



## بررسی تاثیر الیاف شیشه (GFRP) و کربن (CFRP) در مقاومت و شکل پذیری بتن

مریم فریدونی<sup>۱</sup>، اسماعیل هوشیار<sup>۲</sup>، حمید مؤمنی<sup>۳</sup>، شبنم مهدیپور<sup>۴</sup>، احمد کریمی بانشاط<sup>۵</sup>، محمد جعفری<sup>۶</sup>  
دانشگاه شهید رجایی، دانشکده عمران

### خلاصه

از ویژگی های ذاتی بتن که استفاده از آن را در سازه مسئله سازی می کند، شکست ترد آن می باشد. عموماً برای مقابله با این مسئله از میلگرد در بتن استفاده می گردد. مطالعات انجام شده نشان می دهد، که الیاف FRP شکست ترد بتن را بهبود بخشد. استفاده از این نوع الیاف با توجه به ویژگی های خاصی که دارند بر میلگرد ترجیح داده می شود. از طرف دیگر به منظور سبک کردن سازه استفاده از بتن سبک افزایش یافته است. در این مقاله سعی شده است تاثیر الیاف پلیمری بر انهدام ناگهانی در بتن های سبک بررسی گردد. به این منظور تعدادی نمونه با الیاف شیشه و کربن ساخته شده است. در این نمونه ها از الیاف با اندازه ثابت و درصد های حجمی متفاوت استفاده گردید. پس از تست فشار بر نمونه ها این نتیجه حاصل شد که استفاده از الیاف مقاومت و همچنین شکل پذیری را افزایش می دهند.

### واژه های کلیدی: بتن الیافی، مقاومت، شکل پذیری

#### ۱. مقدمه:

یکی از روش های مهم در مقابله با خسارات ناشی از زلزله، کاهش وزن سازه می باشد. به این منظور امروزه استفاده از بتن سبک اهمیت ویژه ای یافته است. در ساخت بتن سبک از مصالح سبک نظیر لیکا، پومیس، توف و غیره استفاده می گردد. از مسائل قابل بحث در مورد بتن سبک می توان به استفاده از الیاف در آن ها اشاره نمود.

تاریخچه استفاده از الیاف در بتن به منظور مقاوم سازی به زمان طولانی بر نمی گردد؛ در واقع این تکنولوژی از دستاوردهای نوینی است که با سرعت قابل توجهی در حال توسعه است. نتایج تحقیقات جدید مؤید استفاده هر چه بیشتر از این تکنولوژی در صنعت ساخت و ساز می باشد. آن چه که در این مقاله به آن پرداخته می شود استفاده از این الیاف در بتن سبک می باشد، موضوعی که کمتر به آن پرداخته شده است.

در طی این مقاله به مسائل زیر پرداخته می شود:

- ۱- بررسی تاثیر نوع الیاف در مقاومت فشاری بتن سبک
- ۲- بررسی تاثیر میزان الیاف در مقاومت فشاری بتن سبک
- ۳- بررسی تاثیر الیاف در طاق یا شکل پذیری.

#### ۲. نحوه ی ساخت نمونه ها:

نمونه های تست شده در این آزمایش مجموعاً ۸ عدد نمونه مکعبی  $15 \times 15 \times 15$  (cm<sup>3</sup>) هستند. از مجموع ۸ نمونه، ۲ نمونه شاهد می باشد ولی در ۶ نمونه دیگر از الیاف استفاده شده است.

وزن مخصوص بتن تازه شاهد در این آزمایش حد  $14200$  (N/m<sup>3</sup>) می باشد. طرح اختلاط مورد استفاده در این نمونه ها، در جدول ۱ آورده شده است.

جدول شماره ۱

W/C	۰٫۳
-----	-----



C	۵۰۰۰(N/m <sup>۲</sup> )
SP	۶۵(N/m <sup>۲</sup> )
MIC	۵۵۰(N/m <sup>۲</sup> )

در ساخت نمونه ها به منظور کاهش چگالی به جای درشت دانه شن از لیکا استفاده شده است. در صد وزنی ماسه و لیکای مورد استفاده به ترتیب در جدول ۳ و ۲ قابل مشاهده است.

جدول شماره ۲

شماره الک	درصد مورد استفاده
۴	۵,۷%
۸	۶%
۱۶	۸%
۳۰	۶%
۵۰	۱۰%

جدول شماره ۳

شماره الک	درصد مورد استفاده
۴	۴,۹%
۸	۲۹%
۱۶	۱۹,۳%
۳۰	۱۱,۱%

در ۶ نمونه بتن الیافی از دو نوع الیاف شیشه و کربن استفاده شده است. در هر نمونه مقدار استفاده از الیاف ۱/۲، ۲/۳ و ۳/۳ حجمی بوده است. وزن سطح مخصوص الیاف مورد استفاده به این ترتیب می باشد؛ کربن: (۲,۲ N/m<sup>۲</sup>) و شیشه: (۳,۳ N/m<sup>۲</sup>) ضخامت این الیاف ۰,۱۲cm می باشد. الیاف مورد استفاده در اندازه ی تقریبی ۱cm بوده اند این الیاف قبل از اضافه کردن آب به مصالح افزوده شده است و به اندازه ی کافی با آن مخلوط می شوند. البته باید در نظر داشت که الیاف بسیار حساس هستند و در طی مراحل بریدن و مخلوط کردن با مصالح دچار آسیب می شوند که طی انجام این تست سعی بر آن بوده است که الیاف دچار کمترین آسیب شوند. یکی دیگر از مشکلات موجود گلوله شدن الیاف در مخلوط است که در الیاف شیشه نسبت به کربن بیشتر دیده می شود. به منظور عمل آوری این نمونه ها، به مدت ۲۸ روز به طور کامل در آب قرار داده شده است. برای تست فشار از دستگاه Data Logger استفاده شده است و نتایج حاصل از شکست توسط دو عدد تنش و تغییر طول ماکزیمم مشخص گردیده است. برای ثبت تغییر طول نمونه ها دو عدد LVDT در پشت و جلو مماس بر نمونه قرار داده شده است که نهایتاً برای بدست آوردن تغییر طول ماکزیمم، میانگین دو مقدار منظور گردید.

### ۳. تحلیل نتایج:

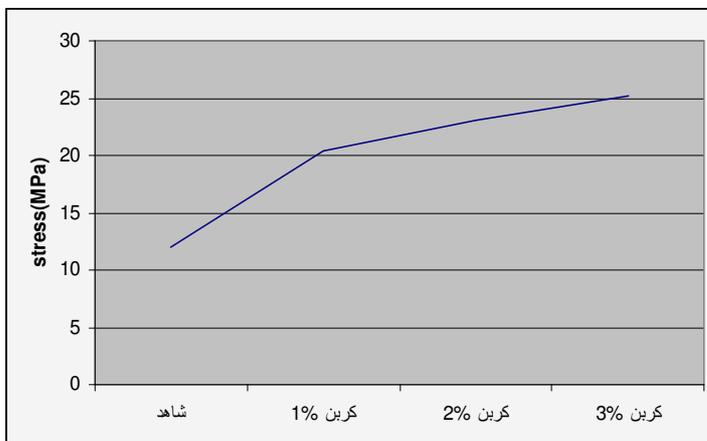
مقادیر ماکزیمم تنش و تغییر طول نمونه ها در جدول ۴ آمده است. منظور از تغییر طول ماکزیمم همان تغییر طول متقلرن با لحظه ی گسیختگی بتن می باشد.

جدول شماره ۴

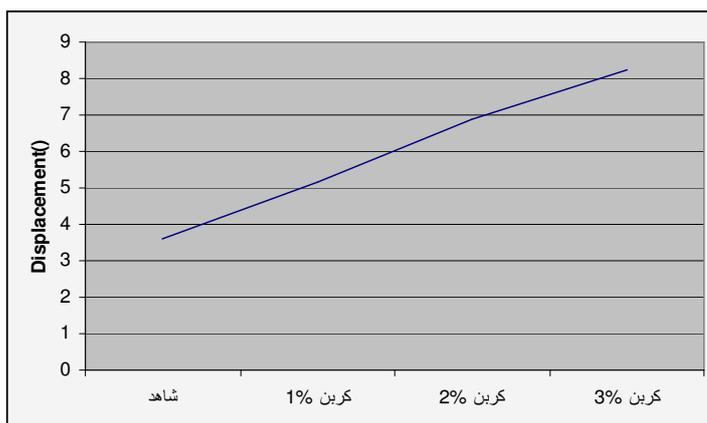
نمونه	تنش ماکزیمم (N/mm <sup>۲</sup> )	تغییر طول ماکزیمم
شاهد	۱۲,۰۳	-۳,۶

۱٪ کربن	۲۰,۳۵	-۵,۱۶۱
۲٪ کربن	۲۳,۰۴	-۶,۸۸
۳٪ کربن	۲۵,۲۱	-۸,۲۴
۱٪ شیشه	۱۵,۲۳	-۴,۱۲
۲٪ شیشه	۱۹,۴۷	-۵,۷۴
۳٪ شیشه	۲۱,۳۸	-۶,۸۵

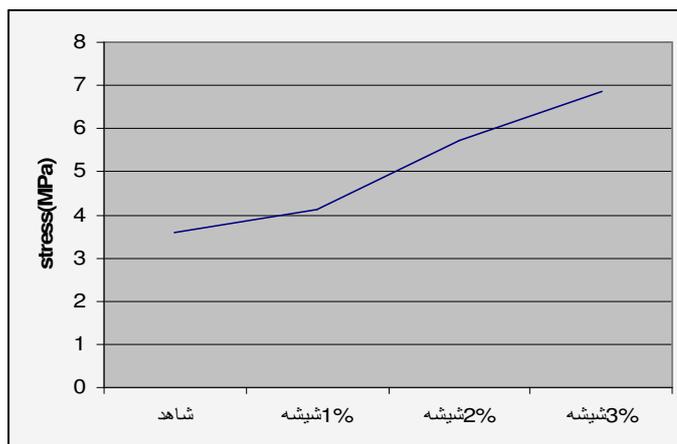
برای بررسی مقاومت و شکل پذیری نمونه ها می توان از نمودار های زیر کمک گرفت. نمودار ۱ و ۲ به ترتیب مربوط به مقاومت و شکل پذیری نمونه های بتن الیافی مسلح به کربن می باشد. همچنین نمودار های ۳ و ۴ مربوط به مقاومت و شکل پذیری نمونه های بتن الیافی مسلح به شیشه می باشد.



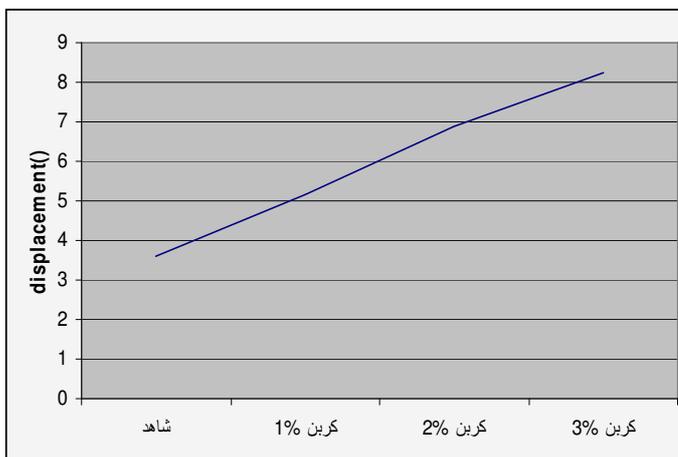
نمودار ۱- تنش های ماکزیمم (MPa) بتن های الیافی مسلح به کربن در مقایسه با شاهد



نمودار ۲- تغییر طول ماکزیمم (mm) بتن های مسلح به کربن در مقایسه با شاهد



نمودار ۳- تنش ماکزیم (MPa) بتن های الیافی مسلح به شیشه در مقایسه با شاهد



نمودار ۴- تغییر طول ماکزیم (μm) بتن های مسلح به شیشه در مقایسه با شاهد

برای بررسی تاثیر الیاف نمونه شاهد با نمونه های بتن الیافی مقایسه می شود . مقاومت فشاری نمونه شاهد در حدود  $12,03 \text{ MPa}$  می باشد این در حالی است که مقاومت همین طرح اختلاط بعد از اضافه کردن ۱٪ کربن تا  $20,25 \text{ MPa}$  افزایش یافته است و همچنین مقاومت فشاری نمونه بتن الیافی با ۱٪ شیشه تا  $(15,23 \text{ kg/cm}^2)$  افزایش یافته است .

با مقایسه ی فوق می توان به این مسئله اشاره کرد که استفاده از الیاف مقاومت بتن را افزایش داده است . از طرفی این افزایش مقاومت در بتن مسلح به الیاف کربن بیشتر می باشد .

این مسئله را می توان از مقایسه ی نمودارهای ۳ و ۱ مربوط به تنش ماکزیم نیز نتیجه گرفت . همچنین با توجه به صعودی بودن هر کدام از نمودارها می توان به این نتیجه رسید که با افزایش درصد استفاده از الیاف مقاومت فشاری بتن افزایش پیدا کرده است .

کاهش طول ماکزیم نمونه شاهد،  $3,6$  (میکرو متر) می باشد. این در حالی است که کاهش طول در نمونه بتن الیافی (۱٪ کربن)  $5,161$  (میکرو متر) می باشد. و همین پارامتر در بتن الیافی (۱٪ شیشه)  $4,12$  (میکرو متر) می باشد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که نمونه های الیافی تا کرنش های بیشتری قادر به تحمل تنش بوده از این رو شکل پذیری (طاقت) نسبت به بتن شاهد بیشتر بوده است . نسبت افزایش شکل پذیری در نمونه های کربنی بیشتر مشاهده می شود.

همچنین با افزایش میزان الیاف مورد استفاده شکل پذیری در همه نمونه ها افزایش پیدا کرده است. نمودارهای ۲ و ۴ نیز مؤید همین مسئله



می باشد.

#### **۴. نتیجه گیری :**

آنچه که از نمودارها و تحلیل آن ها بر می آید حاکی از آن است ؛

- ۱- مقاومت بتن الیافی در مقایسه با بتن معمولی بیشتر است .
- ۲- استفاده از الیاف در افزایش شکل پذیری مؤثر است .
- ۳- الیاف کربن نسبت به شیشه در افزایش مقاومت و شکل پذیری تاثیر بیشتری دارد .
- ۴- با افزایش میزان الیاف مورد استفاده مقاومت و شکل پذیری افزایش یافته است .

#### **۵. قدردانی:**

در پایان از استاد محترم جناب آقای دکتر اسکویی که سرپرستی تیم را بر عهده داشتند ، کمال تشکر و قدر دانی را داریم.