

بتن الیافی یا FRC (Fiber Reinforced Concrete)

مرکز ملی تربیت مربی و پژوهش‌های فنی و حرفه‌ای



تابستان ۱۴۰۲

ITC

مرکز ملی تربیت مربی
پهوش های فنی و حرفه ای



سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور



unesco

عموم شبکه بین المللی مراکز آموزش فنی و حرفه ای



بتن الیافی یا FRC (Fiber Reinforced Concrete)

تهیه‌کننده: عباس قراگوزلو

مرکز ملی تربیت مربی و پژوهش‌های فنی و حرفه‌ای

سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور

رعایت اصول اخلاقی و مسئولیت صحت و دقت محتوا بر عهده نویسنده / نویسندگان می‌باشد.

تابستان ۱۴۰۲

مقدمه:

بتن به عنوان محصولی ویژه و کارآمد امروزه بخش عمده‌ای از مصالح پروژه‌های ساختمانی و عمرانی را تشکیل می‌دهد. بطوری‌که می‌توان گفت نقش اساسی بتن در ساخت‌وسازها هر روز بیش از گذشته پررنگ‌تر می‌شود. از کشف پایه اصلی بتن که سیمان باشد حدود ۲۰۰ سال می‌گذرد آگاهی از خصوصیات و جزئیات رفتاری و اجرایی بتن بر دست اندرکاران صنعت ساخت‌وساز امری لازم محسوب می‌گردد زیرا امروزه پروژه ساختمانی را نمی‌توان یافت که بتن در آن بکار نرفته باشد. شناخت رفتار و خصوصیات بتن طی این سال‌ها باعث پیشرفت‌هایی در فناوری بتن، طراحی و اجرای آن شده است بطوری‌که یکی از این فناوری‌ها استفاده از انواع الیاف در بتن است که به بتن الیافی معروف است.

تاریخچه بتن الیافی:

اگر چه کاربرد الیاف در مصالح ساختمانی با عملکرد کششی ضعیف به هزاران سال پیش بر می‌گردد نظیر استفاده از کاه‌گل در مصالح سنتی ایرانی ولی قدمت بکار گرفتن الیاف در بتن به کم‌تر از نیم قرن پیش بر می‌گردد. درحالی‌که نخستین کاربرد الیاف به صورت نوین به شکل سیمان پرتلند تقویت‌شده با آزرست بود.

بتن الیافی:

طبق تعریف انجمن بتن آمریکا (ACI) بتن مسلح با الیاف یا بتن الیافی؛ بتنی است که با سیمان هیدرولیکی، آب، شن و ماسه و الیاف مجزا و غیر پیوسته ساخته شود.

مطابق گزارش ACI هدف و کاربرد بتن الیافی برای اعضای سازه‌ای نظیر تیرها و ستون‌ها که مقاطع دارای میلگرد می‌باشند تحمل کل بار کششی بر عهده میلگردها می‌باشد و بتن الیافی نقش مکمل را دارا می‌باشد که در نتیجه استفاده از بتن الیافی از ترک‌خوردگی بتن جلوگیری می‌نماید. برای اعضای غیر سازه‌ای نظیر کف‌پوش‌های بتنی و یا بتن شاتکریت، الیاف بکار برده شده باعث بهبود مقاومت خمشی، افزایش مقاومت کششی، جلوگیری از توسعه ترک-خوردگی می‌شود. بدین ترتیب در مقایسه با بتن بدون الیاف امکان تغییر شکل‌های بزرگتری فراهم می‌شود.

مشخصات الیاف:

الیاف از نظر شکل به صورت صاف، موجدار، خم شده (قلابداری) مقطع گرد و استخوانی می‌باشند و از نظر جنس به صورت الیاف شیشه‌ای (GFRP)، الیاف کربنی (CFRP)، الیاف آرامید (AFRP)، پلی پروپیلن (PP)، الیاف فلزی و الیاف آزرست و ... تولید می‌شوند.

الیاف فولادی گرد، قطرهای متفاوتی از ۰.۲۵ تا ۰.۷۵ میلی‌متر دارند. ضخامت تقریبی الیاف فولادی تخت در حدود ۰.۲۵ تا ۰.۹ میلی‌متر است.

کاربرد بتن الیافی:

یکی از الیاف‌های مورد استفاده در بتن آرمه الیاف پلیمری (الیاف پلی پروپیلن) است این الیاف از منابع پتروشیمی تهیه می‌شود از مزایای مهم آن نسبت به الیاف فولادی پدیده خستگی می‌باشد. فولاد معمولاً در اثر گسترش ترک به طور نگرهانی گسیخته می‌شود ولی مواد مرکب پلیمری در اثر پارگی الیاف بسیار کند گسیخته می‌شود.

از دیگر مزایای الیاف پلیمری مقاوم بودن آن به حملات شیمیایی بوده و دارای نقطه ذوب بالای ۱۶۵ درجه سانتیگراد است. از آنجا که این الیاف هیدروفوبیک هستند می‌توان آن‌ها را به راحتی مخلوط کرده و به طور مساوی در بتن توزیع نمود بدون اینکه در هم جمع شوند.



الیاف پلی پروپیلن

بشترین کاربردهای بتن مسلح به الیاف به ویژه الیاف فولادی در سال‌های اخیر در سازه‌های مختلف چون روسازی راهها و فرودگاه‌ها، پارکینگ‌ها، کف‌های صنعتی برای مقابله با سایش و پل‌سازی به عنوان روکش یا لایه محافظ استفاده می‌شود. در ساخت پوشش تونل‌ها بتن الیافی با پاشیدن بر جداره دیوار جهت حذف ترک‌ها و کامل نمودن مقطع تونل استفاده می‌گردد. معمولاً الیاف مصرفی در بتن پاشی از نوع فلزی یا پلیمری می‌باشند. از بتن پاشی جهت پایداری شیب‌ها، تعمیر و یا بازسازی سازه‌های دریایی نیز استفاده می‌شود.

معمولاً الیاف با سطح مقطع گرد و قطر کوچک بیشتر از الیاف با سطح مقطع گرد و قطر بزرگتر بازدهی دارند. این امر به این خاطر است که الیاف دسته اول سطح بیشتری در واحد حجم را دارا می‌باشند. بنابراین هر چه سطح تماس الیاف بیشتر باشد بازده چسبندگی آن‌ها بیشتر و الیاف به حداکثر مقاومت کششی خود نزدیکتر می‌شوند.



بتن مسلح به الیاف فولادی

مزایای بتن الیافی :

- قابلیت شکل‌پذیری بتن الیافی همانند خواص مواد پلاستیکی بوده و باعث می‌شود بتن الیافی گسیختگی ناگهانی نداشته باشد. از آنجاکه الیاف فولادی در جسم بتن در همه جهات پراکنده می‌شود در صورت تشکیل یک ترک الیاف اتصالاتی را به وجود آورده و از گسترش ترک جلوگیری می‌کنند.

- یکی از مشخصات مهم بتن الیافی خاصیت جذب انرژی، شکل‌پذیری و مقاومت آن در مقابل ضربه است. به عبارتی الیاف، مقاومت ضربه‌ای را افزایش داده، توسعه و انتشار ترک را محدود کرده و موجب افزایش شکل‌پذیری می‌شود.

- از مشخصات دیگر بتن الیافی افزایش مقاومت خمشی و به خصوص کنترل توسعه ترک خوردگی است. برای بتن ساخته شده با ۱ تا ۲ درصد حجمی الیاف فولادی یا شیشه‌ای، افزایش مقاومت خمشی به ترتیب تا ۲ و ۳ برابر می‌شود.

- مقاومت در مقابل تورق و سایش، مقاومت در مقابل تنش‌های خستگی، قابلیت کششی و ظرفیت زیاد تغییر شکل از دیگر خصوصیات بتن الیافی می‌باشد.



ساخت بتن الیافی:

برای اختلاط مصالح از همان تجهیزات بتن معمولی استفاده می‌شود لیکن باید توزیع الیاف در مخلوط یکنواخت باشد تا از عارضه جداسازی یا گلوله‌شدن الیاف جلوگیری شود. الیاف شیشه‌ای کمتر تمایل به گلوله‌شدن دارند لذا با دست نیز می‌توان آن را به مخلوط‌کن اضافه نمود. عمل اختلاط مصالح بهتر است به صورت خشک انجام شود سپس آب به مخلوط اضافه شود. بتن‌های الیافی به وبیره بیشتری برای خروج هوای محبوس و تراکم لازم نیاز دارند.

افزودن هر نوع الیاف به بتن ساده از کارایی آن می‌کاهد لذا مقدار الیاف شیشه‌ای به حدود ۵ الی ۶ درصد وزنی و الیاف فولادی در بتن به حدود ۲ درصد حجمی محدود می‌شود تا شاهد پدیده گلوله‌شدن الیاف و کاهش کارایی نباشیم.

نسبت طول به قطر الیاف تاثیر قابل توجهی در عملکرد بتن الیافی دارد. هرچه این نسبت بزرگتر باشد مقاومت خمشی آن افزایش یافته و ترک خوردگی بهتر کنترل می‌شود. با این وجود اگر این نسبت بزرگ باشد پدیده گلوله شدن الیاف رخ داده و کارایی بتن به شدت افت می‌کند به همین جهت معمولاً نسبت طول به قطر الیاف حداکثر به ۱۰۰ محدود می‌گردد.

در پایان یادآور می‌شود به این بتن نوپا که دارای کاربردهای فراوان است توجه بیشتری معطوف شود و الیاف مختلف اعم از مصنوعی مانند الیاف پلی‌پروپیلن و فولادی به شکل مطلوب و با کیفیت مناسب ساخته شوند. سرمایه‌گذاری و تشویق صنعت پتروشیمی به ساخت الیاف مصنوعی و صنعت فولاد به ساخت الیاف فولادی می‌تواند در این مسیر راه‌گشا باشد.

منابع:

- ۱- ضوابط و جزییات اجرای ساختمان‌های بتن آرمه، حمیدرضا فرشچی، انتشارات فرشچی
- ۲- اجرای ساختمان‌های بتن آرمه، علیرضا رهایی، سعید نعمتی، انتشارات فدک ایستاتیس

ITC

مرکز ملی تربیت مربی
و پژوهش‌های فنی و حرفه‌ای



ITC

مرکز ملی تربیت مربی
و پژوهش‌های فنی و حرفه‌ای

تابستان ۱۴۰۲