

الیاف فولادی

Steel Fiber – STF™

معرفی

STF™، الیاف فولادی می باشد. بتن مسلح به الیاف فولادی یا SFRC (Steel Fiber Reinforced Concrete)، بتنی است که از الیاف فولادی برای مسلح سازی آن استفاده می شود. این نوع بتن، در حال حاضر کاربردهای کمی دارد، اما با توجه به قابلیت های فراوان بتن مسلح به الیاف فولادی، کمیته ۵۴۴ موسسه ACI معتقد است از این نوع بتن در آینده به مراتب استفاده خواهد شد. در حال حاضر اطلاعات مهندسی و متخصصین فعال در حوزه ساخت و سازه نسبت به این نوع الیاف و این نوع مسلح سازی بسیار کم است.

الیاف فولادی دارای انواع مختلفی برحسب شکل مقطع هستند.

- دایره ای شکل
- مستطیلی شکل
- نیم دایره ای شکل
- مقاطع نامنظم یا متغیر در طول

همچنین این الیاف می توانند صاف و یا خمیده با ابعاد مختلف باشند. برای توصیف این پارامتر، از فاکتوری به نام نسبت تصویر (Aspect Ratio) استفاده می شود. این پارامتر، حاصل تقسیم طول به قطر است (در صورتی که مقطع دایره ای نباشد، می توان قطر دایره معادل با سطح مقطع مورد نظر را محاسبه نمود). همچنین این الیاف در دو حالت قلاب دار و ساده موجود هستند. نوع قلاب دار آن بسیار بهتر از نوع ساده آن است و به لحاظ کیفیتی و کمیتی موجب بهبود خواص بیشتری از بتن SFRC می شود.

برخلاف بتن های مسلح به میلگردهای فولادی که فقط بتن را در یک صفحه خاص مسلح می کنند (در صفحه ای که میلگردها قرار دارند)، بتن مسلح به الیاف فولادی، در تمام جهات مسلح هستند. عملکرد اصلی مسلح سازی بتن با الیاف فولادی، بر اساس رفع ترک های ریز و مویی است. این الیاف با قطع ترک ها، مانع از رشد آن ها می شوند.

ویژگی الیاف فولادی

- افزایش کرنش گسیختگی
- افزایش مقاومت در برابر ضربه
- افزایش جذب انرژی
- افزایش مقاومت کششی
- افزایش مقاومت در برابر خستگی
- افزایش مقاومت در برابر تنش های حرارتی و جمع شدگی
- افزایش مقاومت برشی، خمشی و فشاری
- صرفه جویی در زمان، هزینه و مصالح
- افزایش چکش خواری یا شکل پذیری

موارد کاربرد الیاف فولادی

از بتن مسلح به الیاف فولادی می تواند در موارد زیر استفاده نمود:

- پل بزرگراه ها
- سدها و سازه های هیدرولیکی
- مهندسی راه آهن
- پروژه های بندر سازی و سازه های دریایی
- تونل سازی و معدن

طراحی بتن الیاف فولادی

طرح اختلاط بتن مسلح به الیاف فولادی یا SFRC، مانند طرح اختلاط بتن های معمول است؛ با این تفاوت که برای رسیدن به کارایی مناسب و حداکثر استفاده از توان الیاف فولادی، باید نسبت ها را تغییر داد. این مسئله ممکن است با تغییر حداکثر اندازه سنگ دانه، تغییر درصد سیمان و یا اضافه کردن خاکستر بادی ارضا شود. مطابق روابط ارائه شده در ACI 544.4R-2 می توان روند طراحی بتن مسلح شده به الیاف فولادی یا SFRC را به شرح زیر دسته بندی نمود:

مقاومت خمشی

رفتار بتن های معمولی تا اولین ترک خوردگی محاسبه می شود؛ اما در بتن های مسلح شد به الیاف فولادی یا بتن SFRC مقاومت بتن نسبت به مقاومت آن در اولین ترک خوردگی کمی افزایش می یابد؛ بنابراین:

$$f_d = f_{ct} \left(1 + \frac{R_{e,3}}{100} \right)$$

$$f_d = f_{ct} + f_{e,3}$$

که در این روابط:

رهنمودهای ایمنی

برای حمل و ریختن الیاف به داخل میکسر بتن، از دستکش و ماسک چشم مناسب استفاده نمایید.

شرایط نگهداری

پالت های الیاف فولادی را نباید روی یکدیگر قرارداد. باید آن ها را به دور از باران و برف محافظت نمود.

f_d = ظرفیت خمشی

f_{ct} = مقاومت ترک خوردگی اولیه

$$f_{e,3} = P_{e,3} * \frac{L}{bh^2}$$

$$R_{e,3} = \frac{f_{e,3}}{f_{ct}} * 100$$

h, b = عمق و عرض مقطع هستند.

$P_{e,3}$ = متوسط میزان باری که موجب تغییر شکل به میزان $L/150$ می شود

مقاومت فشاری

به طور تجربی مشاهده شده است با اضافه کردن الیاف فولادی به بتن، مقاومت فشاری آن به صورت زیر اضافه می گردد.

$$F_f = F_c(1 + K_1P) = F_c * \alpha$$

که در رابطه فوق:

F_f = مقاومت فشاری بتن مسلح به الیاف فولادی است

F_c = مقاومت فشاری بتن بدون الیاف

$K_1 = 0.123$ ثابت تجربی

P = درصد حجمی الیاف فولادی

α = ضریب بزرگنمایی

مشخصات فنی الیاف فولادی

طول الیاف	۵۰ میلی متر
قطر معادل	۱ میلی متر
نسبت تصویر	۵۰
مقاومت کششی	۱۰۵۰ مگا پاسکال
نوع الیاف	الیاف ساده و قلاب دار
ظاهر	سیم روشن و تمیز

بسته بندی

بسته های الیاف فولادی در پالت های ۲۵ کیلو گرمی قابل ارائه هستند.

میزان مصرف

متخصصین شرکت مقاوم سازی افزیر پیشنهاد می کنند درصد بهینه اضافه کردن الیاف فولادی به بتن، در جاده ها بین $30-80 \text{ kg/m}^3$ و در پل ها بین $50-100 \text{ kg/m}^3$ است.