

## کاربرد الیاف پلی پروپیلن میکرو معمولی و آب دوست در بتن به عنوان جزء مسلح کننده

روح اله رستمی<sup>۱</sup> | محمد ذره بینی<sup>۱</sup> | سعید آجلی<sup>۲</sup> | سید مهدی ابطحی<sup>۲</sup>

### چکیده

بتن های تقویت شده با الیاف (FRC) کاربرد گسترده‌ای در مهندسی عمران یافته‌اند. این مواد، ترکیباتی سیمانی با ویژگی تقویت‌کنندگی در همه جهات هستند. در طول دهه‌های گذشته استفاده از الیاف پلیمری به دلیل اثر مثبت آنها بر روی خواص بتن استقبال شده است. چسبندگی بین الیاف و ماتریس سیمانی اساساً بر خواص بتن مسلح شده تأثیر می‌گذارد. الیاف آب دوست، تمایل بیش تری به اتصال با ماتریس سیمانی دارند. در این تحقیق، الیاف پلی پروپیلن معمولی و آب دوست با استفاده از پلی پروپیلن خالص و پلی پروپیلن گرفت شده، تولید گردیدند. خصوصیات فیزیکی و مکانیکی الیاف تولید شده به همراه ظرفیت جذب رطوبت تعیین گردید. مقاومت فشاری، کششی و خمشی نمونه‌های بتن مسلح شده با الیاف مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از الیاف آب دوست خواص مکانیکی بتن را نسبت به نمونه مسلح به الیاف معمولی بهبود بخشیده است.

### ۱- مقدمه

بتن الیافی به عنوان یکی از مصالح ساختمانی از الیاف، سیمان، آب و سنگدانه تشکیل شده است. شکل پذیری بالا، مقاومت کافی در برابر آتش سوزی و مقاومت مناسب در برابر نیروهای کششی و خمشی از عواملی است که باعث شده این نوع بتن به عنوان یکی از مصالح عمرانی در سراسر جهان مورد علاقه بسیار قرار گیرد. استفاده از مواد تقویت کننده الیافی که می‌توانند به صورت یکنواخت در همه جهات توزیع شوند زمینه تولید محصولی با خصوصیات برتر را به وجود آورده است.

الیاف طبیعی و مصنوعی را می‌توان در انواع ماتریس های بر پایه سیمان استفاده نمود. این بتن‌ها به طور گسترده ای مورد مطالعه قرار گرفته اند.

رشته های الیاف به دلیل انعطاف پذیری، نسبت طول به قطر زیاد و سطح مقطع متنوع به اندازه کافی توانایی استفاده به عنوان تقویت کننده در مواد مرکب مانند بتن را دارند.

توزیع یکنواخت الیاف موجب بالا رفتن مقاومت خمشی بتن به همراه افزایش قابل توجه ظرفیت جذب انرژی بتن می‌شود. بخ

واصی از جمله وزن کم، عدم کاهش استحکام در شرایط مرطوب و خشک و عدم تأثیر پذیری در محیط های اسیدی یا قلیایی از جمله خواص برجسته الیاف پلی پروپیلن است.

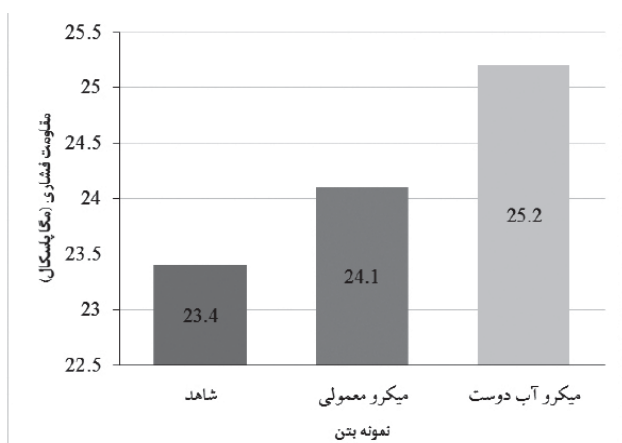
این خصوصیات منجر به پذیرش گسترده الیاف پلی پروپیلن به عنوان الیاف مسلح کننده در بتن شده است. علاوه بر این، الیاف پلی پروپیلن می‌توانند به آسانی تحت عملیات حرارتی قرار گیرند که می‌تواند هندسه آنها را هم در طول و هم در مقطع عرضی تغییر دهد.

سطح تماس بین الیاف و ماتریس سیمانی در تعیین خصوصیات مکانیکی بتن،



سهم تعیین کننده ای دارد. چسبندگی بیشتر الیاف، باعث ایجاد پیوند مستحکم بین الیاف و ماتریس در محل اتصال می‌شود. این چسبندگی به صورت فیزیکی و شیمیایی می‌تواند تقویت گردد.

اثر ترکیبی پدیده فوق، منجر به افزایش قابل توجه مقاومت کششی و خمشی به همراه ارتقای ظرفیت جذب انرژی بتن می‌گردد.



شکل ۱. مقاومت فشاری بتن

### ۳-۱. مقاومت فشاری

مقاومت فشاری بتن های مسلح در مقایسه با بتن شاهد در شکل ۱ نشان داده شده است.

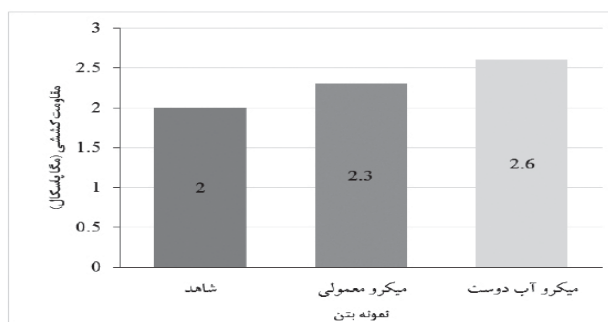
با توجه به شکل ۱ افزودن الیاف باعث افزایش مقاومت فشاری بتن شده است. کمترین افزایش (۳ درصد) در هنگام افزودن الیاف معمولی به بتن حاصل می شود. با استفاده از الیاف آب دوست بیشترین افزایش (۸ درصد) در مقاومت فشاری نسبت به نمونه شاهد مشاهده می شود.

از آنجا که آب یکی از اجزای بتن است، بنابراین تمایل به مرطوب شدن الیاف از عوامل مؤثر در چسبندگی الیاف با ماتریس بتنی است. پ

دیده گلوله ای شدن که در حین مخلوط کردن الیاف با بتن اتفاق می افتد، در هنگام استفاده از الیاف معمولی شدیدتر است و در مورد استفاده از الیاف آب دوست کاهش می یابد.

### ۳-۲. مقاومت کششی

مقاومت کششی بتن های مسلح در مقایسه با بتن شاهد در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. مقاومت کششی بتن

چسبندگی الیاف و ماتریس، موجب تحمل نیروهای کششی اعمال شده به بتن توسط الیاف شده است. الیاف از ایجاد یا انتشار ترک در بتن جلوگیری می کنند، بنابراین افزایش مقاومت بتن در برابر تنش اعمال شده، مشاهده می گردد. همانطور

در صورت استفاده از گرانول گرفت شده با انیدرید مالیک اسید، الیاف پلی پروپیلن را می توان آب دوست نمود. استفاده از الیاف پلی پروپیلن گرفت شده منجر به بهبود چسبندگی ماتریس-الیاف در بتن شده است.

این امر منجر به افزایش قابل توجه مقاومت چسبندگی بتن در برابر ترک های ناشی از انقباض پلاستیک گردیده است.

با توجه به الزامات فن آوری بتن مسلح، در این تحقیق، الیاف نساجی مهندسی شده با استفاده از مواد خام و پلی پروپیلن گرفت شده تولید شد.

خصوصیات مکانیکی و آب دوستی الیاف تعیین شد و طرح بتنی با کسر حجمی یکسان تهیه گردید. اثر تغییرات فیزیکی و شیمیایی بر مقاومت فشاری، کششی و خمشی نمونه های بتنی مورد بررسی قرار گرفت.

### ۲. تجربیات

در این تحقیق از فن آوری ذوب ریسی به عنوان پر کاربردترین روش، جهت تولید الیاف پلی پروپیلن مورد نیاز استفاده گردید. برای تولید الیاف پلی پروپیلن به ترتیب از گرانول پلی پروپیلن معمولی و گرفت شده با انیدرید مالیک استفاده شد.

مشخصات مکانیکی الیاف با توجه به استاندارد ASTM D3822 با استفاده از دستگاه Zwick (مدل ۶۰-۱۴۴۶) تعیین شد.

طرح اختلاط بتن، مطابق با آیین نامه ACI 211 نهایی شد. در جدول ۲ میزان سهم هر یک از اجزای بتن، نشان داده شده است.

### جدول ۲: میزان اجزای بتن بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب

شن	ماسه	سیمان	آب
۹۱۷	۷۵۷	۳۷۹	۲۰۳

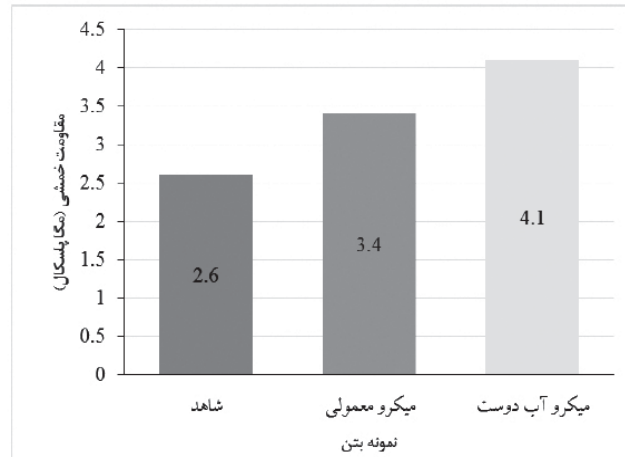
طرح های بتنی با کسر حجمی ثابت ۵۵ / ۰ ساخته شدند. چهار نمونه استوانه ای ۱۵۰ × ۳۰۰ میلی متری از هر طرح برای تعیین مقاومت فشاری و کششی انتخاب شد. از سه نمونه منشور ۱۰۰ × ۱۰۰ × ۳۵۰ میلی متری برای اندازه گیری مقاومت خمشی استفاده گردید.

در این تحقیق از جک فشاری ۲۰۰۰ کیلو نیوتنی ELE UK جهت تعیین خصوصیات فشاری و کششی بتن استفاده شد و خواص خمشی طبق استاندارد ASTM C1018 تعیین گردید.

### ۳. نتایج و بحث

چسبندگی بین الیاف و بتن به عنوان مسلح کننده و ماتریس از مهمترین عوامل مؤثر بر ظرفیت تحمل بار کششی در سازه است.

تفاوت های آشکار در اجزای بتن، منجر به چسبندگی ضعیف الیاف با ماتریس می شود. آب دوست بودن الیاف باعث افزایش چسبندگی ماتریس و الیاف می گردد. در ادامه نتایج به دست آمده بر روی بتن شاهد (بدون الیاف) و بتن های مسلح به طور خلاصه گزارش گردیده است.



شکل ۳. مقاومت خمشی بتن

توجه قرار گرفته است. عملکرد شکننده بتن های تقویت نشده در هنگام قرار گرفتن در برابر نیروهای کششی یا خمشی، مهمترین نقطه ضعف این مصالح ساختمانی است. در راستای به حداقل رساندن این نقطه ضعف، رفتار بتن الیافی توسط بسیاری از محققان مورد بررسی قرار گرفته است. امروزه تلاش شده است از بتن الیافی در سازه های پیش ساخته بتنی، ساخت لوله و پناهگاه استفاده شود.

در این تحقیق استفاده از الیاف پلی پروپیلن میکرو معمولی و آب دوست در بتن مورد بررسی قرار گرفته و نتیجه گیری زیر حاصل شده است:  
۱- الیاف منجر به تقویت مقاومت فشاری بتن می شوند. کمترین افزایش (۳ درصد) در مقاومت فشاری مربوط به استفاده از الیاف معمولی است. بیشترین افزایش (۸ درصد) در مقاومت فشاری، مربوط به استفاده از الیاف آب دوست می باشد.

۲- افزودن الیاف معمولی موجب افزایش ۱۵ درصد استحکام کششی بتن های مسلح با الیاف شده است. این میزان در مورد الیاف آب دوست ۳۰ درصد در مقایسه با نمونه شاهد است.

۳- افزودن الیاف موجب افزایش ظرفیت تحمل بار بتن الیافی می شود که به نوبه خود منجر به تقویت مقاومت خمشی بتن می گردد. نتایج نشان می دهد که افزودن الیاف معمولی منجر به افزایش ۳۱ درصد در مقاومت خمشی نمونه ها می شود. افزایش مقاومت خمشی نمونه های بتنی در مورد الیاف آب دوست نسبت به نمونه شاهد ۵۸ درصد است.

۴- افزودن الیاف در تقویت مقاومت خمشی بتن به دلیل پدیده جلوگیری از تشکیل و انتشار ترک مؤثرتر است.

#### پی نوشت

- ۱- دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی اصفهان
- ۲- دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی اصفهان

که در شکل ۲ نشان داده شده است، افزودن الیاف به بتن موجب حداقل ۱۵ درصد مقاومت کششی شده است. حداکثر افزایش مقاومت کششی ۳۰ درصد است.

#### ۳- مقاومت خمشی

مقاومت خمشی بتن های مسلح با بتن شاهد در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، باعث افزایش مقاومت خمشی می شود.

نتایج نشان می دهد که افزودن الیاف معمولی باعث افزایش ۳۱ درصد مقاومت خمشی شده است. در صورت تسلیح بتن توسط الیاف آب دوست در مقایسه با نمونه شاهد ۵۸ درصد افزایش مقاومت خمشی مشاهده می شود.

#### ۴. نتیجه گیری

بتن الیافی به دلیل خصوصیات حایز اهمیت، توسط مهندسين عمران و سازه مورد

