



بررسی تاثیر الیاف پلی پروپیلن بر روی استحکام و مقاومت حرارتی بتن

سیما حبیبی^{۱*}، حسین نیلفروش زاده^۲، سیاوش قربانی شبستری^۳

چکیده

بتن با مقاومت بالا دارای معایبی همچون شکنندگی و عدم مقاومت در برابر آتش سوزی می باشد. جهت رفع این نقیصه میتوان از الیاف پلی پروپیلن با توجه به خواص مطلوب و اقتصادی بودن آن استفاده کرد. استفاده از مقادیر معین از الیاف در مخلوط بتن بر خواص مکانیکی آن تاثیر نا مطلوب نخواهد داشت. در این تحقیق ، تاثیر الیاف پلی پروپیلن بر استحکام فشاری و مقاومت حرارتی بتن با مقاومت بالا بررسی شده است . الیاف پلی پروپیلن با طولهای مختلف (۶ و ۱۹ و ۱۲ میلی متر) و وزنه‌های مختلف (۰/۶ ، ۱/۳ ، ۲ و ۲/۷ کیلوگرم بر متر مکعب) در بتن مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که استحکام و مقاومت حرارتی با استفاده از الیاف پلی پروپیلن افزایش یافته است.

کلمات کلیدی: الیاف پلی پروپیلن، بتن با استحکام بالا، استحکام فشاری ، مقاومت حرارتی

Abstract

High strength concrete has some poor performances in case of ductility and fire resistance. Use of polypropylene (PP) fibers is efficient in order to overcome these problems ,mainly due to excellent properties and low cost. The use of certain amount of fibers in concrete mixture does not influence the main mechanical properties of high strength concretes, but lead assuredly to ductile fracture of such brittle concrete. In this study the effect of PP fibers have been investigated on compressive strength and thermal resistance high strength concrete samples. Different length (6,12,19mm) and weight(0.6,1.3 ,2 and 2.7 kg/m³) of PP fibers were used in concrete. The results show that introducing PP fiber into concrete will cause improvement in compressive strength and thermal resistance of samples.

Keywords: Polypropylene fiber, high strength concrete, compressive strength, thermal resistance

۱. گروه مهندسی نساجی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری، تهران، ایران. مسئول مکاتبات: S.habibi@iausr.ac.ir

۲. دانش آموخته و کارشناس ارشد نساجی، گروه مهندسی نساجی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران.

۳. دانش آموخته و کارشناس نساجی، گروه مهندسی نساجی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری، تهران، ایران.

۱. مقدمه

از جمله محاسن بتنهای مسلح و دارای مقاومت بالا، بهبود خواص مکانیکی و کاهش نفوذپذیری، مقاومت شیمیایی بالا در برابر عوامل مخرب و مقاومت در برابر ضربه های مکانیکی شدید می باشد. در کنار محاسن یاد شده، شکنندگی و مقاومت کم در برابر حرارت و آتش از معایب بارز این گونه بتنها محسوب می شود. از آنجایی که مقاومت و نرمی، دارای نسبت عکس می باشند، بتنهای با استحکام بالا از بتنهای معمولی شکننده ترند [۱].

قسمت الاستیک خطی پیش از پیک منحنی تنش- کرنش در بتن با استحکام بالای تقویت نشده، به مقدار زیادی افزایش می یابد. پس از رسیدن به پیک بار، منحنی تنش - کرنش شدیداً افت می کند که نشانگر وجود مناسط شکننده می باشد. انرژی جذب شده در فاز الاستیک صرف ایجاد ترک و پخش شدن ترکها نمی شود، در نتیجه رشد ثابت ترک که منجر به شکست بتن می شود اتفاق نمی افتد. این امر شکست ناگهانی و شدید بتن را به همراه خواهد داشت.

به علاوه، نفوذ پذیری بسیار کم بتنهای با استحکام بالا مشکلاتی را به همراه خواهد داشت که از جمله آن می توان به مقاومت در برابر آتش اشاره کرد. به هنگام آتش سوزی، دمای بتن به سرعت افزایش می یابد. به علت وجود تعداد اندک روزنه های موئین، آب که هنوز در بتن هیدراته نشده، در فضای داخل بتن محبوس می شود. بدین ترتیب فشار بخار آب تولید شده از روزنه های موئین خارج نمی شود و منجر به تنش کششی داخلی شده، بدین ترتیب در سطح بتن ترک ایجاد خواهد شد. حتی مولکولهای آبی که درگیر پیوند شیمیایی هستند نیز می توانند بخار شوند.

جهت مقابله کردن با این مشکلات، از الیاف پلی پروپیلن با توجه به خواص ویژه وارزان بودن آن استفاده می شود.

الیاف پلی پروپیلن باعث کاهش شکنندگی و افزایش مقاومت در برابر آتش خواهند شد. الیاف پلی پروپیلن در دمای ۱۶۰ درجه سانتیگراد ذوب می شوند و در نتیجه به هنگام آتش سوزی کانالهایی را در بتن ایجاد می کنند. بدین ترتیب مایعات و بخار آب امکان خروج از داخل بتن را پیدا می کنند و فشار داخلی کاهش می یابد.

بدین ترتیب از ورقه شدن سطح بتن جلوگیری به عمل می آید. چنانچه گاز در ساختار داخلی بتن محبوس شود، تنش کششی داخلی در دمای ۳۰۰ درجه سانتی گراد حدود 8 N/mm^3 خواهد شد. در دمای ۳۵۰ درجه سانتی گراد، این مقدار دو برابر خواهد شد. [۲].

پلی پروپیلن از خانواده پلی اولفینهاست. الیاف پلی پروپیلن آبدوست نبوده در نتیجه آب جذب نمی کنند و مخرب نیز نیستند. علاوه بر آن این دسته از الیاف در برابر قلیایی ها و مواد شیمیایی و کلرید مقاوم هستند و خاصیت انتقال حرارتی

کمی دارند. با توجه به این خصوصیات الیاف پلی پروپیلن نیاز به آب بتن تازه ندارند و مزاحمتی برای ترکیب سیمان با آب ایجاد نمی کنند.

الیاف پلی پروپیلن فیبریله از طریق کشیدن و بسط دادن فیلم پلاستیکی تهیه می شوند و پس از آن به صورت رشته جدا شده، به اندازه های لازم بریده می شوند. الیاف فیبریله تجاری موجود در محدوده طولی حدود ۶/۵ تا ۶۳/۵ میلیمتر هستند.

۲. مواد و آزمایشات

۱،۲. تهیه نمونه

آزمایشات در کارخانه پاکدشت بتن انجام شد. سیمان مصرفی از نوع پورتلند نوع ۱ و عیار آن ۳۵۰ و مقیاس ساخت نمونه ۴٪ می باشد. ماده روان کننده مصرفی با نام Conplast RP264M از شرکت فاسروک و الیاف از شرکت تولید الیاف پلی پروپیلن تهیه شد. نمونه ها به صورت مکعبهایی به ابعاد ۲۵۰ میلیمتر و طول الیاف مصرفی ۶، ۱۲ و ۱۹ میلی متر و میزان الیاف مصرفی ۰/۶، ۱/۳، ۲ و ۲/۷ کیلو گرم بر متر مکعب می باشد. اسلامپ اولیه بدون افزودن الیاف و ماده روان کننده ۴۰ تا ۵۰ میلی متر بود. مدت زمان دهی جهت خشک شدن بتن ۷ و ۲۸ روز بود. جهت تست حرارتی نمونه های حاوی ۱۲ میلی متر و وزنهای مختلف الیاف در کوره ۴۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۸ ساعت قرار داده شدند. پس از آن تستهای استحکام فشاری بر روی آنها انجام گرفت.

۲،۲. روش آزمایش

پس از آنکه نمونه ها با در صد های مختلف وزنی و طولی از الیاف پلی پروپیلن تهیه شد آزمایشات مربوط به مقاومت فشاری بر روی آنها صورت گرفت. جهت بررسی مقاومت فشاری از جک هیدرولیک کارخانه پاکدشت بتن استفاده شد که دارای قابلیت اعمال نیرو تا حداکثر 180000 Kgf/cm^2 را دارا می باشد.

۳. نتایج و مباحث

۱،۳. بررسی استحکام بتن

هر چه نسبت آب به سیمان کمتر باشد بتن کارآمدتر است. این نسبت را می توان با استفاده از روان کننده های مناسب به حداقل رساند. اسلامپ پارامتر مهمی برای تخمین کارآمدی بتن تازه می باشد. با استفاده از الیاف پلی پروپیلن مقادیر اسلامپ را می توان کاهش داد.

مخلوط بتن تازه بسیار چسبنده است. در حین فرایند اختلاط، حرکات برشی مواد سازنده بتن باعث جدا شدن الیاف دسته ای از یکدیگر شده، شبکه ای از تک فیلامنتهای مجزا تشکیل می دهد. الیاف به علت سطح مخصوص زیادشان خواص مکانیکی سیمان را بهبود می بخشند. خوشه الیاف با خمیر سیمان، بدون فشردگی و سخت شدن در مخلوط شکل می گیرد. تمرکز نا همگن مواد در مخلوط، به جدا شدن ذرات از هم کمک می کند، همزمان پدیده خروج آب از مخلوط نیز رخ می دهد.

تمام این موارد منجر به کاهش اسلامپ می شود. چنانچه پدیده خروج آب از مخلوط رخ دهد، مواد تشکیل دهنده سیمان نیز به سطح بتن خواهند آمد. بدین ترتیب لایه ای رقیق از سیمان به روی سطح شکل می گیرد که عامل تشکیل ترکهای ریز خواهند شد. در بتن حاوی الیاف پلی پروپیلن این پدیده کمتر صورت می گیرد. زیرا الیاف، بتن را جمع می کنند و نشست ذرات سازنده بتن را به تعویق می اندازد.

ته نشین شدن الیاف و یا به روی سطح آمدن آنها در بتن تازه مطلوب نیست. از آنجاییکه الیاف دارای مقاومت کششی بالایی هستند، کاربرد الیاف در بتن باعث افزایش استحکام کششی بتن می شود. چنانچه بتن در معرض تنش کششی قرار گیرد الیاف این تنش را پخش می کنند. همچنین الیاف از رشد ترکها جلوگیری می کنند. چنانچه ترکی نیز شکل گیرد الیاف همچون پلی از گسترش ترک جلوگیری می کنند. لازم به ذکر است با توجه به کاهش نرخ خروج آب از بتن حاوی الیاف زمان بیشتری برای خشک شدن نهایی نیاز خواهد بود. [۳ و ۴].

۲،۳. تاثیر الیاف پلی پروپیلن بر خواص بتن سخت شده

محاسن استفاده از الیاف پلی پروپیلن که منجر به تهیه بتن با استحکام بالا با خواص مکانیکی مطلوب می شود به شرح

زیر است:

- * الیاف نقش تقویت کننده در مقیاس میکرو را در بتن ایفا می کنند. لذا خواص مکانیکی بتن بیشتر تقویت خواهد شد.
- * الیاف با توجه به استحکام کششی زیادشان از تشکیل و پیشرفت ترکها جلوگیری به عمل می آورند و با نگهداشتن ماتریس سیمانی و یا تشکیل پل ما بین ترکها مانع انتشار آنها می شوند. در نتیجه طول و ضخامت ترک رشد نمی کند.
- * کرنش نهایی زیاد الیاف، بتن را قادر می سازد تا در برابر تغییر شکل‌های زیاد، بدون فرو ریختن ساختار مقاومت کند.

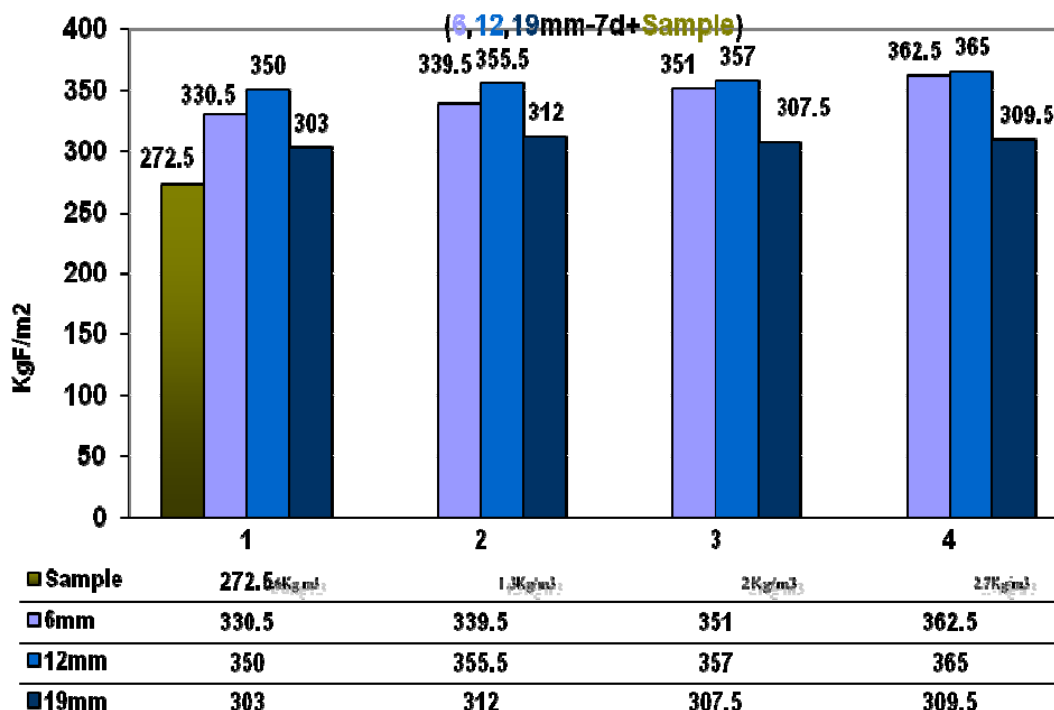
استفاده از الیاف در بتن با استحکام بالا معایبی نیز به شرح زیر به همراه دارد:

* با توجه به مدول الاستیک کمتر الیاف نسبت به ماتریس سیمانی، الیاف خود، آغازگر تشکیل میکرو ترکها خواهند شد. از این رو پیوندهای مکانیکی شکل گرفته با ماتریس سیمانی کم است. در نتیجه نه تنها حداکثر استحکام افزایش نمی یابد، بلکه خود عاملی برای تشکیل ترک و تخریب خواهد شد.

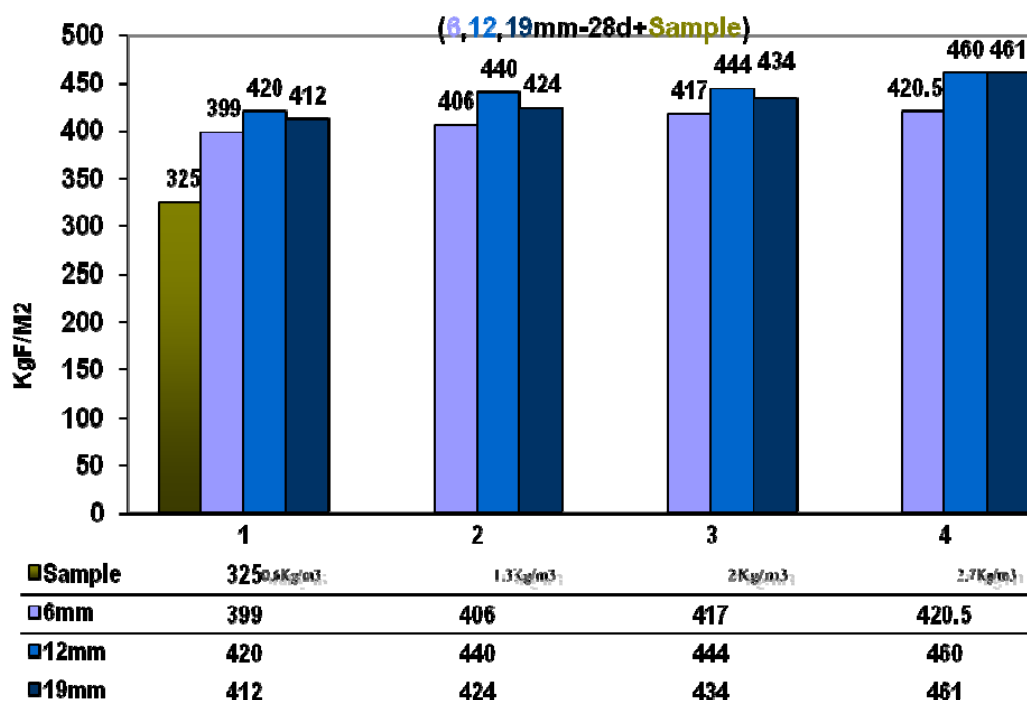
* الیاف با تشکیل معایبی در مقیاس میکرو در ماتریس سیمانی باعث افزایش حجم روزه ها خواهند شد. [۵]

نتایج حاصل از آزمایشات انجام شده حاکی از آن است که با افزایش درصد وزنی الیاف مصرفی، مقاومت فشاری افزایش می یابد.

در نمونه هایی که طول الیاف ۱۲ میلیمتر است نسبت به ۶ میلیمتر و ۱۹ میلیمتر مقاومت فشاری بیشتر است. چنانچه طول الیاف ۱۲ میلیمتر باشد در اثر افزایش طول الیاف از پیشرفت ترکها جلوگیری می شود چراکه الیاف نقش پل نگهدارنده را خواهند داشت. در حالیکه با افزایش طول به ۱۹ میلیمتر در اثر افزایش بیش از حد طول حفره های بیشتری در بتن ایجاد شده، شکل گیری ترکها تسهیل می شود. بدیهی است که مقاومت فشاری بتنهای ۲۸ روزه از نمونه های ۷ روزه بیشتر است. (شکل های ۱ و ۲)



شکل ۱. مقاومت فشاری بتن ۷ روزه



شکل ۲. مقاومت فشاری بتن ۲۸ روزه

همانگونه که در اشکال ۳ و ۴ مشهود است، نمونه بتنی فاقد الیاف پس از اعمال نیرو کاملاً تخریب شده است در حالیکه نمونه حاوی الیاف در اثر اعمال نیروی مشابه شکل خود را حفظ کرده و تخریب نشده است. با توجه به شکل ۴ در بتن حاوی الیاف به جای فروریختن ساختار، ترکهایی در راستای محور اعمال نیرو ایجاد شده است که در تمام نمونه بتنی تقریباً یکنواخت پخش شده است.



شکل ۳. شکست بتن با استحکام بالا فاقد الیاف



شکل ۴. شکست بتن با استحکام بالا حاوی الیاف

۳,۳. بررسی مقاومت حرارتی

نمونه های بتن الیافی تهیه شده با طول ثابت ۱۹ میلیمتر و در اوزان مختلف از الیاف در کوره ۴۵۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. ذوب شدن الیاف در اثر حرارت، مسیری را برای خروج بخار آب ایجاد می کند. در نتیجه از ریزش سازه در اثر حبس بخار آب در داخل ساختار بتن و خروج با فشار آن در هنگام آتش سوزیها جلوگیری به عمل می آید. شکل ۵ حفره های ایجاد شده بر روی سطح بتن پس از خروج بخار آب را نشان می دهد.

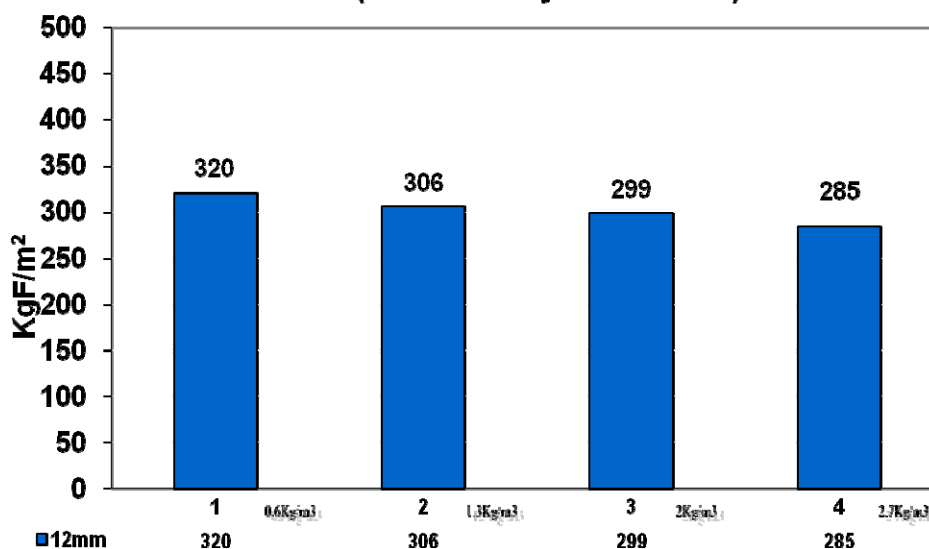


شکل ۵. حفره های ایجاد شده بر سطح بتن در اثر خروج بخار آب

آزمایشات مقاومت فشاری بر روی نمونه های تحت عملیات حرارتی قرار گرفته، حاکی از آن است که همچنان استحکام

فشاری مطلوب می باشد. (شکل ۶)

(12mm-28days Heat Test)



شکل ۶. مقاومت فشاری نمونه های حرارتی

۴. نتیجه گیری

با توجه به خواص مطلوب و صرفه اقتصادی الیاف پلی پروپیلن اخیراً استفاده از این الیاف جهت رفع برخی نواقص بتن با استحکام بالا- شکنندگی و عدم مقاومت در برابر آتش - پیشنهاد می شود. در ضمن افزودن مقادیر اندک وزنی از الیاف پلی پروپیلن به بتن بهبود خواص مکانیکی آن را به همراه دارد. با توجه به استحکام کششی بالای این دسته از الیاف می توان ظرفیت بتن را با گذشت زمان بهبود بخشید و از تغییرات حجمی جلوگیری کرد. همچنین الیاف از پیشرفت ترکها جلوگیری به عمل آورده، همچون پلی در برابر انتشار آنها مقاومت می کنند. با افزودن الیاف به مخلوط بتن اسلامپ کم می شود. الیاف دارای سطح مخصوص بالایی بوده ، باعث تقویت مکانیکی خمیرهٔ سیمان می شوند و بتن را نگه می دارند.

با افزودن الیاف مقاومت فشاری بتن افزایش می یابد و با بیشتر شدن نسبت وزنی الیاف این مقدار بیشتر می شود بطوریکه در نمونه ای که حاوی ۲/۷ کیلوگرم بر مترمکعب الیاف است حدود ۴۰٪ مقاومت فشاری افزایش یافته است.

علاوه بر وزن ، طول الیاف نیز بر استحکام فشاری تاثیر گذار است. در اوزان یکسان از الیاف افزایش طول از ۶ میلی متر به ۱۲ میلی متر افزایش استحکام فشاری را به همراه دارد . الیاف مانند پلی از انتشار ترک و شکست بتن جلوگیری می کنند. که با افزایش طول این امر بهتر صورت می گیرد. اما چنانچه طول الیاف ۱۹ میلی متر باشد ، مقاومت فشاری افت

خواهد کرد که به دلیل حفره های ایجاد شده در بتن توسط لیف می باشد که این حفره ها به عنوان نقاط ضعف بتن عمل کرده ، باعث ترک خوردن بتن می شود.

حضور الیاف در بتن باعث بهبود مقاومت حرارتی و عدم ریزش سازه به علت فشار بخار آب به هنگام آتش سوزی می

گردد.

۵. منابع

- [1] J. Walraven., Structural concrete., no. 1., pp.3-11., 1991.
- [2] Y. Ma., Materials and Structures., Vol.35., pp.165-169., 2002.
- [3] T.Budi Aulia ., LACER .,no.7., 2002.
- [4] W.R. Malisch., Concrete Construction., no.5., pp: 8-11., 1986.
- [5] K. Deutschmann, A.Sicker., LACER., no.3., pp.175-184., 1998.