

بررسی خواص خمشی ملات سیمان تقویت شده با پارچه لنوی شیشه

مریم فیروزی/هوشنگ نصرتی/ابوالفضل میردهقان

چکیده

بتن به عنوان یکی از پرکاربردترین مصالح ساختمانی، از ویژگی‌هایی چون استحکام کششی پایین و شکل پذیری ضعیف برخوردار است که موجب ایجاد محدودیت‌هایی در کاربرد آن می‌شود. در این مطالعه، تأثیر استفاده از مش لنوی الیاف شیشه در ساختمان ملات سیمان و خواص خمشی آن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

برای این منظور، نمونه‌های ملات سیمانی با تعداد لایه‌های مختلف مش لنوی شیشه‌ای (یک، دو و سه لایه) تهیه شد و آزمایش خمش سه نقطه‌ای برای ارزیابی مقاومت خمشی آنها صورت گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از مش لنوی الیاف شیشه در نمونه‌ها، موجب افزایش قابل توجهی در ظرفیت تحمل بار خمشی نسبت به نمونه بدون مش گردید.

بهبود ۱۰۴ درصدی نیروی خمشی و ۱۴ برابر شدن خیز نمونه‌های تقویت شده با یک لایه مش نسبت به ملات سیمان بدون مش، از تأثیرات محسوس تقویت ملات سیمان با مش الیاف شیشه محسوب می‌شود.

افزایش تعداد لایه‌های مش به دو و سه لایه به ترتیب باعث افزایش ۲۴۴ و ۳۴۳ درصدی نیروی خمشی نمونه‌ها شد. این نتایج نشان می‌دهد که استفاده از مش لنوی الیاف شیشه می‌تواند رویکردی مؤثر در تقویت ملات سیمانی، تولید سازه‌های سبک و مقاوم‌تر و همچنین افزایش دوام و طول عمر سازه‌ها باشد.

بتن‌های تقویت‌شده با منسوجات، به عنوان یک راهکار نوآورانه مطرح شده است که امکان تولید سازه‌های نازک‌تر و سبک‌تر با پوشش بتنی کمتر را فراهم می‌کند.

همچنین، استفاده از مواد نساجی در یک عضو سازه‌های بتنی، بسته به ویژگی‌های آن، ممکن است عملکرد شکل‌پذیری، چقرمگی و استحکام کلی را بهبود بخشد و انتشار ترک در بتن را محدود کند. یکی از کارآمدترین راه‌ها برای به دست آوردن کامپوزیت سیمانی با کارایی بالا، تقویت با الیاف پیوسته است.

در فناوری نساجی مدرن پارچه‌ها را می‌توان به روش‌های مختلفی مانند بافندگی حلقوی، بافندگی



شکل‌پذیری پایین و جذب انرژی کم است.

۱-مقدمه

بتن پرکاربردترین مصالح ساختمانی در جهان است. با این حال، دارای استحکام کششی کم، امروزه، با توجه به دغدغه‌های زیست‌محیطی و نیاز به کاهش انتشار دی‌اکسید کربن، استفاده از

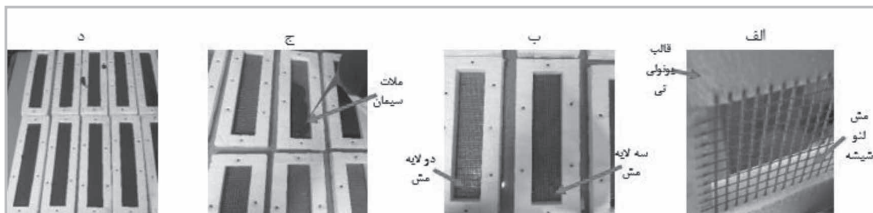


جدول ۱. نسبت‌های وزنی مواد در ساخت ملات سیمان

نوع ماده	سیمان پرتلند نوع ۱	آب	ماسه و سنگدانه
درصد اختلاط	۱:۱	۴:۱	۳:۱

جدول ۲. مشخصات مش لنو الیاف شیشه

نام منسوج	نوع مش	ابعاد چشمه (mm)	جرم واحد سطح (gr/m ²)	مقاومت کششی (Mpa)
مش لنو الیاف شیشه	AR-Glass	۵×۵	۱۲۰	۱۱۰۰



شکل ۱- (الف) نمای نزدیک قالب یونولیتی با تک لایه مش، (ب) قالب یونولیتی با دو و سه لایه مش، (ج) قالب‌ها در حال پر شدن با ملات سیمان، (د) قالب‌های پر شده با ملات سیمان

تاری-پودی، مش یا توری بافی و بی‌بافت تولید کرد.

از گذشته تاکنون، تحقیقاتی پیرامون تأثیر پارامترهای مختلف پارچه و مش‌ها بر نیروی خمشی و خیز انجام شده است.

به‌عنوان مثال مطالعات انجام شده بر تأثیر طرح بافت پارچه بر نیروی خمشی کامپوزیت‌های سیمانی تقویت شده با پارچه FRCM نشان داد با افزایش فاکتور سفتی پارچه‌ها، استحکام خمشی کامپوزیت‌های سیمانی تقویت شده با پارچه کاهش می‌یابد.

همچنین تأثیر استفاده از مش لنوی الیاف شیشه

بزرگتر تقویت شدند، به دلیل نفوذ آسان‌تر ماتریس از طریق پارچه‌ها و ایجاد رابطه‌ای مناسب، عملکرد مکانیکی بهتری دارند. در این مطالعه، تأثیر استفاده از مش لنوی الیاف شیشه بر خواص خمشی ملات سیمان بررسی و تحلیل خواهد شد.

همچنین تأثیر افزایش تعداد لایه‌های مش مورد مطالعه قرار گرفته و با نمونه تک‌لایه مش و بدون مش مقایسه می‌شود.

۲- مواد و روش‌ها

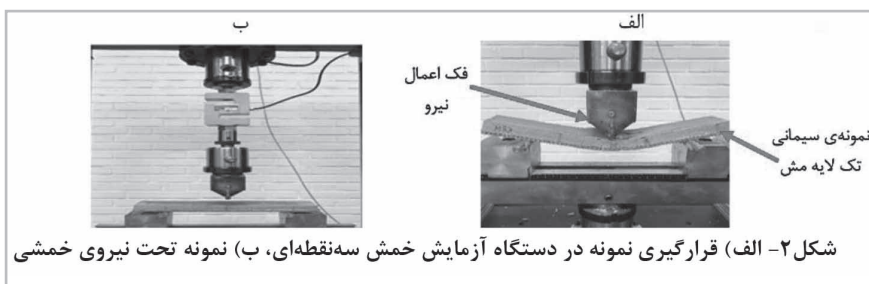
در این بخش، مشخصات مش لنو، ملات سیمان و روش‌های ساخت و انجام آزمایش‌ها تشریح می‌گردد.

۲-۱- مواد مورد استفاده

جدول ۱، درصد اختلاط مواد در ملات سیمان را نشان می‌دهد. مشخصات مش لنوی شیشه مورد استفاده در این مطالعه نیز در جدول ۲ قابل مشاهده است. این نوع مش حاوی عنصر زیرکونیا بوده و از نوع مقاوم در برابر محیط قلیا (AR-glass) می‌باشد.

۲-۲- روش ساخت نمونه‌ها

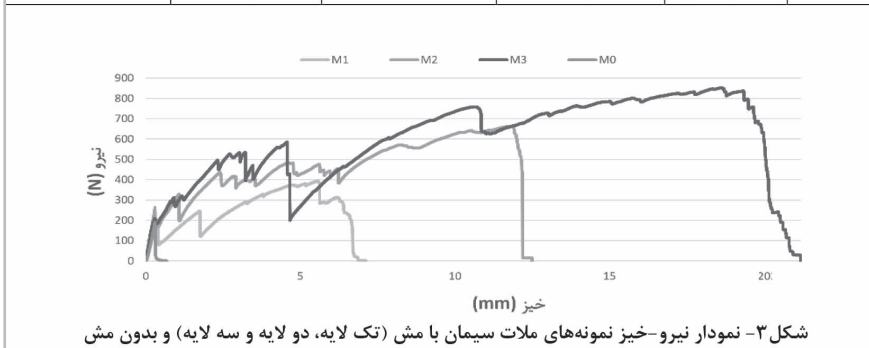
جهت تسهیل جداسازی نمونه‌ها از قالب، قالب‌ها به صورت دوکفه از یونولیت به ابعاد ۵۰×۲۰۰



شکل ۲- (الف) قرارگیری نمونه در دستگاه آزمایش خمش سه‌نقطه‌ای، (ب) نمونه تحت نیروی خمشی

جدول ۳. داده‌های آزمایش خمش سه‌نقطه‌ای

کد نمونه	تعداد لایه مش	نیروی ماکزیمم (N)	انحراف معیار (%CV)	خیز ماکزیمم (mm)	انحراف معیار (%CV)
M0	بدون مش	۱۹۲/۸	۱/۳٪	۰/۵	۲/۶٪
M1	یک لایه مش	۳۹۳/۹	۳/۰٪	۷/۴	۵/۹٪
M2	دو لایه مش	۶۶۲/۷	۵/۳٪	۱۲/۶	۸/۸٪
M3	سه لایه مش	۸۵۳/۵	۳/۸٪	۱۸/۱	۷/۰٪



شکل ۳- نمودار نیرو-خیز نمونه‌های ملات سیمان با مش (تک لایه، دو لایه و سه لایه) و بدون مش

در لایه‌های بیرونی نسبت به یکدیگر و ضخامت پارچه بر روی خواص مکانیکی کامپوزیت انجام شد.

نتایج نشان داد استحکام و ظرفیت کرنش کامپوزیت سیمانی با استفاده از مش الیافی بهبود یافت. آزمایش‌های خمشی نیز نشان دهنده این بود که کامپوزیت‌هایی که با مش‌های با ابعاد چشمه

در تقویت نیروی خمشی کامپوزیت‌های گچ نیز بررسی شده است که طی آن مصالح ساختمانی مقاوم‌تری در برابر خمش برای پوشش دیوارهای داخلی پیشنهاد شد.

همچنین تحقیقاتی درمورد تأثیر پارامترهای ساختاری پارچه مانند اندازه مش، موقعیت شبکه‌ها

تقویت ملات‌های سیمان با مش الیاف شیشه، شکل‌پذیری و خیز نمونه‌ها در زمان اعمال نیروی خمشی را نیز به طور چشمگیری بهبود بخشیده است.

به طوری که خیز ملات سیمان در حالت تقویت شده با یک لایه مش، $18/4$ برابر ملات سیمان بدون مش ثبت شده است.

این در حالی است که خیز با دو و سه لایه مش نسبت به ملات سیمان خام، به ترتیب افزایش $25/2$ و $63/32$ برابری داشته است.

۴- نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که تقویت ملات سیمان با مش لنوی الیاف شیشه تأثیر قابل‌توجهی بر افزایش مقاومت خمشی آن دارد.

بر اساس آزمایش‌های انجام‌شده، افزودن یک لایه مش می‌تواند ظرفیت تحمل بار خمشی را تقریباً 2 برابر کرده و افزایش تعداد لایه‌ها این مقاومت را با روند صعودی محسوسی تغییر دهد تا منجر به افزایش 244 و 343 درصدی آن گردد.

هرچند که

این افزایش کاملاً خطی نبود، اما مشخص شد که با افزایش لایه‌های مش، مقاومت خمشی و شکل‌پذیری نمونه‌ها بهبود می‌یابد.

همچنین خیز نمونه‌های تقویت شده با مش الیاف شیشه، بیشتر شده و این امر از تردی و شکنندگی ملات سیمان بدون مش به طور قابل‌توجهی کاسته است. به‌طور کلی، این روش تقویت، رویکردی مؤثر در بهبود مقاومت خمشی ملات سیمانی محسوب می‌شود و امکان استفاده از آن در ساخت سازه‌های سبک‌تر و مقاوم‌تر را فراهم می‌کند.

پی‌نوشت:

۱- دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر



آن نمایانگر تعداد مش مورد استفاده در هر نمونه می‌باشد.

آزمایش خمش سه‌نقطه‌ای برای هر نمونه، سه بار تکرار شده و داده‌های نهایی آن در جدول ۳، قابل مشاهده می‌باشد.

طبق جدول ۳، نیروی خمشی ملات سیمان در حالت تقویت شده با یک لایه مش $393/9N$ و برای حالت ملات سیمان معمولی، $192/8N$ می‌باشد.

این به معنای بهبود 2 برابری نیروی خمشی پس از استفاده از یک لایه مش الیاف شیشه است. با توجه به نمودار ۳، می‌توان مشاهده کرد که با بیشتر شدن تعداد لایه‌ها در ملات سیمان، نیروی خمشی با الگوی ثابتی تغییر نمی‌کند اما رفتاری کاملاً صعودی دارد و به صورت محسوسی، ویژگی‌های مکانیکی مش الیاف شیشه در هر مرحله به روند تحمل ظرفیت بار خمشی در نمونه‌ها کمک کرده است.

این تقویت به گونه‌ای است که مقاومت خمشی ملات سیمانی با دو و سه لایه مش لنوی شیشه به ترتیب برابر با $662/7N$ و $853/5N$ بوده و معادل $3/43$ و $4/42$ برابر استحکام در نمونه ملات سیمانی بدون مش می‌باشد.

20×20 میلی‌متر ساخته شده و مش‌ها در فاصله 8 میلی‌متری از تار خنثی قرار گرفتند.

جهت ساخت نمونه‌های با دو و سه لایه مش، لایه‌های مش کاملاً به صورت موازی بر روی یکدیگر قرار داده شدند. سپس قالب‌ها روی یک تخته صاف قرار گرفته و با دقت با ملات سیمان به صورت یکنواخت پر شدند.

۲-۳- روش انجام آزمایش

پس از خشک شدن نمونه‌ها و مقاوم شدن کامل ملات در طی 48 الی 72 ساعت، نمونه‌ها با دقت از قالب جدا شده و برای انجام تست‌های خمش سه‌نقطه‌ای آماده شدند.

تغییر شکل (خیز) و محل شکست نمونه به وضوح قابل مشاهده می‌باشد. سرعت دستگاه نیز به صورت پیش‌فرض 1 mm/min در نظر گرفته شده و برای تمامی نمونه‌ها یکسان می‌باشد.

۳- نتایج و بحث

در جدول ۳، داده‌های حاصل از آزمایش خمش سه‌نقطه‌ای برای نمونه بدون مش، یک، دو و سه لایه مش به صورت تفکیک شده ارائه شده‌است. نمونه‌ها با کد M نشان داده شده و اعداد کنار