونه‌های کنترلی داشته‌اند. روند تغییر در نتایج مربوط به نسبت‌های مختلف در هر کدام از مواد پلیمری کاملاً مشابه سن ۷ روز هستند به طوری که نمونه‌های اصلاح شده با اتیلن وینیل استات در نسبت ۱۵٪ کمترین مقاومت را به دست آورده‌اند در حالی که این میزان استفاده از مواد پلیمری در استایرن اکریلیک حداکثر مقدار مقاومت خمشی را موجب شده است. بزرگترین مقدار مقاومت خمشی در این سنین مربوط به اتیلن وینیل استات با نسبت ۲۰٪ نسبت به مخلوط کنترل می‌باشد به طوری که در سنین ۲۸ و ۹۰ روز به ترتیب افزایش ۷۰٪ و ۴۶٪ درصدی نسبت به نمونه کنترل داشته و افزایش ۱۹ و ۱۶ درصدی مقاومت خمشی نسبت به نمونه حاوی ۲۰ درصد استایرن اکریلیک حاصل شده است.

بطور کلی دوره عمل آوری خشک موجب بهبود قابل توجهی در نمونه‌های اصلاح شده با مواد پلیمری شده است. در درصد‌های مختلف نمونه‌های حاوی استایرن اکریلیک رشد مقاومت ۷۵ تا ۹۰ درصدی نسبت به سن ۷ روزه مشاهده می‌شود و در نمونه‌های حاوی اتیلن وینیل استات این بهبود بین ۳۵ تا ۴۰ درصد می‌باشد، درحالی که مقاومت خمشی نمونه کنترل تقریباً ثابت بوده است.

با مقایسه نتایج سنین ۷ و ۲۸ روز مشاهده می‌شود که تشکیل فیلم‌های پلیمری در مقدار مقاومت خمشی تاثیر قابل ملاحظه‌ای دارد، این فرآیند در مخلوط‌های حاوی اتیلن وینیل استات در سنین

کاهش سرعت رشد مقاومت فشاری مخلوط‌ها شده و با قرارگیری در شرایط عمل آوری خشک و گذشت زمان که موجب تشکیل فیلم‌های پلیمری پس از تکمیل فرآیند هیدراسیون می‌شود بخش قابل ملاحظه‌ای از این اختلاف مقدار مقاومت در نمونه‌های اصلاح شده پلیمری جبران می‌گردد [۱۸]. بطور کلی عملکرد مقاومت فشاری نمونه‌های حاوی اتیلن وینیل استات بین ۲۵ تا ۳۰ درصد بهتر از نمونه‌های حاوی استایرن اکریلیک می‌باشد.

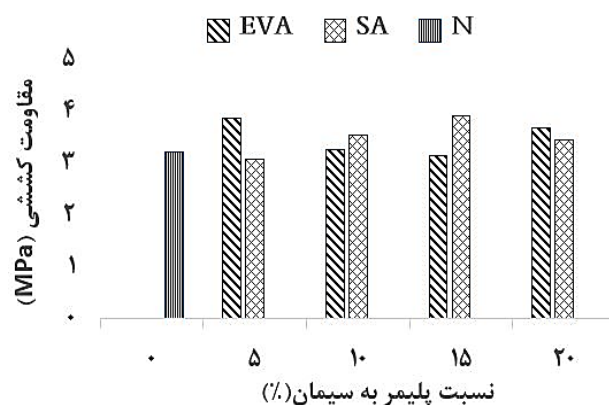
۲-۵- مقاومت خمشی

نتایج حاصل از آزمون مقاومت خمشی نمونه‌های ۷ روزه در شکل ۶ قابل مشاهده می‌باشد. در نسبت‌های پلیمر به سیمان یکسان نمونه‌های حاوی اتیلن وینیل استات مقاومت بیشتری از نمونه‌های حاوی استایرن اکریلیک داشته‌اند. در نمونه‌های حاوی اتیلن وینیل استات حداقل مقادیر مقاومت در نسبت پلیمر به سیمان ۱۵ درصد مشاهده می‌گردد که دارای مقاومت کمتر از نمونه کنترل بوده و مقاومت سایر نمونه‌های حاوی اتیلن وینیل استات بیشتر از نمونه کنترل می‌باشد. در نمونه‌های حاوی استایرن اکریلیک در نسبت پلیمر به سیمان ۱۵ درصد مقدار بهینه مقاومت خمشی بدست آمده است و البته مقاومت کلیه نمونه‌ها کمتر از نمونه کنترل می‌باشد. بیشترین مقاومت به دست آمده در نمونه حاوی ۲۰٪ اتیلن وینیل استات می‌باشد که افزایش ۲۹ درصدی مقاومت خمشی نسبت به نمونه کنترل داشته و افزایش ۷۸ درصدی مقاومت خمشی نسبت به مخلوط حاوی درصد مشابه استایرن اکریلیک را نشان داده است.

نتایج نشان می‌دهد که در نمونه‌های حاوی اتیلن وینیل استات علی‌رغم عمل آوری مرطوب در سنین اولیه تا حد قابل ملاحظه‌ای تشکیل فیلم‌های پلیمری موجب افزایش مقاومت خمشی شده است در نسبت‌های ۵ و ۱۰ درصد این موضوع مشهود است و در نسبت ۱۵ درصد به علت تاثیر منفی ذرات پلیمر پراکنده در فضای آبی درجه هیدراسیون کاهش یافته است و مقاومت خمشی را تحت تاثیر قرار داده است. در نسبت ۲۰ درصد با افزایش میزان پلیمریزاسیون و تشکیل فیلم‌های پلیمری به میزان قابل توجه فیلم‌ها در تمام فضای مخلوط گسترش یافته و بطور کامل ساختار خمیر را محصور می‌نماید. در نمونه‌های حاوی استایرن اکریلیک کاهش سرعت واکنش هیدراسیون در اثر افزایش لزجت فضای آبی و

طبق نتایج حاصل از مقاومت کششی در سنین ۷ روز مشاهده می-شود که عمدتاً در سنین اولیه و عمل آوری غرقابی نمونه‌های حاوی مواد پلیمری نسبت به نمونه کنترل مقاومت کششی کمتری داشته‌اند و تنها مقاومت کششی نمونه مربوط به اتیلن وینیل استات ۵ درصد به مقدار ۷ درصد بیشتر از نمونه کنترل است. مخلوط‌های حاوی اتیلن وینیل استات دارای نقطه حداقل مقاومت کششی در نسبت پلیمر به سیمان ۱۵٪ می‌باشند و نمونه‌های حاوی استایرن اکریلیک مقاومت کششی یکسانی در این سن داشته‌اند و در کلیه نسبت‌های پلیمر به سیمان مقاومت به دست آمده برای نمونه‌های حاوی اتیلن وینیل استات بیشتر از نمونه‌های حاوی استایرن اکریلیک می‌باشد.

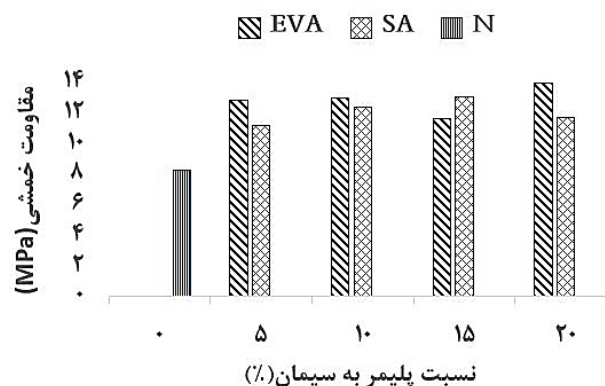
مشاهده می‌شود که در سنین اولیه به دلایل مذکور در بخش‌های پیشین استفاده از مواد پلیمری سرعت واکنش هیدراسیون سیمان را تحت تاثیر قرار داده و موجب کاهش مقاومت کششی نسبت به نمونه کنترل شده است، این موضوع در نمونه‌های حاوی استایرن اکریلیک تاثیر بیشتری داشته است [۱۸، ۱۹]. در نمونه‌های حاوی اتیلن وینیل استات مشاهده می‌گردد که در نسبت ۵ درصد آب جذب شده توسط ذرات پلیمر به میزانی بوده است که امکان واکنش هیدراسیون مشابه حالت معمولی وجود داشته است و همچنین وجود سرفکننت‌ها موجب پخش شدگی کامل و عدم کلوخه شدگی شده است و در نتیجه میزان واکنش افزایش یافته است.



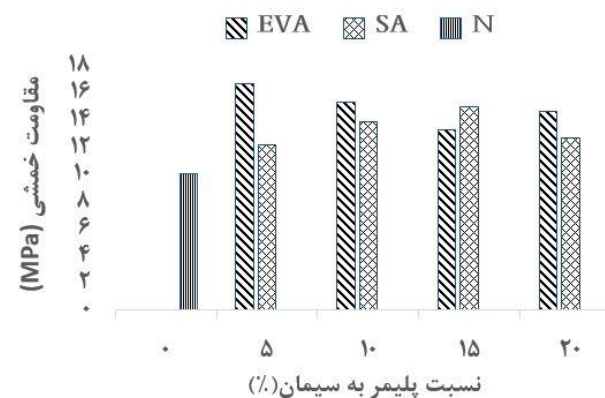
شکل ۱۰- مقاومت کششی نمونه‌ها در سن ۲۸ روز

در سنین ۲۸ و ۹۰ روز نمونه‌ها پس از گذراندن یک دوره عمل آوری خشک افزایش مقاومت چشمگیری نسبت به نمونه کنترل داده‌اند به طوری که کمترین مقاومت‌های کششی بدست آمده در

کمتر و علی‌رغم شرایط محیطی مرطوب انجام می‌گیرد و در نمونه‌های حاوی استایرن اکریلیک تشکیل فیلم‌های پلیمری تا حد زیادی مستلزم قرارگیری در شرایط محیطی خشک می‌باشد.



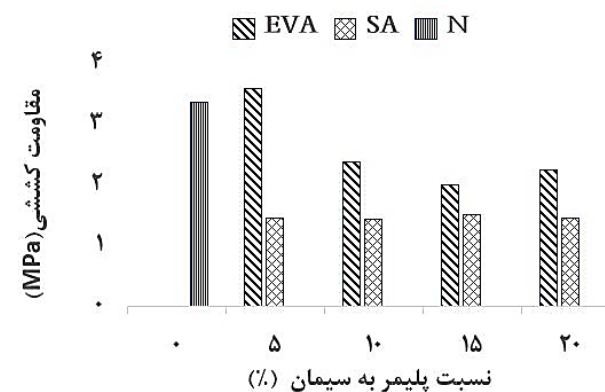
شکل ۷- مقاومت خمشی نمونه‌ها در سن ۲۸ روز



شکل ۸- مقاومت خمشی نمونه‌ها در سن ۹۰ روز

۳-۵- مقاومت کششی

مقاومت کششی نهایی نمونه‌ها در سنین ۷ و ۲۸ و ۹۰ روز مورد آزمایش قرار گرفت و نتایج بدست آمده در شکل‌های ۹ تا ۱۱ قابل مشاهده می‌باشد.

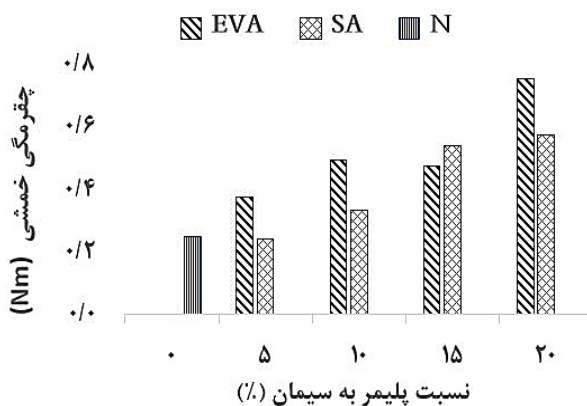


شکل ۹- مقاومت کششی نمونه‌ها در سن ۷ روز

مخلوط‌ها مشاهده می‌گردد که در سن ۷ روز تشکیل فیلم‌های پلیمری موجب افزایش خیز و تبعاً بهبود شکل‌پذیری مخلوط‌های اصلاح شده می‌شود و همچنین با افزایش نسبت پلیمر به سیمان این ویژگی شدت می‌یابد.

مطابق نتایج بدست آمده از چقرمگی خمشی در سنین ۲۸ و ۹۰ روز مشاهده می‌گردد که کلیه مقادیر بدست آمده برای نمونه‌های حاوی پلیمر بیشتر از نمونه کنترل می‌باشد و پس از طی دوره عمل-آوری خشک در کلیه نسبت‌های پلیمر به سیمان مقدار چقرمگی بدست آمده برای نمونه‌های حاوی استایرن اکریلیک بیشتر از مقادیر نمونه‌های حاوی اتیلن وینیل استات می‌باشد. در سنین ۲۸ و ۹۰ روز بیشترین مقدار چقرمگی برای نمونه حاوی ۲۰ درصد استایرن اکریلیک بدست آمده است که به ترتیب ۱/۴ و ۱/۲ برابر نمونه حاوی ۲۰ درصد اتیلن وینیل استات و ۶ و ۵/۳ برابر بزرگتر از نمونه کنترل در این سنین می‌باشد.

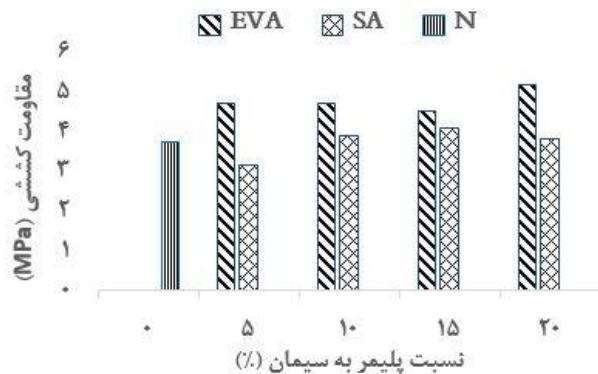
علی‌رغم مقاومت‌های خمشی کمتر نتایج ۲۸ و ۹۰ روزه نشان‌دهنده جذب انرژی بهتر در نمونه‌های حاوی استایرن اکریلیک نسبت به نمونه‌های حاوی اتیلن وینیل استات است، که می‌تواند نشان‌دهنده آن باشد که فیلم‌های پلیمر اتیلن وینیل استات چسبندگی و مقاومت بیشتری ایجاد می‌کنند و در نوع استایرن اکریلیک شکل‌پذیری بیشتری و پتانسیل تغییر طول پذیرگی مشاهده می‌گردد.



شکل ۱۲- چقرمگی خمشی نمونه‌ها در سن ۷ روز

به طور کلی افزایش نسبت پلیمر به سیمان در نمونه‌های حاوی استایرن اکریلیک موجب بهبود مقادیر چقرمگی شده است و در نمونه‌های حاوی اتیلن وینیل استات تا نسبت ۱۵ درصد پلیمر به سیمان مقادیر چقرمگی تقریباً یکسان و در نسبت ۲۰ درصد رشد چشمگیری در چقرمگی ایجاد شده است، به این معنی که افزودن

نمونه‌های حاوی مواد پلیمری برابر با نمونه کنترل بوده است و سایر نمونه‌ها مقاومت بیشتری داشته‌اند. مشابه نتایج مذکور نمونه‌های حاوی اتیلن وینیل استات دارای مقاومت حداقل در نسبت پلیمر به سیمان ۱۵٪ می‌باشند و نمونه‌های حاوی استایرن اکریلیک دارای مقاومت حداکثر در همین نسبت پلیمر به سیمان هستند. با گذشت دوره عمل‌آوری خشک نمونه‌های حاوی استایرن اکریلیک بهبود بیشتری را نسبت به مقادیر بدست آمده در سن ۷ روز داشته‌اند و این موضوع نشان‌دهنده تاثیر عمل‌آوری خشک در روند تشکیل فیلم‌های پلیمری و افزایش مقاومت این نمونه‌ها می‌باشد.



شکل ۱۱- مقاومت کششی نمونه‌ها در سن ۹۰ روز

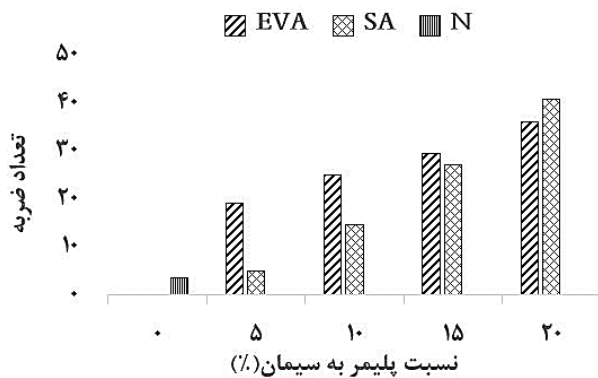
۵-۴- بررسی چقرمگی خمشی

چقرمگی از مساحت زیر نمودار خیز-نیرو محاسبه می‌گردد و با دو کمیت میزان مقاومت خمشی و حداکثر خیز قبل از گسیختگی رابطه مستقیم دارد.

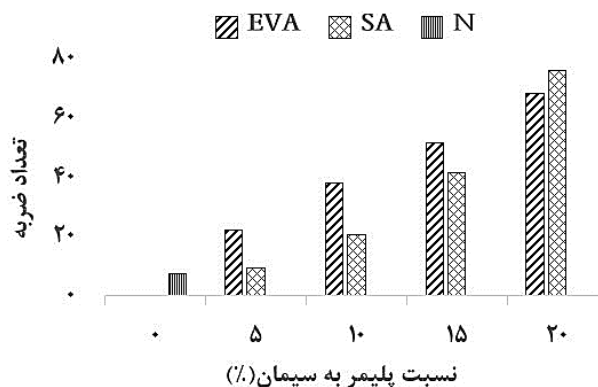
نتایج بررسی چقرمگی خمشی نمونه‌ها در سنین ۷، ۲۸ و ۹۰ روز مطابق شکل‌های ۱۲ تا ۱۴ می‌باشد. نتایج بدست آمده در سنین ۷، ۲۸ و ۹۰ روز نشان می‌دهد که میزان چقرمگی کلیه مخلوط‌های حاوی مواد پلیمری بیشتر از مخلوط کنترل می‌باشد. با افزایش نسبت پلیمر به سیمان در هر دو نوع پلیمر چقرمگی خمشی نمونه‌ها افزایش یافته است.

در نسبت‌های پلیمر به سیمان یکسان در سن ۷ روز نمونه‌های حاوی اتیلن وینیل استات نسبت به نمونه‌های حاوی استایرن اکریلیک چقرمگی خمشی بیشتری داشته‌اند. بیشترین مقدار چقرمگی بدست آمده برای نمونه حاوی ۲۰٪ اتیلن وینیل استات می‌باشد که ۳ برابر بزرگتر از نمونه کنترل و ۱٫۳ برابر نمونه حاوی ۲۰ درصد استایرن اکریلیک می‌باشد. با توجه به نتایج چقرمگی و مقاومت خمشی

اولیه بدست آمده برای این مخلوط بیش از ۱۰ برابر بزرگتر از نمونه کنترل می‌باشد.



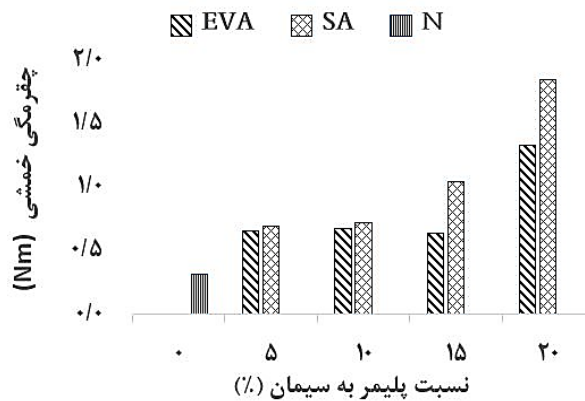
شکل ۱۵- مقاومت ضربه‌ای نمونه‌ها در برابر ایجاد اولین ترک



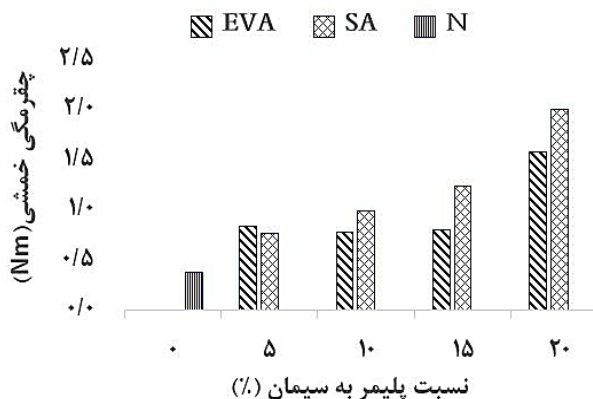
شکل ۱۶- مقاومت ضربه‌ای نمونه‌ها در برابر گسیختگی نهایی

مقادیر مشخصات مقاومتی، میزان شکل پذیری و جذب انرژی دو عامل اصلی و موثر بر ایجاد مقاومت در برابر بارهای ضربه‌ای می‌باشند، افزایش شکل پذیری مخلوط موجب می‌شود که نمونه انرژی ناشی از ضربه‌ها را جذب و با تغییر شکل‌های الاستیک نیروی وارده مستهلک می‌گردد، بنابراین تعداد ضربه‌های قابل تحمل قبل از ایجاد ریزترک‌ها بیشتر است. با توجه به نتایج مربوط به مشخصات مقاومتی مخلوط‌ها و همچنین مقادیر چقرمگی به دست آمده مشاهده می‌شود که در خصوص نیروی ضربه انعطاف پذیری و قابلیت جذب انرژی تاثیر بیشتری از مشخصات مقاومتی دارد. تشکیل فیلم‌های پلیمری موجب افزایش چسبندگی بین مرزهای داخلی مخلوط شده است، همچنین انعطاف پذیری مخلوط‌ها را بهبود بخشیده است و با توجه به ماهیت فیلم‌های پلیمری استایرن اکریلیک که موجب افزایش قابلیت شکل پذیری نمونه‌ها فراتر از نمونه‌های حاوی اتیلن وینیل استات شده‌اند

پلیمر اتیلن وینیل استات تا نسبت ۱۵ درصد عموماً با تشکیل فیلم موجب افزایش چسبندگی در مرزهای داخلی مخلوط می‌گردد و در نسبت ۲۰ درصد گسترش فیلم‌ها موجب پیوستگی و محصور شدن ساختار مخلوط در غشا پلیمری و در نتیجه افزایش مقاومت خمشی و همچنین بهبود شکل پذیری می‌گردد.



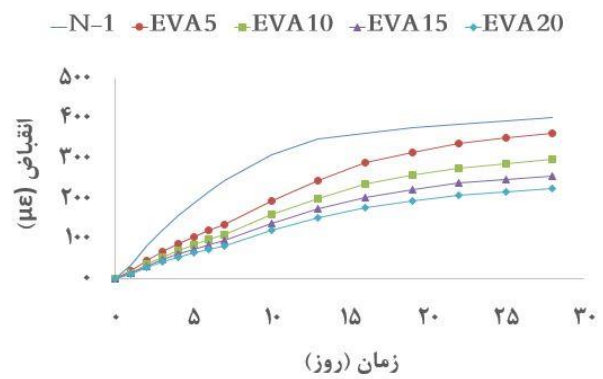
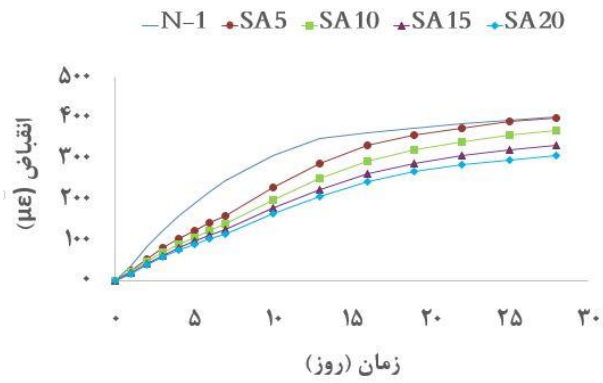
شکل ۱۳- چقرمگی خمشی نمونه‌ها در سن ۲۸ روز



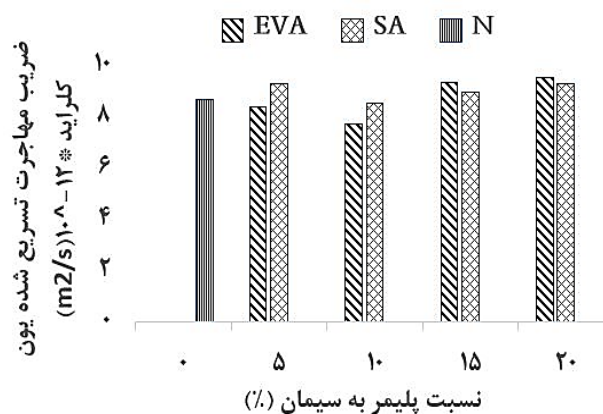
شکل ۱۴- چقرمگی خمشی نمونه‌ها در سن ۹۰ روز

۵-۵- مقاومت ضربه

نتایج مقاومت ضربه‌ای نمونه‌های اصلاح شده و کنترل مطابق با شکل‌های ۱۵ (تعداد ضربه برای ایجاد اولین ترک بر سطح نمونه) و ۱۶ (تعداد ضربه برای گسیختگی نهایی نمونه) می‌باشد. نتایج حاکی از آن است که مقادیر مقاومت ضربه‌ای در کلیه نمونه‌های حاوی مواد پلیمری بیشتر از نمونه کنترل بوده و افزایش نسبت پلیمر به سیمان موجب افزایش مقاومت ضربه‌ای شده است. در نسبت‌های پلیمر به سیمان ۵ تا ۱۵ درصد مخلوط‌های حاوی اتیلن وینیل استات مقاومت بیشتری داشته‌اند و در نسبت ۲۰ درصد مقاومت مخلوط حاوی استایرن اکریلیک بیشتر می‌باشد، مقاومت



شکل ۱۷- انقباض نمونه‌های اصلاح شده با استایرن اکریلیک و اتیلن وینیل استات در سنین مختلف



شکل ۱۸- ضریب مهاجرت تسریع شده یون کلراید در سن ۷ روز

نتایج بدست آمده از مقدار نفوذ یون کلراید در سن ۲۸ روز نشان می‌دهد که با گذشت دوره عمل آوری خشک میزان نفوذ یون کلراید در کلیه نمونه‌های اصلاح شده نسبت به مخلوط کنترل بهبود داشته است. و این موضوع نشان‌دهنده تشکیل فیلم‌های پلیمری در این دوره و همچنین مسدود کردن منافذ توسط غشاهای ایجاد شده می‌باشد.

مشاهده می‌گردد در نسبت پلیمر به سیمان ۲۰ درصد علی‌رغم مقادیر کمتر مشخصات مقاومتی، در آزمون ضربه مقاومت بیشتری داشته‌اند.

۶-۵- تغییر طول

نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان جمع شدگی نمونه‌های اصلاح شده با پلیمر نسبت به نمونه کنترل نشان‌دهنده میزان قابل ملاحظه بهبود در میزان جمع شدگی می‌باشد. این بهبود در مخلوط‌های حاوی اتیلن وینیل استات به میزان قابل ملاحظه‌ای از مخلوط‌های حاوی استایرن اکریلیک بیشتر است. با افزایش نسبت پلیمر به سیمان میزان جمع شدگی در نمونه‌ها کاهش یافته است.

در بخش‌های پیشین اشاره گردید که پلیمرها به دلیل جذب آب و تشکیل فیلم پلیمری در سطح ذرات سیمان سبب کاهش درجه هیدراسیون سیمان می‌گردند که این مسئله می‌تواند باعث کم شدن مقدار انقباض شیمیایی در ساختار ملات گردد از طرفی با کم شدن و یا حذف آب از فضای موینگی فیلم‌های پلیمری در جداره این فضاها خالی تشکیل شده و جمع شدگی این فضاها را کاهش می‌دهند. مسدود شدن فضای مویینه توسط فیلم‌های پلیمری نیز امکان تبخیر سطحی را کاهش داده و بالتبع جمع شدگی ناشی از تبخیر سطحی کاهش می‌یابد.

۷-۵- بررسی میزان نفوذ تسریع شده یون کلراید

مطابق نتایج بدست آمده در سن ۷ روز مشاهده می‌گردد که وجود ترکیبات پلیمری در مخلوط‌های پایه سیمانی در سنین اولیه، که نمونه‌ها در شرایط عمل آوری مرطوب نگهداری شده‌اند و امکان تشکیل فیلم‌های پلیمری پیوسته و مسدود شدن منافذ به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است، تغییرات چشمگیری در میزان نفوذ یون کلراید میان نمونه‌های اصلاح شده پلیمری و مخلوط شاهد مشاهده نشده است. بطور کلی در سن ۷ روز میزان نفوذ یون کلراید در تمامی نمونه‌ها به نتایج مشابهی داشته و کمترین میزان نفوذ در هر دو نوع پلیمر در نسبت پلیمر به سیمان ۱۰ درصد به دست آمده است که میزان نفوذ کمتری نسبت به نمونه شاهد داشته است.

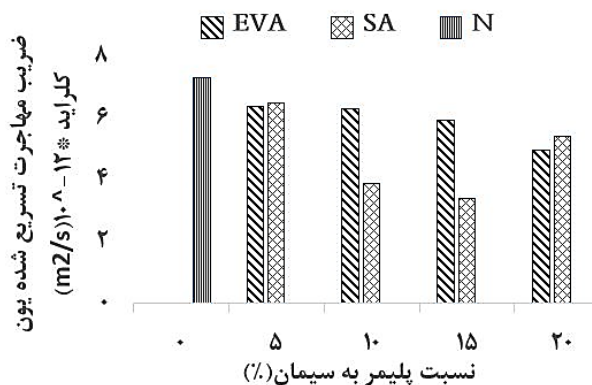
در هم آمیختگی ماتریس سیمان و فیلم‌های پلیمری در ساختار نمونه‌ها و عملکرد کششی فیلم‌های تشکیل شده و محصور شدن ساختار مخلوط در فیلم‌های پلیمری می‌باشد. در نمونه‌های حاوی اتیلن وینیل استات یک مقدار حداقل برای مقاومت کششی و خمشی در نسبت ۱۵٪ پلیمر به سیمان مشاهده می‌گردد و در سنین بالا بیشترین میزان مقاومت کششی برای نمونه حاوی ۲۰٪ پلیمر بدست آمد که نشان دهنده تاثیر روند تشکیل فیلم پلیمر در دوره عمل آوری خشک می‌باشد.

با مقایسه تفاوت بین مقاومت‌های فشاری به دست آمده و مقادیر مقاومت خمشی و کششی مخلوط‌ها مشاهده می‌گردد که فیلم‌های پلیمری دارای ماهیت عملکرد کششی بوده‌اند و با توجه به چگونگی گسیختگی فشاری این فیلم‌ها تحت کشش قرار نگرفته و در این نوع بارگذاری عملکرد قابل ملاحظه‌ای نخواهند داشت. با توجه به نتایج بررسی چقرمگی خمشی مشخص می‌شود که به طور کلی افزایش میزان پلیمر به سیمان موجب بهبود خاصیت جذب انرژی و افزایش خیز که یکی از خصوصیات مهم در اعضای تحت خمش در نظر گرفته می‌شود، می‌باشد.

نتایج حاصل از آزمون مقاومت در برابر ضربه نشان داد که ترکیب مواد پلیمری با مخلوط‌های پایه سیمانی سبب افزایش مقاومت ضربه‌ای می‌گردد و در هر دو نوع پلیمر، افزایش نسبت پلیمر به سیمان منجر به افزایش مقاومت ضربه‌ای نسبت به مخلوط کنترل می‌شود. با توجه به ماهیت ضربه این افزایش قابل ملاحظه مقاومت نشان دهنده بهبود رفتار ارتجاعی و قابلیت استهلاک و جذب انرژی می‌باشد. در نمونه‌های حاوی ۲۰٪ استایرن اکریلیک مقاومت ضربه در برابر ایجاد اولین به میزان ۱۰ برابر بزرگتر از مخلوط کنترل می‌باشد.

عموماً افزودن مواد پلیمری در مخلوط‌ها موجب بهبود جمع شدگی شده است و با افزایش نسبت پلیمر به سیمان این بهبود افزایش می‌یابد. در این خصوص نمونه‌های حاوی اتیلن وینیل استات به میزان قابل توجهی عملکرد بهتری نسبت به نمونه‌های حاوی استایرن اکریلیک داشتند.

در خصوص نفوذ یون کلراید تا قبل از گذشت دوره عمل آوری خشک بهبود قابل توجهی مشاهده نشد و پس از آن کلیه مخلوط‌های حاوی مواد پلیمری عملکرد بهتری نسبت به نمونه کنترل داشتند. بطور کلی در مخلوط‌های حاوی استایرن اکریلیک مشاهده شد که نسبت ۱۵ درصد نقطه بهینه در اکثر مشخصات می‌باشد.



شکل ۱۹- ضریب مهاجرت تسریع شده یون کلراید در سن ۲۸ روز

در مخلوط حاوی استایرن اکریلیک در نسبت پلیمر به سیمان ۱۵ درصد کمترین نفوذ ایجاد شده است که بیانگر حالت بهینه در این نسبت می‌باشد. در نمونه‌های حاوی اتیلن وینیل استات با افزایش نسبت پلیمر به سیمان، کاهش میزان نفوذ یون کلراید مشاهده می‌گردد. به طور کلی کمترین میزان نفوذ مربوط به نمونه حاوی ۱۵ درصد استایرن اکریلیک است. که نشان دهنده بیشترین مسدود شدگی منافذ در این حالت می‌باشد. با توجه به خاصیت حباب سازی سورفکتانت‌های موجود در ترکیبات پلیمری می‌توان افزایش نفوذ در مخلوط حاوی ۲۰ درصد استایرن اکریلیک را به افزایش بیش از حد تخلخل این مخلوط نسبت داد.

۶- نتیجه گیری

به طور کلی تاثیر اصلاح مواد پلیمری بر روی مخلوط‌های سیمانی وابسته به نوع و درصد ماده پلیمری مصرفی می‌باشد، مشاهده شد که افزایش نسبت پلیمر به سیمان در هر دو نوع پلیمر تاخیر در واکنش هیدراسیون سیمان به دلیل جذب آب محیط توسط ذرات پلیمری و همچنین افزایش تخلخل ساختاری موجب کاهش مقاومت فشاری در سنین اولیه می‌شود. در نسبت‌های پلیمر به سیمان یکسان، مخلوط‌های حاوی اتیلن وینیل استات مقادیر مقاومتی بیشتری داشته است.

نتایج بررسی مقاومت خمشی و کششی نشان داد که عموماً مقادیر مشخصات مقاومتی در مخلوط‌های حاوی اتیلن وینیل استات فراتر از نمونه‌های حاوی استایرن اکریلیک می‌باشد. در مخلوط‌های حاوی استایرن اکریلیک نسبت پلیمر به سیمان ۱۵٪ بیشترین مقدار مقاومت را موجب می‌شود که می‌توان این نسبت را به عنوان مقدار بهینه مصرف پلیمر استایرن اکریلیک دانست. این افزایش ناشی از

۷- مراجع

- of Apparatus for the Determination of Length Change of Hardened Cement, Paste, Mortar, and Concrete". In: American Society for Testing and Materials. 2004.
- [16] Kubal, M T, Construction waterproofing handbook. McGraw-Hill Professional Publishing, 2000.
- [17] Odler, I, Special inorganic cements. CRC Press, 2003.
- [18] Knapen, E, Van Gemert, D, Polymer film formation in cement mortars modified with water-soluble polymers, Cement and Concrete Composites, 2015, 58, 23–28.
- [19] Tian, Y, Jin, X, Jin, N, Zhao, R, Li, Z, Ma, H, Research on the microstructure formation of polyacrylate latex modified mortars, Construction and Building Materials, 2013, 47, 1381–1394.
- [1] Ohama, Y, Handbook of polymer-modified concrete and mortars: properties and process technology. William Andrew, 1995.
- [2] Ukrainczyk, N, Rogina, A, Styrene-butadiene latex modified calcium aluminate cement mortar, Cement and Concrete Composites, 2013, 41, 16–23.
- [3] Su, Z, Larbi, J A, Bijen, J, The interface between polymer-modified cement paste and aggregates, Cement and Concrete Research, 1991, 21, 983–990.
- [4] Ukrainczyk, N, Matusinović, T, Thermal properties of hydrating calcium aluminate cement pastes, Cement and Concrete Research, 2010, 40, 128–136.
- [5] Figovsky, O, Beilin, D, Advanced Polymer Concretes and Compounds@ CRC Press, Taylor & Francis Group, 2013.
- [6] Aggarwal, L K, Thapliyal, P C, Karade, S R, Properties of polymer-modified mortars using epoxy and acrylic emulsions, Construction and Building Materials, 2007, 21, 379–383.
- [7] Huang, B, Wu, H, Shu, X, Burdette, E G, Laboratory evaluation of permeability and strength of polymer-modified pervious concrete, Construction and Building Materials, 2010, 24, 818–823.
- [8] Diamanti, M V, Brenna, A, Bolzoni, F, Berra, M, Pastore, T, Ormellese, M, Effect of polymer modified cementitious coatings on water and chloride permeability in concrete, Construction and Building Materials, 2013, 49, 720–728.
- [9] Morin, V, Moevus, M, Dubois-Brugger, I, Gartner, E, Effect of polymer modification of the paste-aggregate interface on the mechanical properties of concretes, Cement and Concrete Research, 2011, 41, 459–466.
- [10] Feiteira, J, Ribeiro, M S, Polymer action on alkali-silica reaction in cement mortar, Cement and Concrete Research, 2013, 44, 97–105.
- [11] C109/C109M A. Standard Test Method for Compressive Strength of 564 Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens). ASTM International West Conshohocken, Pa.; 1999.
- [12] BS EN 196-1, Methods of testing cement. Determination of strength, 2016.
- [13] Institute, A C, ACI544-2R: MEASUREMENT OF PROPERTIES OF FIBER REINFORCED CONCRETE, 1989.
- [14] NT Build 492, Concrete Mortar and Cement-based Repair Materials Chloride Migration Coefficient From Non-steady-state Migration Experiments. NT Build 492, 1999.
- [15] ASTM C. 490-04," Standard Practice for Use

Investigating the mechanical properties and durability of cement base modified with ethylene vinyl acetate and styrene acrylic

Hadi Chehrazi Sefiddashti

M.Sc. Department of Civil Engineering, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran

Hesam Madni *

Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran

Ali Saeedikia

M.Sc. Department of Civil Engineering, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran

Abstract

In this experimental study the effects of two types of polymers including ethylene vinyl acetate and styrene acrylic on the properties of cement mixtures have been investigated. Polymer contents of the mixtures were 5, 10, 15 and 20% by weight of cement and the ratio of water to cement was 0.33. In order to investigate and evaluate the effect of polymer materials on the mixtures, the compressive strength, flexural tensile strength, impact resistance, shrinkage, tensile strength and durability properties including Rapid chloride migration coefficient and the amount of capillary absorption were investigated. The specimens were cured under wet conditions at early ages (7 days) and dry periods at later ages (After 7 days). The results indicate an improvement in several mechanical characteristics such as flexural strength, tensile strength and impact resistance and a significant influence on reducing the adsorption rates of cement mixtures in the Rapid chloride migration coefficient and water absorption.

Keywords: Mechanical properties, Durability, Polymer modified mixtures, Ethylene vinyl acetate, Acrylic styrene.

* Corresponding Author: h.madani@kgut.ac.ir

