

تأثیر مواد الیاف فولادی بر مقاومت کششی بتن

هادی پورتقی^۱، حامد نجفی کشایه^۲

Hadi_pourttaghi@yahoo.com، موسسه آموزش عالی رحمان رامسر،

hamed.najafi5508@gmail.com، موسسه آموزش عالی رحمان رامسر،

چکیده

بتن الیافی به‌عنوان یک گام مؤثر در جلوگیری از انتشار ریزترک‌ها و ترک‌ها و جبران ضعف مقاومت کششی بتن محسوب می‌شود. پس از ترک خوردگی بتن، الیاف سبب پل زدن در ترک‌ها می‌شوند. افزودن 1% الیاف بهترین حالت و بهینه ترین حالت افزایش الیاف می‌باشد. هدف از مسلح نمودن بتن به الیاف، افزایش مقاومت کششی، جلوگیری از توسعه ترک‌ها و انتقال تنش در عرض مقطع یک ترک می‌باشد. همچنین مسلح نمودن بتن به الیاف، مقاومت ضربه‌ای و مقاومت خستگی را بهبود می‌بخشد و انقباض را کاهش می‌دهد.

واژه های کلیدی

الیاف فولادی، ترک خوردگی بتن، مقاومت کششی بتن.

مقدمه

ایده اضافه کردن الیاف به مخلوطهای ترد و شکننده که در مقابل کشش توان ناپیزی دارند، از زمانهای قدیم وجود داشته است [1]. بررسی‌ها نشان می‌دهند که تفکر استفاده از الیاف از روزگاران باستان وجود داشته است. مصریان قدیم از گاه برای مسلح کردن آجرهای گلی استفاده می‌کردند. همچنین الیاف پنبه نسوز برای مسلح کردن رس در ۵۰۰۰ سال پیش استفاده می‌شده است. علاوه بر این از موی اسب نیز برای تسلیح استفاده می‌شده است [2]. علیرغم اینکه تکنولوژی بتن الیافی در ایران کمتر شناخته شده است امروزه در دنیا انواع بسیار متنوعی از الیاف برای کاربردهای گوناگون در بتن وجود دارد که یکی از پر کاربردترین آنها، الیاف فولادی می‌باشد. اولین تلاش اصلی برای مسلح کردن بتن بوسیله جاگذاری الیافهای فولادی توسط Ramualdi و Baston در اوایل دهه ۱۹۶۰ در کشور آمریکا صورت گرفت. بعد از آن، تحقیقات و کاربردهای صنعتی بسیار زیادی درباره بتن مسلح با الیاف فولادی انجام گرفته است [3]. الیاف فولادی دارای مدول الاستیسیته و کرنش شکست بالایی بوده که با توجه به قابلیت شکل پذیری مناسب و مقاومت کششی بالا از مناسب ترین و اقتصادی ترین نوع الیاف به حساب می‌آید. این نوع الیاف به اشکال ظاهری گوناگون مستقیم، انتهای قلاب دار، دنداندار و جهت بهبود رفتار بتن قابل ساخت است و همچنین اختلاط آنها با دیگر مواد بتن به سهولت انجام پذیر است [4].

پیشینه ی پژوهش

Joseph Lambot در سال ۱۸۴۷ پیشنهاد کرد که با اضافه کردن الیاف پیوسته به شکل سیم به بتن یک ماده ساختمانی جدیدی می‌توان تولید کرد. او با اضافه کردن گل میخ (nail) به بتن، افزایش مقاومت کششی و خردشدگی بتن را بدست آورد [5]. در سال ۱۹۳۹، Zitkevic یک روش برای بهبود رفتار بتن مسلح یافت. او از الیافهای سیم آهنی تقریباً به طول 100mm و قطر 1mm که به الیاف فولادی مورد استفاده در بتن امروزی بسیار شبیه بود استفاده کرد و نتیجه گرفت که مقاومت‌های فشاری، کششی و برشی افزایش می‌یابند [6]. از اوایل دهه ۱۹۶۰ تا کنون تحقیقات متعددی در زمینه بتن مسلح به الیاف فولادی صورت گرفته است.

L A Qureshi و همکاران. خواص بتن با مقاومت بالا را با افزودن الیاف فولادی بررسی کردند. نتایج آزمایش نشان داد که با افزایش الیاف فولادی، مقاومت کششی به صورت خطی افزایش می‌یابد و سرعت افزایش در ۷ روز اول بیشتر می‌باشد [7].

بتن الیافی به‌عنوان یک گام مؤثر در جلوگیری از انتشار ریزترک‌ها و ترک‌ها و جبران ضعف مقاومت کششی بتن محسوب می‌شود. پس از ترک خوردگی بتن، الیاف سبب پل زدن در ترک‌ها می‌شوند. Sheng و همکاران طی تحقیقی به بررسی اثر الیاف فولادی بر بتن و کاربرد آن در صنعت تونل پرداخته‌اند [8]. وی نمونه‌های بتنی را با درصدهای مختلف این الیاف ترکیب کرده و با توجه به مقاومت فشاری و ابعاد اقتصادی و توجه به این موضوع که شیب افزایش مقاومت در بازه افزودن الیاف به میزان 0/5% تا 1% بیشتر از بازه 0 تا 0/5% و بازه 1% تا 1/5% بوده است، به این نتیجه رسیده است که افزودن 1% الیاف بهترین حالت و بهینه ترین حالت افزایش الیاف می‌باشد. طبق آزمایشها، نیروی شکست بتن برای بازه 0/5% تا 1% بین 20% تا 70% افزایش داشته است.

انواع الیاف ها

افزودن الیاف جهت جلوگیری از ترک خوردگی و انقباض ایده جدیدی نیست و شواهدی از کاربرد گاه و موی اسب و ... در هزاران سال قبل در گل و ساروج وجود دارد. با این حال استفاده از الیاف به منظور تقویت بتن از اوایل دهه ۱۹۶۰ میلادی شروع شده است. در آن زمان استفاده از الیاف فولادی مستقیم مورد توجه قرار گرفت. استفاده از الیاف پلیمری نیز از اواسط همین دهه در مقیاس