





بتن الیافی :

Fiber Reinforced Concrete

دانش و فناوری ساخت و ساز با الیاف تاریخچه‌ای به قدمت تاریخ دارد، استفاده از پشم بز و ساروج در پل‌های قدیمی و بناهای گلی نمونه بارز استفاده از الیاف‌های طبیعی در مسلح کردن انواع ملات می‌باشد. در طول این مدت پیشرفت‌های فراوانی در روش‌های ساخت و ساز و مصالح مصرفی حاصل شده است.



یکی از مهمترین این پیشرفت‌ها، بهبود کیفیت مصالح ساختمانی خصوصا بتن به عنوان پر مصرفترین مصالح مورد استفاده در ساخت و ساز است. کاربرد الیاف به عنوان یکی از روش‌های بهبود عملکرد بتن تحت بارهای مکانیکی و شرایط محیطی شناخته شده است. بتن ماده‌ایست ترد و شکننده که تحت فشار عملکرد خوبی دارد اما در کشش ضعیف عمل می‌کند.



در کاربردهای سازه‌ای برای رفع این مشکل از آرماتور یا فولاد پیش تنیده استفاده می‌شود. در برخی از کاربردها الیاف می‌تواند جهت جبران ضعف کششی بتن جایگزین آرماتورهای معمولی و یا مش شود. بتن الیافی دارای مقاومت زیاد خمشی و کششی است و به طرز قابل ملاحظه‌ای باعث یکپارچگی و پیوستگی اجزا بتن به عنوان یک ماده شکل‌پذیر جهت تولید سطوح مقاوم را فراهم می‌آورد.

A close-up photograph of soil and roots. The soil is dark brown and appears moist, with several roots extending through it. The lighting is warm, highlighting the textures of the soil and the thin, fibrous roots.

شرکت دوروچم خاورمیانه به عنوان لیدر بتن الیافی ایران از سال ۱۳۸۴ با جایگزین کردن الیاف با آرماتور در کف سازی صنعتی پروژه های متعددی در ایران و آسیای میانه انجام داده است. این جایگزینی بعد ها در عرشه های فولادی ، سگمنت های تونل ، شاتکریت و قطعات پیش ساخته ادامه یافت و کماکان نیز ادامه دارد.



عملکرد ۲ بعدی آرماتور در بتن



عملکرد ۳ بعدی الیاف در بتن

عملکرد ۳ بعدی الیاف در بتن در مقایسه با عملکرد ۲ بعدی میلگرد

سهولت اجرا

جهت اجرای بتن الیافی الیاف در کارخانه بتن همزمان با اختلاط سایر مصالح و بر روی مصالح خشک به بتن اضافه شده و پس از حضور میکسر بتن در محل تخلیه، بتن کاملاً آماده اجرا می‌باشد. در برخی موارد نیز می‌توان میکسر بتن را به محل تخلیه بتن هدایت نمود و با این روش استفاده از پمپ بتن را نیز حذف نمود.

سرعت بیشتر

در بتن‌ریزی‌های الیافی با توجه به حذف یا کاهش آرماتوربندی مورد نیاز، سرعت اجرای پروژه به مراتب افزایش خواهد یافت. با استفاده از الیاف نیروی انسانی مورد نیاز جهت آرماتوربندی کاهش می‌یابد و با حذف مش بلافاصله پس از انجام قالب بندی و آماده نمودن بستر کار می‌توان بتن‌ریزی را انجام داد.

کارایی بهتر

بتن حاوی الیاف دارای عملکرد و کارایی بهتری نسبت به بتن‌های مسلح شده به روش سنتی و با استفاده از الیاف دارد. به نحوی که بتن الیافی مقاومت بیشتری در برابر ترک‌ها دارد و با بالا بردن انعطاف، ضربه‌پذیری و مقاومت سایشی بتن خصوصاً در راهسازی‌ها و کفسازی‌های صنعتی کارایی بهتری را ایجاد خواهد کرد.

مطابق با استاندارد های ASTM A820 و SDI C-2011 امکان استفاده از الیاف به عنوان جایگزین در سقف های عرشه فولادی بررسی و پیشنهاد شده است.



تاثیر الیاف بر دوام بتن

نفوذپذیری: بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد نفوذپذیری در برابر آب و یون کلر در بتن‌های حاوی الیاف به میزان قابل ملاحظه‌ای کمتر از بتن معمولی است و با افزایش مقدار الیاف کاهش نفوذپذیری نیز بیشتر می‌شود. علت این موضوع کاهش ترک‌های ناشی از جمع‌شدگی و همچنین از بین رفتن پیوستگی منافذ و ارتباط کانال‌های جریان در اثر افزودن الیاف می‌باشد.

مقاومت در برابر سیکل‌های ذوب و یخ: رفتار بتن‌های الیافی و بتن فاقد الیاف در برابر سیکل‌های ذوب و یخ و انجماد مشابه یکدیگر بوده و با افزایش مقدار هوا مقاومت بتن در برابر ذوب و انجماد افزایش می‌یابد. همچنین نتایج بدست آمده از آزمایشات نشان داده است که مقاومت در برابر پوسته‌شدگی در بتن‌های حاوی الیاف کمتر از بتن فاقد الیاف است.



مقاومت در برابر آتش: با افزودن الیاف مقاومت فشاری بتن‌های فاقد الیاف و توانمند در دمای بالا به میزان اندکی در حدود ۵ الی ۱۵ درصد بهبود می‌یابد. همچنین افزودن الیاف به بتن سبب می‌شود فشار بخار داخل منافذ کاهش یافته و در نتیجه احتمال ترکیدن بتن به صورت انفجاری کمتر می‌شود.

جمع‌شدگی: مکانیزم الیاف برای کنترل ترک‌های ناشی از جمع‌شدگی عبارت است از به جای ایجاد یک ترک سراسری، تعدادی ترک منقطع تشکیل می‌شود. تنش‌های کششی از میان ترک‌ها منتقل می‌شوند. در واقع بتن‌های الیافی حتی پس از وقوع ترک، بخشی از مقاومت کششی خود را حفظ می‌کنند. به دلیل انتقال تنش در یک مدت طولانی، امکان بسته شدن ترک‌های حاصل وجود دارد.



CONTINUOUS REINFORCEMENT



DISCRETE REINFORCEMENT

کنترل بهتر ترکها در بتن الیافی و عدم شکست ناگهانی بتن الیافی در مقایسه با بتن بدون الیاف

پارامترهای موثر بر الیاف

Effective Parameters on Fibers

مقدار مصرف الیاف

مقاومت کششی الیاف

مدول الاستیسیته الیاف

مکانیزم‌های چسبندگی و مهار الیاف با ماتریس بتن

طول و قطر الیاف و در نتیجه نسبت طول به قطر آن

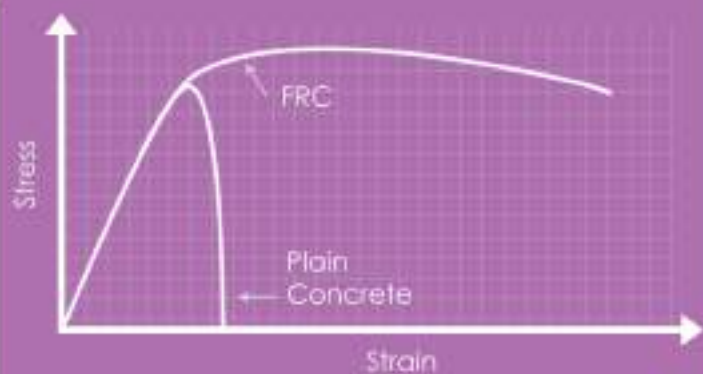
تعداد الیاف در هر کیلوگرم تابعی از ابعاد و مقدار

الیاف می‌باشد.

عملکرد الیاف در بتن

Usage of Fibers

افزودن الیاف به بتن موجب بهبود طاقت، شکل پذیری و افزایش جذب انرژی بتن تحت بار ضربه ای می شود. عملکرد الیاف در بتن نخست موجب کاهش گسترش ترک های ناشی از Plastic Shrinkage در سنین اولیه و جمع شدگی ناشی از خشک شدن می شود و پس از وقوع ترک ظرفیت باربری خواهد داشت، زیرا که الیاف به عنوان پل میان دو طرف ترک عمل کرده و در نتیجه بر عملکرد مکانیکی بتن تاثیر می گذارد.



نمودار تنش - کرنش بتن الیافی در مقایسه با بتن غیر مسلح

نکات اجرایی استفاده از الیاف

Executive Factors for Using Fibers

در دستورالعمل‌های مربوط به بتن آماده توصیه شده که افزودن هر گونه ماده‌ای به بتن در کارگاه تحت شرایط کنترل شده انجام شود. از این رو، الیاف می‌بایست طی یک برنامه تضمین کیفیت مورد قبول و توسط کارگران آموزش دیده در بتن اضافه شود. برای پخش کردن الیاف در مخلوط کن باید از تجهیزات و روش‌های مناسب استفاده شود. در تصویر سمت راست اضافه نمودن الیاف در ایستگاه مرکزی بتن به جریان مصالح سنگی پیش از ورود به مخلوط کن مشاهده می‌شود. در فرآیند ساخت



پروژه مینا لوکوموتیو ۱۳۸۸

بتن الیافی باید از ایجاد پدیده (Balling) گلوله شدن جلوگیری کرد.



اضافه نمودن الیاف به صورت دستی



اضافه نمودن الیاف در مرحله آخر پس از اختلاط تمام اجزای تشکیل دهنده بتن

تاثیر الیاف بر ویژگی‌های بتن تازه

Fibers Effect on Fresh Concrete Properties

بتن الیافی باید کارپذیری کافی داشته باشد تا بتن ریزی، تراکم و پرداخت سطح بتن به خوبی انجام شود و در عین حال نیز الیاف به شکل یکنواخت توزیع شده و آب‌نداختگی و جداسدگی به حداقل برسد. درصد حجمی الیاف و نسبت طول به قطر (W/C) الیاف دو پارامتر مؤثر بر کارایی بتن‌های حاوی الیاف است. اما افت اسلامپ با گذشت زمان در بتن الیافی و بتن فاقد الیاف یکسان است.

30%

افزایش

مقاومت برشی

استفاده از الیاف مقاومت برشی و طاقت برشی بتن را بطور قابل ملاحظه ای بهبود می‌بخشد و با افزایش درصد حجمی الیاف، تاثیر آنها نیز بیشتر می‌شود. با افزودن ۱ درصد حجمی الیاف فولادی، مقاومت برشی حداکثر ۳۰ درصد افزایش می‌یابد.

60%

افزایش

مقاومت کششی

تاثیر الیاف بر بهبود مقاومت بتن قابل ملاحظه است و طی تحقیقات انجام شده با افزودن ۱/۵ درصد حجمی الیاف فولادی به ملات یا بتن، رشد مقاومت کششی به شدت مشاهده شده است.

15%

افزایش

مقاومت فشاری

وجود الیاف مقاومت فشاری بتن را چندان تحت تاثیر قرار نمی‌دهد، اما به دلیل نقش الیاف در دوختن ترک‌ها از گسیختگی ترد بتن جلوگیری می‌کند.



90%
افزایش

مقاومت خستگی

روسازی فرودگاه‌ها و بزرگراه‌ها، عرشه پل‌ها و کف‌های صنعتی در گروه سازه‌های بتنی با سیکل زیاد دسته‌بندی می‌شوند. در بتن‌های حاوی الیاف با توجه به نوع تعداد، مقاومت خستگی در محدوده ۵% تا ۹۰% مقاومت خمشی بوده است.

20%
افزایش

مقاومت ضربه ای

در ارزیابی عملکرد بتن تحت بار ضربه‌ای، مقاومت و انرژی شکست دو پارامتر مهم محسوب می‌شود. افزودن الیاف به بتن سبب افزایش حداکثر بار ضربه‌ای و انرژی شکست خواهد شد.

70%
افزایش

مقاومت خمشی

تأثیر الیاف بدین گونه است که رفتار شکل‌پذیر بتن الیافی در ناحیه کششی تیر بتنی، باعث جابجایی نار خشی به سمت ناحیه فشاری می‌شود. مقاومت خمشی بتن‌های حاوی ۱/۵ الی ۲ درصد حجمی الیاف فولادی در آزمایش خمش در نقاط ۱/۳ تا ۷۰% بیشتر می‌شود.

مشخصات کلی الیاف بتن دورچم

Concrete Fiber Specification of DUROCEM

تکنولوژی و تنوع الیاف های دورچم که در اوایل دهه هشتاد با پایه گذاری سیستم بتن الیافی در ایران عهده دار معرفی و بستر سازی این روش نوپا بوده و طی این سالیان با اجرای بیش از ۲۳۰ پروژه الیافی در داخل و خارج از کشور کماکان لیدر بتن الیافی ایران شناخته می شود.

تنوع الیاف ها بر اساس شکل ، جنس ، قطر و ضخامت دسته بندی و با توجه به نوع کاربری محاسبه و پیشنهاد می شود.



Plain Concrete



Fibrous Concrete



استاندارد های بتن الیافی

ACI544.1R-96 گزارش استفاده از بتن الیافی

ASTM C1116 مشخصات استاندارد بتن الیافی

ACI 560.1R-08 راهنمای کاربرد الیاف در شاتکریت

ACI544.3R-08 راهنمای مشخصات، آماده سازی و ساخت بتن الیافی

ASTM A820 مشخصات استاندارد استفاده از الیاف فولادی در بتن

Sdi C1.0 -02006 (Steel Deck Institute) استفاده از الیاف در سقف های عرشه فولادی

موارد کاربرد

مقاومت کششی	مقاومت خمشی	طول های موجود (mm)	قطر های موجود (mm)	تعداد در هر کیلوگرم	سقف	کف صنعتی	شناوریت	اسکله و محیط تورنده	تراورس	تول و سنگت	عریضه پار	لحقات پیش ساخته	دیوگه	سازه های ضد انفجار	گروت و ملتهای سیمانی	شعب	دیوار کچی	بن های بتنی
الیاف قازی	1200mpa	P	30/50/60	0.6/0.8/1.00	483/0.8	●	●	▲	●	●	●	●	●	●	●	▲	▲	○
الیاف پلاستیکی	1050mpa	G	30/40/50	0.09	4340	●	●	●	▲	●	▲	●	●	▲	○	●	○	●
الیاف پلیمری	1050mpa	E	50	0.07	16000	●	●	●	▲	●	▲	●	▲	○	●	●	○	▲
الیاف شیشه	890mpa	E	0.6/12/18	0.1	50000	▲	○	○	○	○	○	●	●	○	●	○	●	▲
الیاف پلی پروپیلن	890mpa	G	12	0.02	60000	●	●	○	▲	▲	▲	●	▲	▲	●	▲	●	▲

P --> Poor

G --> Good

E --> Excellent

- ▲ Not Working
- Good
- Excellent

Table Guidance



Fibercem | P 54



Fibercem | P 50
PS 50



Fibercem | M 06
M 08
M 10



Fibercem | PL 54
PL 40
PL 30



Fibercem | G 18



Fibercem | P 12
PS 15



مزایای بتن الیافی

Benefits of Fiber Reinforced Concrete

کاهش میزان آب انداختگی بتن
قابلیت اجرای ملات یا بتن با قطر کم
حذف آرماتور در کف سازی و عرشه فولادی

مقاومت سطوح بتنی در سیکل‌های ذوب و انجماد
کاهش وقوع ترک‌های ناشی از نشست و پلاستیک
افزایش چسبندگی بتن و کاهش انسداد پمپ بتن
جایگزین آرماتور و مقاوم در برابر تنش‌های حرارتی
استفاده مکمل با آرماتور جهت جلوگیری از ترک‌های ریز
افزایش حد الاستیک بتن با ایجاد پل بر روی ریزترک‌ها

موارد کاربرد الیاف ها

Usage of Fibers

تراورس بتنی

سازه‌های در معرض انفجار

سگمنت های تونل ، شاتگریت

ترمیم رویه‌ها و سازه‌های بتنی

پایدارسازی شیروانی‌ها و سنگ‌ها

دال‌های کامپوزیت یا عرشه فولادی

کفسازی صنعتی و روسازی آسفالت و بتنی

قطعات بیش ساخته و مخازن و لوله‌های بتنی

