فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص ۱۸-۱
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

عنوان مقاله: بررسی تاثیر نانوسیلیس بر خواص مکانیکی و دوام بتن‌های حاوی الیاف پلی‌پروپیلن
دوره ۲ / شماره ۱ / بهار ۱۳۹۷/ ص ۱۸-۱

بررسی تاثیر نانوسیلیس بر خواص مکانیکی و دوام بتن‌های حاوی الیاف پلی‌پروپیلن

مهدی مقصودلو
مسئول عمران وشهرسازی شهرداری

چکیده

در این پژوهش اثر نانوسیلیس بر روی خواص مکانیکی و دوام بتن حاوی الیاف پلی‌پروپیلن بررسی شد. الیاف پلی‌پروپیلن مصرفی به طول ۱۸ mm و نسبت طول به قطر ۰/۹ µm استفاده گردید. تاثیر الیاف و نانوسیلیس در سه درصد مختلف برای هر کدام در نسبتهای ۰/۱ ، ۰/۲ و ۰/۳ درصد برای الیاف و۲ ، ۴ و ۶ درصد برای نانوسیلیس روی بتن با نسبت آب به سیمان ۰/۳۸ مورد مقایسه و بررسی قرار گرفت. در مجموع بیش از ۱۹۲ نمونه مکعبی و استوانه‌ای براساس استانداردهای ASTM ساخته شد و آزمایش‌های مقاومت فشاری، مقاومت کششی غیرمستقیم، آزمایش التراسونیک و مقاومت الکتریکی روی نمونه‌ها انجام پذیرفت. نتایج حاصل از آزمایشات بیانگر افزایش قابل توجهی در مشخصات مکانیکی و دوام بتن بود. مقاومت فشاری تا ۵۵ درصد و مقاومت کششی تا ۲۵ درصد افزایش یافت. افزایش چشم‌گیر مقاومت الکتریکی نیز نشان از دوام بالای این نوع بتن داشت.

واژگان کلیدی: نانوسیلیس، خواص مکانیکی، الیاف پلی‌پروپیلن

ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

مقدمه

امروزه بتن به عنوان یکی از پرمصرفترین مصالح جهان و به عنوان ماده ساختمانی قرن بیست و یکم شناخته شده است. ساخت این ماده مرکب با استفاده از ارزانترین و در دسترس‌ترین مواد ساده از یک سو، انعطاف‌پذیری، خواص مقاومتی و دوام آن از سوی دیگر و نیز استفاده از موادی در ساخت آن که به پاکسازی و کاهش آلودگی محیط زیست کمک می‌نماید موجب آن شده است که بتن به عنوان مصالح ممتاز مطرح شود[۱]. بتن ماده ای است که دارای مقاومت زیاد در فشار بوده و از این رو استفاده از آن برای قطعات تحت فشار مانند ستونها و قوسها بسیار مناسب است. لیکن علیرغم مقاومت فشاری قابل توجه، مقاومت کششی کم و شکنندگی نسبتاً زیاد بتن استفاده از آن را برای قطعاتی که تماماً یا به طور موضعی تحت کشش هستند را محدود مینماید[۲]. این عیب اساسی بتن در عمل با مسلح کردن آن با استقرار آرماتورهای فولادی در جهت نیروهای کششی برطرف می‌گردد. شایان ذکر است که در موارد متعددی جهت این نیروهای کششی به طور دقیق معلوم نیست. همچنین با توجه به اینکه آرماتور بخش کوچکی از مقطع را تشکیل می‌دهد، تصور اینکه مقطع بتن یک مقطع همگن و ایزوتروپ باشد صحیح نخواهد بود. به منظور ایجاد شرایط ایزوتروپی و کاهش ضعف شکنندگی و تردی بتن تا حد ممکن در چند دهه اخیر استفاده از الیاف نازک و نسبتاً طویل که در تمام حجم بتن پراکنده می‌شود متداول شده است[۳].مساله دیگری که اخیراً مورد توجه دانشمندان علم بتن قرار گرفته است استفاده از نانومواد در بتن بوده است. محققان با آزمایشات مختلف به این نتیجه رسیدند که مشخصات بتن حاوی نانو مواد در مقایسه با بتن معمولی تحت تاثیر واکنش‌های شیمیایی نانومواد با ذرات سیمان و بلورهای هیدروکسید کلسیم موجود در سیمان، عملکرد ماده مرکب بتنی را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد[۴].

طبق تعریف ACI 544.1R-82 ، بتن ساخته شده از سیمان هیدرولیکی، آب، شن، ماسه و الیاف، بتن مسلح با الیاف یا بتن الیافی نامیده می‌شود. در بتن الیافی مانند بتن معمولی می‌توان از پوزولانها و دیگر مواد مضاعف استفاده کرد. الیاف در شکلها و اندازه های متفاوت، و از جنس فولاد، مواد پلیمری، شیشه و مواد طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۵].

آیین نامه‌های معتبر بتن الیافی

علاوه بر مطالعات و پژوهشهایی که بصورت مقالات معتبر در مجلات و یا کنفرانسها ارائه گردیده است. آیین نامه‌های بتن نیز بخشی از قسمتهای خود را به بتن الیافی اختصاص داده‌اند. از جمله این آیین نامه‌ها، آیین نامه ACI (انجمن بتن آمریکا) می-باشد که با معرفی کمیته‌ای جداگانه به نام ACI-544 به بررسی مسائل بتن الیافی پرداخته است. این کمیته اولین گزارش را در سال ۱۹۷۳ ارائه نمود و تاکنون این کمیته با چهار گزارش کلی کار خود را افزایش داده است. گزارش های این کمیته با نامهای فرعی3R,2R,1R و 4R نامیده می‌شوند.

در گزارش ACI,544-1R که در سال ۱۹۹۶ ارائه گردید و در سال ۱۹۹۹ بازبینی شد، اطلاعات کاملی از انواع الیاف و خواص آنها و تاثیر آنها بر روی خواص مکانیکی بتن به علاوه آزمایش اندازه‌گیری طاقت بتن الیافی آمده است. در اصل این گزارش بیشتر به شناسایی انواع الیاف قابل کاربرد در بتن پرداخته و آنها را مقایسه کرده است[۶].

در گزارش ACI,544-2R که در سال ۱۹۸۹ ارائه گردید طریقه انجام آزمایشات و استانداردهای لازم آورده شده است و در مواردی همانند آزمایش ضربه و ... حتی طریقه ساخت دستگاه آزمایش نیز توضیح داده شده است[۷].

در گزارش ACI,544-3R که در سال ۱۹۹۸ ارائه گردید، در مورد طرح اختلاط و مصالح مناسب برای بتن الیافی توضیح داده شده است. در این گزارش روشی برای طرح اختلاط آورده نشده بلکه دو طرح اختلاط مثال زده شده و پیشنهاداتی برای بهتر شدن خواص بتن الیافی آورده شده است. به عنوان مثال هر چه سنگدانه ها در بتن الیافی کوچکتر باشند نقش الیاف در بتن اثرگذارتر خواهد بود و یا اینکه پیشنهاد گردیده که در بتن الیافی در صورت امکان از سیمان بیشتری استفاده گردد[۸].

در گزارش ACI,544-4R که در سال ۱۹۸۸ ارائه گردید. به روشهای طراحی با الیاف فولادی پرداخته شده است. البته نتایج این طراحی‌ها هنوز در ACI- 318 وارد نگردیده است[۹].

ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

از آیین‌نامه های دیگر، آیین‌نامه JSCE[1] ژاپن می‌باشد که روش اندازه‌گیری طاقت بتن الیافی که توسط این آیین‌نامه ارائه گردیده از اهمیت بالایی نزد محققین برخوردار است. در ضمن آیین‌نامه RILEM در اروپا نیز گزارشهایی در مورد بتن الیافی منتشر کرده است.[۱۰].

کاربردهای بتن الیافی

بتن مسلح به الیاف را می‌توان به تنهایی و یا به همراه بتن مسلح معمولی بکار برد. در مواردی که می‌توان بتن الیافی را به تنهایی بکار گرفت، عبارتند از:

- کف کارخانه ها، توقفگاهها، جایگاههای بنزین و سالنهای صنعتی
- روسازی بتنی بزرگراهها، جاده ها و فرودگاهها
- سازه های ضد انفجار و ضد حریق
- دیواره ها و کف کانالها
- قطعات پیش ساخته

در دیگر مواردی که می‌توان بتن مسلح معمولی و یا بتن پیش ساخته به کار برد:

- شالوده برای موتورها و ماشین‌آلات بزرگ، پرس‌های بزرگ، ژنراتورهای دیزلی
- قطعات مربوط به تونل‌سازی و حفاری معادن
- دیوارهای حفاظتی، پناهگاهها
- تیر های پیش‌تنیده بتنی شمع‌های ضربه‌گیر

موارد استفاده از فراورده‌های سیمانی تقویت شده با الیاف گوناگون در جدول ۱-۱ آورده شده است.

کاربردهای مهم بتن الیافی عبارتند از[۱۱]:

بتن پرتابی(شاتکریت)[۲]

یکی از کاربردهای مهم الیاف در بتن‌پاشی است، بتن‌پاشی معمولاً برای اجرای لایه‌های نازک مناسب است. به طور کلی بتن پاشی به دو روش خشک و تر قابل اجراست. در روش خشک پس از اختلاط مصالح خشک، در حین عبور افشانک آب مورد نیاز اضافه می‌گردد. در روش تر، مخلوط به طور کامل ساخته می‌شود و سپس در محفظه پمپ دستگاه بتن پاش قرار می‌گیرد و از طریق لوله به افشانک انتقال می‌یابد. در عمده شاتکریتهای بتن الیافی از روش خشک استفاده به عمل می‌آید. از روش تر نیز می-توان استفاده کرد، با این وجود توجه بیشتری جهت توزیع الیاف باید به عمل آید. بیشترین استفاده از بتن‌پاشی با الیاف در نگهداری زیرزمینها، بویژه دیواره تونلها و معادن، سازه های پوسته ای و تعمیرات سازه‌های دریایی و کانالهای آب می‌باشد [۱۲و۱۳].

دالهای روی بستر

دالهای روی بستر حاوی الیاف جهت جلوگیری از شکستهای ناشی از بارهای دینامیکی[۳]و متمرکز و ترکهای ناشی از بار و غیر آن (مانند حرارت و جمع شدگی) در کف سالنهای صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند و جایگزین دالهای مسلح به آرماتور در اکثر موارد می‌شوند. این دالها در روسازی جاده‌ها، پیاده‌روها، فرودگاهها و بویژه سالنهای صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. با استفاده از این نوع بتن(بتن الیافی) روسازی فرودگاهها را می توان ۲۵ تا ۴۰ درصد نازکتر از بتن غیر مسلح و با فاصله درزهای اجرایی بیشتر، اجرا کرد.خستگی خمشی عامل مهمی است که بر عملکرد روسازی اثر می‌گذارد. اطلاعات موجود نشان می‌دهد که الیاف، مقاومت بتن را بطور موضعی و کلی در برابر خستگی به نحو قابل ملاحظه‌ای افزایش میدهند[۱۲].

[1] Japan Society of Civil Engineering Standard
[1] Shotcrete
[1] Dynamic load

ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

جدول ۱. فرآورده های سیمانی تقویت شده با الیاف

شیشه	پانلهای پیش ساخته، دیوارنما، لوله‌های فاضلاب، سقف‌های پوسته‌ای بتنی
فولاد	بلوکهای سقفی، روکش جاده‌ها، کف پلها، سازه‌های مقاوم در برابر انفجار، پی ماشین‌آلات
پلی‌پروپیلن	شمعها، دالهای بتنی، سازه‌های دریایی، پوشش تونلها، سازه‌های تحت بارگذاری ضربه‌ای
آزبست	ورقه‌ها، لوله، صفحه‌ها، لوله‌های فاضلاب، ورقه‌های صاف یا موج‌دار
کربن	واحدهای موج دار جهت کف‌سازی، جداکننده‌های موج دار
کولار	همانند الیاف کربن
بامبو	صفحات ساختمانی (اجزای چوبی در ساختمانها)
پودر میکا	به عنوان ماده جایگزین آزبست در ورقه‌های سیمانی و لوله‌های بتنی
الیاف گیاهی	مواد ارزان قیمت جهت پوشش سقف و پانلهای نما

شکل ۱. یک نمونه شاتکریت با بتن الیافی با الیاف ۶ میلیمتری پلی‌پروپیلن[۱۴]

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص ۱۸-۱
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

شکل۲. یک نمونه دال پل که در کانزاس آمریکا با بتن الیافی ساخته شده است.

صنایع نظامی

از بتن مسلح به الیاف در برخی از کشورها در صنایع نظامی استفاده گسترده به عمل می‌آید. کاربردهای سازه ای آن استفاده از الیاف با و یا بدون تسلیح توسط آرماتورهای معمولی است که در قطعات دالها، دیوارها، کف، تیرها و ستونها انجام می‌گیرد. نتایج آزمایشها نشان داده است که این گونه قطعات در مقابل انفجار، پخش شدگی و پراکندگی بسیار کمتری در مقایسه با دالهای غیرمسلح به آرماتورهای معمولی ایجاد می‌کنند[۱۲].

کف سالنهای صنعتی

به علت خاصیت الیاف در افزایش مقاومت ضربه ای، بتن الیاف‌دار نسبت به بتن معمولی (حدود ۵ تا ۱۰ برابر)، توجه عمده‌ای در ساخت کف سالنهای صنعتی به الیاف معطوف است زیرا تخریب سریع سالنهای صنعتی، بر اثر بارهای دینامیکی و ضربه ماشین-آلات و قطعات سنگین، بزرگترین مشکل در این گونه سازه ها به شمار می‌رود. افزایش مقاومت ضربه‌ای، مقاومت بیشتری را در مقابل تورق و هوازدگی بتن به وجود می‌آورد[۱۱].

مزایا و معایب بتن الیافی

الیافی که به طور تصادفی در سرتاسر بتن پخش شده اند می توانند ترکها و افت های حاصل از جمع‌شدگی پلاستیک را بطور همزمان کنترل کنند. این مواد ترکیبی (بتن الیافی) مقاومت و ظرفیت جذب انرژی بالایی دارند. به طور کلی الیاف نمی‌توانند جایگزین خوبی برای آرماتورهای مرسوم مورد استفاده در سازه های باربر همانند تیرها و ستونها باشند. الیاف و آرماتور هر کدام نقش خود را در تکنولوژی بتن دارند و نمی‌توانند جایگزین یکدیگر شوند ولی می‌توانند در جاهای زیادی با یکدیگر مورد استفاده قرار بگیرند[۱۲]. هر چند در تنشهای کششی بزرگ الیاف در مقایسه با آرماتورهای فولادی کارآمد نیستند ولی الیاف در کنترل ترکها و جمع شدگی بتن بهتر عمل می‌کنند. در نتیجه آرماتورهای متداول برای ظرفیت باربری عضو بتنی استفاده می‌شوند ولی الیاف در کنترل ترکها بسیار موثر هستند.

به علت این تفاوتها کاربردهای بخصوصی برای الیاف وجود دارد که آنها را از آرماتورهای معمول متمایز کرده‌است که عبارتند از:

- الیاف نقش مسلح‌کننده اولیه را بازی می‌کنند کاری که آرماتورهای فولادی نمی‌توانند انجام دهند. تراکم الیاف در سازه‌های پوسته‌ای نازک معمولا می‌تواند به میزان حداکثر ۵ درصد حجمی افزایش یابد که این امر موجب افزایش چشمگیری در طاقت و مقاومت ملات و بتن می‌شود.
- الیاف در سازه‌هایی که بار یا تغییرشکلهای زیادی را به صورت موضعی تحمل می‌کنند مثل شمع‌های پیش‌ساخته، دیوارهای پیش‌ساخته، سازه های مقاوم در برابر انفجار و در تونلها می‌توانند مورد استفاده قرار بگیرند.
- الیاف در کنترل ترکهایی که بر اثر دما و رطوبت به وجود می‌آیند از قبیل روسازی راهها و دالها کاربرد دارند.
- استفاده از آرماتورهای فولادی و شبکه های سیمی مستلزم مصرف هزینه‌های غیرضروری جهت نیروی انسانی و مصالح می‌گردد. با جایگزین کردن توزیع پخش تصادفی الیاف کوتاه جهت مسلح کردن بتن، هزینه‌های نیروی انسانی و مصالح به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد.
- الیاف تغییر شکلهای حاصل از افت پلاستیک و خستگی را کاهش می‌دهند.
- به طور کلی الیاف یک مسلح کننده موثر برای کنترل عرض ترکها و افت حاصل از جمع شدگی می‌باشند و زمانی که ترکهای ریز توسط الیاف کنترل می‌گردند از بوجود آمدن ترکهای بزرگ و مسائل بعدی می‌توان جلوگیری کرد[۱۵].

مزایای استفاده از بتن الیافی عبارتند از[۱۲]:

- مقاومت ضربه‌ای و دوام خستگی و مقاومت برشی بتن را افزایش می‌دهند.
- برای اجرا و نصب آنها تجهیزات خاصی نیاز نمی‌باشد.
- مقاومت در برابر ترک خوردگی، شکل‌پذیری بلندمدت، ظرفیت جذب انرژی و طاقت بتن را افزایش میدهند.
- یک بتن مسلح در همه جهات را در اختیار ما قرار می‌دهند.
- با مواد مضاعف و همه تیپهای سیمان و مواد تشکیل دهنده بتن سازگار می‌باشند.
- مقاومت بتن را در مقابل تورق، سایش و هوازدگی سطحی افزایش می‌دهند.

جنبه‌های اقتصادی بتن الیافی

از دید اقتصادی استفاده از الیاف بستگی به کاربرد و شرایط پروژه دارد. الیاف اکنون جایگاه خود را در پروژه های عمرانی پیدا کرده‌است. و ارزیابی اقتصادی آن بیشتر مربوط به نوع الیاف مصرفی و چگونگی استفاده از آن می‌باشد. ولی در مواردی که از الیاف به جای مش بندی استفاده می‌گردد، فقط بحث برابری قیمت الیاف و مش بندی فولادی نمی‌باشد بلکه نیروی انسانی ماهر، وسایل و تجهیزات و فضای انبار مصالح و ... نیز مطرح می‌باشد و حتی می‌توان با آینده‌نگری به قضیه نگریست. هزینه‌های تعمیر و نگهداری، شرایط جوی و کاربردهایی که سازه در آینده خواهد داشت تمام اینها عواملی هستند که می‌توانند مصرف الیاف را از لحاظ اقتصادی توجیه نمایند و یا عکس این موضوع برقرار باشد.

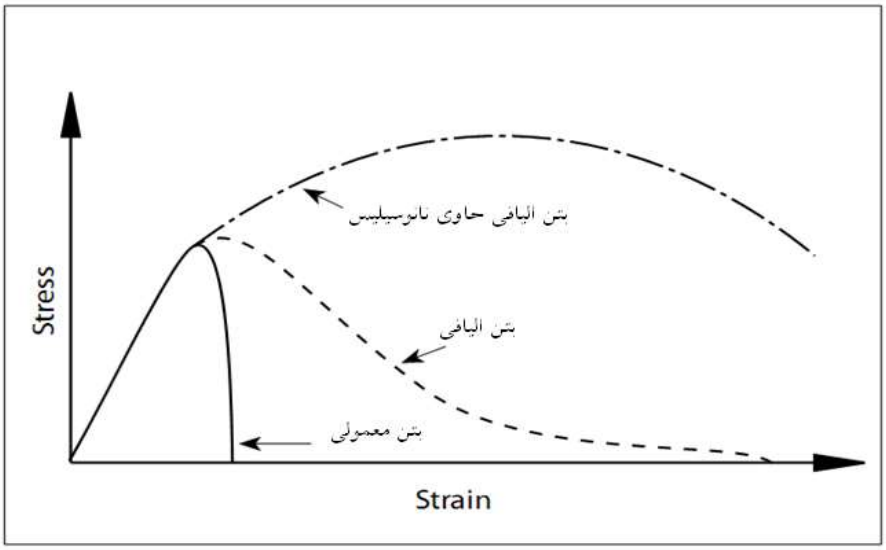
در مواردی ممکن است زمانبندی پروژه بسیار اهمیت داشته باشد و استفاده از الیاف باعث سرعت بخشیدن به روند انجام کار شود و همین موضوع باعث صرفه‌جویی اقتصادی فراوانی شود مثل زمانی که اجرای یک تونل باعث صرفه جویی زیادی در حمل و نقل می‌گردد. شاید بحث زمان در پروژه‌های عمرانی تاکنون در کشور ما مطرح نبوده ولی با پیشرفت روز افزون کشور زمان‌بندی پروژه‌ها و برآورد اقتصادی آنها حائز اهمیت شده ده است.

نانومواد در بتن

در چند سال اخیر فناوری تازه نانو امیدهای بسیاری برای بهبود خواص مواد مختلف در دنیا بوجود آورده‌است. فناوری نانو بسیاری از خواص بتن را بهبود می‌بخشد و تحقیقاتی در این زمینه در کشورهای مختلف جهان در حال انجام است. محصولات نانو برای بتن متشکل از ذراتی هستند که گلوله‌ای شکل بوده و بصورت ذرات خشک پودری یا بصورت معلق در مایع محلول قابل انتشار می‌باشند که مایع آن معمولترین نوع محلول نانوسیلیس می‌باشد. در فصل دوم با خصوصیات نانوسیلیس و برتری‌های آن

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص ۱۸-۱
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

نسبت به سایر افزودنی‌های سیلیسی بیشتر آشنا خواهیم شد. نانو مواد به دلیل برخورداری از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی برتر، کاربردهای بسیاری در زمینه‌های مختلف یافته‌اند که از جمله می‌توان به مواد عایق‌کننده و فیلترها، ماشین ابزارها، نمایشگرها، باتری‌ها و آهنرباهای پرقدرت اشاره کرد[۱۵]. تاثیر نانوسیلیس بر روی بتن الیافی در شکل ۱-۳ نشان داده شده است[۱۶].



شکل ۱. نمودار تنش-کرنش بتن الیافی و بتن حاوی نانوذرات(نانوسیلیس)[۱۶]

پیشینه تحقیق

پژوهشهای انجام شده در زمینه بهره‌گیری از مواد نانو در بتن و مصالح سیمانی بسیار محدود بوده است. آنچه مسلم است تحقیقات صورت گرفته عموماً بر استفاده از $nano\text{-}Tio_2$ ، $nano\text{-}Fe_2o_3$ و $nano\text{-}Sio_2$ (نانوسیلیس) متمرکز بوده است. از بین نانو مواد مذکور، نانوسیلیس به دلیل دارا بودن خواص پوزولانی از جایگاه بهتری برخوردار بوده و عملکرد مناسب‌تری از خود نشان داده است. در زمینه استفاده از الیاف پلی‌پروپیلن در ماتریس‌های سیمانی تحقیقات بیشتری صورت گرفته، اما در زمینه اثربخشی الیاف بر خواص مکانیکی و شکل‌پذیری، اختلاف نظرهایی وجود دارد. برخی از تحقیقات از افزایش پارامترهای مکانیکی خبر داده-اند، در حالی که در برخی دیگر اثر الیاف بسیار ناچیز دانسته شده است. در هرحال مخالفان، عدم برقراری پیوند مناسب را از جمله عوامل موثر بر عملکرد ضعیف الیاف پلی‌پروپیلن در ماتریس‌های سیمانی می‌پندارند.

در سالهای اخیر از بتن الیافی در ساخت سازه‌ها بسیار استفاده شده است. بین سالهای ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۰ تحقیقات زیادی بر روی بتن الیافی انجام گرفته است. در اکثر این تحقیقات، پخش تصادفی الیاف به عنوان یک روش مناسب جهت افزایش خواص مکانیکی بتن تشخیص داده شدند. بخشی از این پژوهشها در مورد خود الیاف و مقایسه آنها با هم از لحاظ جنس، نوع، شکل، درصد حجمی و عملکرد آنها درشرایط مختلف می‌باشد. قسمت دیگر درباره تأثیر انواع مختلف الیاف بر روی خواص مکانیکی بتن و مقایسه آنها با همدیگر می‌باشد. عده دیگری نیز تلاش کرده‌اند تا کاربردهای جدیدتری برای استفاده از الیاف بیابند، بعضی نیز به دنبال ارائه روابطی برای بتن الیافی بودند.عده‌ای با اضافه کردن افزودنی‌های سیلیسی آزمایشات خود را در پیش گرفتند. کشور ما نیز از این پژوهش بی‌بهره نبوده است به گونه ای که تحقیقات زیادی به صورت پایان‌نامه، مقاله و پژوهش‌های دانشگاهی در داخل و یا عرصه بین المللی ارائه گردیده است. ولی با این وجود بر روی الیاف پلیمری و به خصوص پلی‌پروپیلن تحقیقات بسیار کمی انجام شده است و با توجه به اینکه کشور ما نفت‌خیز می‌باشد استفاده از این الیاف در مقایسه با سایر الیافها از لحاظ اقتصادی به صرفه می-باشد. لذا توصیه می‌شود که در این زمینه تحقیقات بیشتری انجام گیرد تا این الیاف و کاربردهای آن به پیمانکاران و مشاوران معرفی گردد. در ادامه تحقیقاتی که در زمینه الیاف پلی‌پروپیلن با و بدون نانومواد انجام گرفته است در قالب بخشهای مختلف ارائه می‌گردد و در پایان نیز راهنماها و آیین نامه هایی که در زمینه بتن الیافی تاکنون در جهان ارائه گردیده است معرفی خواهد شد.

ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

سونگ و هوانگ[1]از دانشگاه دفاع ملی تایوان در سال ۲۰۰۴ تحقیقاتی را بر روی خواص مقاومتی بتن مسلح به الیاف پلی‌پروپیلن و نایلون انجام دادند که در آن توان مقاومتی بتن مسلح به الیاف PP در مقابل بتن مسلح به الیاف نایلون مورد مقایسه قرار گرفت، در این تحقیق از الیاف رشته ای و نازک PP به مقدار ۰/۶ درصد استفاده گردید[۱۸]، در بتن مسلح به الیاف نایلون تنشهای فشاری و کششی و مدول گسیختگی به ترتیب ۶/۳ و ۶/۷ و ۴/۳ درصد نسبت به بتن مسلح به پلی‌پروپیلن افزایش یافتند. ولی در آزمایش ضربه ایجاد اولین ترک و گسیختگی نهایی در بتن نایلون دار زودتر رخ داد. همچنین در کاهش ترکهای پلاستیک الیاف پلی‌پروپیلن موثرتر واقع شدند. علت اینکه الیاف نایلون تنش کششی را بیشتر افزایش داد خوب پخش شدن در بتن تشخیص داده شد.

پری[2]در سال ۲۰۰۳ از الیاف کوتاه و بلند پلی‌پروپیلن با مقاومت بالا و از نوع منفرد جهت مسلح کردن کف سازی خارجی استفاده کرد[۱۹]. او گزارش داد که فرسایش سطح کف سازی ها موجب در معرض دید قرار گرفتن و بیرون زدگی الیاف فولادی می‌گردد. چه کف سازی، برای پیاده‌روها باشد چه برای عبور وسایل نقلیه، این امر می‌تواند خطرناک باشد. برای این تحقیق دو آزمایش صورت گرفت، در آزمایش اول یک دال کوچک مخصوص کف‌سازی خارجی حاوی الیاف فولادی با انتهای قلاب دار و طول ۶۰ میلیمتر به مقدار ۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب و یک دال مشابه شامل الیاف پلی‌پروپیلن به طول ۵۰ میلیمتر به مقدار ۶/۹ کیلوگرم بر مترمکعب ساخته شد. برای آزمایش مقاومت خمشی و طاقت خمشی از روش آزمایش سه نقطه‌ای استفاده گردید. نتایج آزمایش خمش نشان داد که بتن مسلح به الیاف فولادی به اندازه ۵۳ درصد مقاومت خمشی را افزایش داده، در حالی که بتن شامل پلی-پروپیلن عدد ۷۸ درصد را به ثبت رساند. همچنین در آزمایش دوم از لحاظ مقاومت خارجی در برابر فرسایش الیاف فولادی ۲۰ درصد و الیاف پلی‌پروپیلن ۴۱ درصد افزایش را ایجاد کردند. پری نتیجه گرفت که الیاف PP برای ساخت کف سازی ها از لحاظ کنترل ترک ها بهتر از الیاف فولادی عمل می‌کنند.

مواد مورد استفاده(Material)

هر یک از مصالح تشکیل دهنده بتن نقش مهمی در ایجاد خصوصیات آن ایفا می‌نمایند. سیمان چسبندگی لازم بین سنگدانه‌ها و سنگدانه‌ها نیز نقش پرکنندگی و تحمل بارهای وارده را بر عهده دارند و آب برای عمل هیدراتاسیون و ایجاد روانی و کارایی مخلوط لازم است. در اکثر بتن‌ها برای بدست آوردن مشخصات مورد نیاز لازم است که از مواد افزودنی استفاده شود هرکدام از این مصالح با کیفیت و کمیت خود می‌توانند بر بتن تاثیر گذاشته و کیفیت بتن تازه و سخت شده را تحت تاثیر قرار دهند. در این فصل کیفیت و کمیت مصالح مورد استفاده برای تهیه نمونه‌های بتنی مورد آزمایش، شرح داده می‌شود.

مواد مورد استفاده برای تهیه نمونه‌های بتنی عبارتند از سیمان، سنگدانه(شن و ماسه)، الیاف پلی‌پروپیلن، ماده افزودنی نانوسیلیس، آب و فوق روان‌کننده که در ادامه به معرفی مشخصات آنها پرداخته می‌شود.

سیمان

سیمان مصرفی برای انجام آزمایش در این پایان‌نامه، سیمان پرتلند پوزولانی کارخانه سیمان اردبیلی‌باشد که وزن مخصوص سیمان مورد استفاده $۳۱۳۰ kg/m^3$ (مطابق کاتالوگ کارخانه)می‌باشد.

سیمان پرتلند پوزولانی (PPC)

سیمان پرتلند پوزولانی از ترکیب بین کلینکر (OPC) با ۱۵ تا ۳۵ درصد ماده پوزولانی بدست می‌آید. یک ماده پوزولانی اساساً ماده‌ای سیلیسیا آلومیناتی است که در حالی خودش هیچ خواص سیمانی ندارد، در شکل بسیار ریز و در حضور آب، با هیدروکسید کلسیم واکنش می‌دهد، در دمای معمولی در عمل هیدراسیون تجزیه می‌شود، تا ترکیباتی که خواص سیمانی دارند شکل بگیرد. سیمان پرتلند پوزولانی حرارت هیدراسیون کمی تولید می‌کند و نسبت به سیمان پرتلند معمولی مقاومت بیشتری در

1 Songa & Hawang
2 Perry

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص ۱۸-۱
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

برابر حمله آبهای مهاجم نشان می‌دهد. بعلاوه، آب انداختگی هیدروکسید کلسیم را وقتی در سازه‌های آبی استفاده شوند، می‌کاهد، بویژه در ساخت و سازهای دریایی و آبی و سایر ساخت و سازهای بتنی حجیم مفید می‌باشد. بطور کلی سیمان پرتلند پوزولانی می‌تواند در جایی که سیمان پرتلند معمولی قابل استفاده است، بکار برده شود. هرچند، مهم است توجه شود که افزودن پوزولان سبب ایجاد مقاومت در سنین اولیهنمی‌شود. مقاومت‌های مشابه سیمان پرتلند معمولی را تنها می‌توان در سنین بالاتر انتظار داشت. ترکیب سیمان مصرفی در جدول۲-۱ آورده شده است. شکل ۲-۱ نیز سیمان مصرفی را نشان می‌دهد.

جدول ۳. ترکیب سیمان مصرفی

ترکیبات	C_3S	C_2S	C_3A	C_3AF
درصد	۳۵-۶۰	۲۰-۳۵	۹-۱۱	۹-۱۲

شکل ۳. سیمان پوزولانی

آب اختلاط

آب آشامیدنی مناسب‌ترین آب برای تهیه بتن است. در آزمایش‌ها از آب آشامیدنی اردبیل برای طرح اختلاط استفاده شده است.

سنگدانه‌ها

سنگدانه به مصالح دانه‌ای، به مانند شن، ماسه، سنگ شکسته و سرباره کوره بلند آهنگدازی گفته می‌شود که با یک واسط سیمانی برای تشکیل بتن یا ملات سیمان هیدرولیکی استفاده شود [۱۳].سنگدانه‌ها اجزای اصلی بتن هستند که جمع شدگی را کم می-کنند و اثر اقتصادی دارند. این حقیقت که سنگدانه ها ۸۰-۷۰ درصد حجم بتن را اشغال می‌کنند، بدون شک تاثیرشان بر خواص و ویژگیهای مختلف بتن قابل ملاحظه است.

سنگدانه‌های استفاده شده در این پروژه از نوع سنگدانه‌های با وزن معمولی و طبیعی هستند که از معدن گلمغان اردبیل تهیه شده‌اند. سنگدانه‌های درشت را به نام شن شکسته با حداکثر اندازه ۱۲/۵ میلیمتر و سنگدانه‌های ریز را به عنوان ماسهمی‌شناسیم که دانه‌بندی آنها ارائه خواهد شد.

دانه‌بندی سنگدانه‌ها براساس روش بیان شده در استاندارد ASTM-C136 انجام شده است.شن از نظر ظاهری از نوع زاویه‌ای گوشه‌دار می‌باشد. ماسه نیز از نوع طبیعی خرد شدهمی‌باشد.سنگدانه‌های ریز و درشت با دانه‌بندیASTM-C33 همخوانیکامل دارد. خصوصیات سنگدانههای بتنی در استانداردهایASTM-C33 بیان شده است. جداول۲-۲ دانه بندی سنگدانه ریز و

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص ۱۸-۱
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

درشت مورد استفاده در طرح را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که از مجموع سنگدانه درشت ۶۵ درصد بادامی و ۳۵ درصد نخودی در محدوده مجاز دانه‌بندی قرار می‌گیرد و در طرح اختلاط‌ها اینگونه استفاده شده‌اند.

جدول ۴. دانه‌بندی سنگدانه‌های مصرفی

درصد عبوری طبق استاندارد ASTM C33								
شماره الک	$(\frac{1}{2})"$	$(\frac{3}{8})"$	4	8	16	30	50	100
شن	۱۰۰	۵۷/۴۲	۰/۱۵	-	-	-	-	-
ماسه	-	-	-	۸۵/۴	۶۸/۲	۴۰/۱	۱۷/۵۱	۶/۱۷

آزمایش لس‌آنجلس بر روی سنگدانه‌های درشت

آزمایش لس‌آنجلس به این صورت انجام شد که سه ترکیب مختلف A ، B و C از سنگدانه‌های درشت به میزان پنج کیلوگرمسنگدانه الک شد وداخل دستگاه لس‌آنجلس ریخته شدو پس از گذشت مدت ۱۵ دقیقه با تعداد گلوله معلوم نتایج برایسنجش میزان سایش سنگدانه‌ها مطابق جداول ۲-۳ الی۲-۵می باشد.

جدول ۵. آزمایش لس‌آنجلس برای ترکیب A

شماره ترکیب(تعداد گلوله)	محدوده بین دو الک	وزن(گرم)
A (۱۲)	$1\frac{1}{2}-1$	۱۲۵۰
	$1-\frac{3}{4}$	۱۲۵۰
	$\frac{3}{4}-\frac{3}{8}$	۱۲۵۰
	$\frac{3}{8}-\frac{1}{4}$	۱۲۵۰

جدول ۶. آزمایش لس‌آنجلس برای ترکیب B

شماره ترکیب(تعداد گلوله)	محدوده بین دو الک	وزن(گرم)
B (۱۱)	$\frac{3}{4}-\frac{3}{8}$	۲۵۰۰
	$\frac{3}{8}-\frac{1}{4}$	۲۵۰۰

جدول ۷. آزمایش لس‌آنجلس برای ترکیب C

شماره ترکیب(تعداد گلوله)	محدوده بین دو الک	وزن(گرم)
C (۸)	$\frac{3}{8}-\frac{1}{4}$	۲۵۰۰
	$\frac{1}{4}-\#4$	۲۵۰۰

با توجه به فرمول روبرو نتایج آزمایش لس‌آنجلس بدست آمد:

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص ۱۸-۱
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

$$\frac{5000 - X}{5000} \times 100$$

X : وزن مانده روی الک 12

نتایج آزمایش لس‌آنجلس برای ترکیب‌هایA ، B و C مطابق جدول ۲-۶ می‌باشد.ارزش خرد شدن سنگدانه (سایش لس‌آنجلس) براساس استاندارد ASTM-C131 مطابقت کامل دارد.

جدول ۸. نتایج آزمایش لس‌آنجلس برای ترکیب هایA و B و C

ترکیب	وزن مانده روی الک۱۲(گرم)	درصد مانده روی الک۱۲(٪)
A	۲۶۸۴	۲۸/۴
B	۴۲۸۹	۱۴
C	۴۴۳۰	۱۱/۴

الیاف پلی‌پروپیلن

الیاف PP مورد استفاده در این پروژه الیاف ۱۸ میلی‌متری و به قطر ۲ دنیریًا[1] ۰/۰۲ میکرون تولید شرکت دریم بتن می‌باشد که مشخصات آن مطابق جدول ۲-۷می‌باشد. الیاف پلی‌پروپیلن در شکل ۲-۲ نشان داده شده است. این الیاف قبل از مصرف باید خوب از هم باز شود تا در اختلاط با دیگر اجزا مشکلی پیش نیاید.

جدول ۹. مشخصات الیاف پلی‌پروپیلن مصرفی

مشخصات	مقدار
وزن واحد حجم(gr/cm^3)	۰/۹
واکنش با آب	آبگریز
مقاومت کششی (MPa)	۳۰۰-۴۰۰
نقطه ذوب (درجه سانتیگراد)	۱۷۵
طول (mm)	۱۸

[1]daniyer

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص ۱۸-۱
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

شکل ۴. الیاف ۱۸ میلیمتری مورد استفاده در آزمایشات

ماده افزودنی نانوسیلیس

از محلول ColloidalSilica (Nano Silica) با مشخصات جدول ۲-۸ به عنوان نانوسیلیس استفاده گردید.

جدول ۱۰. مشخصات نانوسیلیس مصرفی

رنگ	وزن مخصوص(gr/cm^3)	میزان ذرات جامد(٪)	اندازه ذرات
تقریباًبی‌رنگ	۱/۳۷	۵۰/۹	کوچکتر از ۵۰ نانومتر

ماده افزودنی فوق روان‌کننده[۷]

مصرف روان‌کننده‌های معمولیدر بتن ایجاد هوای اضافی می‌کند. علم نوین شیمی بتن، این نقص را در فوق روان‌کننده یا روان-کننده‌های ممتاز رفع می‌کند.فوق روان‌کننده خاصیت روان‌کنندگی آب را بالا می‌برد بدون آنکه در کشش سطحی آب تاثیر بگذارد. به همین دلیل هوای اضافی وارد بتن نمی‌کند و آب آمیخته با فوق روان‌کننده، لایه چرب کننده روی ذرات سیمان و دانه‌های سنگی ایجاد کرده، از اصطکاک میان اجزای جامد بتن می‌کاهد و در عین حال چسبندگی ذرات را بهبود می‌بخشد. عامل اصلی در بیشتر این محلول‌های مضاعف، فرمالدئید هیدملامین یا فرمالدئید نفتالین سولفات است.فوق روان‌کننده بر اساس الزامات استاندارد ASTM-C494 Types A & F و همچنین بر اساس استاندارد ۲۹۳۰ ایران ساخته می‌شوند.

فوق‌روان کننده مورد استفاده در این آزمایش‌ها، Super plasticizer260 محصول شرکت نامیکاران می‌باشد.این ماده، فوق روان‌کننده و کاهنده آب موثری است که برای تولید بتن مرغوب به کار می‌رود و مطابق با ASTM C494 type4 و استاندارد ۲۹۳۰ نوع (ز) می‌باشد. با استفاده از این ماده افزودنی، مقاومت اولیه و نهایی بتن افزایش یافته و بدون نیاز به آب اضافی کارایی بتن به طور قابل ملاحظه‌ای بهبود می‌یابد. قیمت این ماده نسبت به فوق‌روان کننده های معمولی گران‌تر میباشد. مشخصات فنی فوق‌روان‌کننده مورد استفاده در جدول۲-۹ آورده شده است. نانوسیلیس مصرفی به همراه فوق روان کننده در شکل ۲-۳ نشان داده شده است.

[1]Superplasticizer

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص ۱۸-۱
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

شکل ۵. فوق روان کننده و نانوسیلیس مصرفی(سمت چپ نانوسیلیس)

جدول ۱۱. مشخصات فوق روان‌کننده مصرفی

رنگ	pH	وزن مخصوص(kg/lit)
قهوه‌ای	۱±۷	۱/۱۱۲

قالب‌ها

نمونه‌های مورد استفاده در آزمایش در قالب‌های مکعبی فلزی به ابعاد ۱۰×۱۰×۱۰ و قالب‌های استوانه‌ای ۱۰×۲۰ سانتی‌متر تهیه شده‌اند، که نصف نمونه‌ها برای انجام آزمایشات ۲۸ روزه و نصف دیگر برای انجام آزمایشات ۹۰ روزه ساخته شده‌اند. قبل از بتن-ریزی در داخل قالبها، آنها را روغنکاری می‌کنند تا هیچ‌گونه چسبندگی بین قالب وبتن بوجود نیاید.

روش انجام آزمایشها(Methods)

شانزده نوع طرح اختلاط مورد بررسی قرار گرفته است. در تمامی طرح اختلاط‌ها میزان فوق روانکننده ثابت در نظر گرفته شده است. نانوسیلیس در سه مقدار ۲، ۴ و ۶ درصد و الیاف پلی‌پروپیلن در سه نسبت ۰/۱ و ۰/۲ و ۰/۳ درصد نسبت به وزن سیمان بکار رفته است. استفاده از نانوسیلیس در نسبت‌های بیش از ۶ درصد موجب افزایش فوق‌العاده ویسکوزیته بتن شده و به دلیل خشک شدن بتن و اینکه از الیاف هم استفاده شده است موجب تخلخل در بتن می‌شود و کیفیت بتن‌های ساخته شده پایین می-آید. عیار سیمان طبق آزمایشاتی که روی سنگدانه‌ها وسیمان انجام شد در بهترین حالت ۴۳۶/۲ kg/m^3 در نظر گرفته شد که در ادامه بحث آن خواهد شد. الیافپلی‌پروپیلن قبل از مصرف باید خوب از هم باز شوند تا به راحتی با بتن مخلوط گردند. بهتر است الیاف ابتدا با سنگدانه‌ها مخلوط شود سپس سیمان اضافه گردد، این عمل به خاطر آن است که وقتی در ابتدا الیاف با سیمان برخورد می‌کند باعث می‌شود که الیاف به طور یکنواخت در کل بتن پخش نگردد و حالت گلوله‌ایبه خود بگیرد. طریقه اضافه کردن نانوسیلیس هم این گونه می‌باشد که ابتدا یک سوم آب با مخلوط اختلاطمی‌شود سپس در یک سوم دوم نانوسیلیس اضافه می‌شود و در مرحله بعد یک‌سوم آب باقیمانده مخلوط می‌شود. این عمل باعث می‌شود هم نانوسیلیس راحت‌تر به همه جای مخلوط برسد و هم روی پخش مناسب الیاف تاثیر مثبتمی‌گذارد.محیط عمل آوری بتن، آب معمولی آزمایشگاه در دمای ۲۰ درجه بوده است. روش طرح اختلاط هم به صورت اصولی و با استفاده از آیین نامه بتن آمریکا(ACI) انجام گرفت. برای هر طرح اختلاط ۶ نمونه مکعبی(۳ عدد برای ۲۸ روزه و ۳ عدد برای ۹۰ روزه) و ۶ نمونه استوانه‌ایساخته شد. با توجه به اینکه ۱۶ نوع طرح اختلاط داریم و برای هر طرح اختلاط ۱۲ نمونه می‌سازیم(۶ عدد برای هر قالب) جمعاً ۱۲×۱۶=۱۹۲ عدد نمونه ساخته شد(۹۶ مکعبی، ۹۶ استوانه ای).

ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

روش تعیین طرح اختلاط به صورت کلی

برای طرح اختلاط به روش ACIباید معلومات جدول ۲-۱۰ را از روی مصالح و خصوصیات بتن داشته باشیمکه پس از انجام محاسبات بر طبق ACI و با توجه به شرایط خاص مصالح مصرفی و چند سعی و خطا نتایج طرح اختلاط مطابق جدول ۲-۱۱ برای یک مترمکعب بتن بدست آمد.

مقدار نسبت آب به سیمان در طراحی بتن بر اساس ACI، ۰/۴۷ بدست آمد که بعد از کسر رطوبت سنگدانه‌ها این نسبت ۰/۳۸ در نظر گرفته شد، که با این مقدار فرمول کلی طرح اختلاط بدست آمد.

جدول ۱۱. مشخصات مصالح برای طرح اختلاط طبق ACI

اسلامپ (mm)	۶۰
اندازه بزرگترین سنگدانه‌ها (mm)	۱۲/۵
مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن (Mpa)	۳۵
مدول نرمی ماسه	۲/۶
چگالی نسبی سیمان	۳/۱۳
چگالی نسبی شن	۲/۶۸
چگالی نسبی ماسه	۲/۶۴
رطوبت شن (٪)	۲
رطوبت ماسه (٪)	۶
وزن مخصوص ظاهری خشک شن (kg/m^3)	۱۶۰۰

در جداول ۲-۱۲ و ۲-۱۳ میزان مصالح مصرفی و همچنین کلیه طرح اختلاط‌ها شامل طرح اختلاط‌های مرجع (بدون نانوسیلیس) و سایر طرح اختلاط‌ها برای یک مترمکعب بتن آورده شده است(درصد الیاف و نانوسیلیس نسبت به سیمان اندازه-گیری می‌شود).

جدول ۱۱. نتایج طرح اختلاط بتن براساس ACI

طرح اختلاط برایک مترمکعب بتن	
مقدار آب مورد نیاز در مترمکعب	۲۰۵ کیلوگرم
مقدار درصد حجم هوایغیرعمدی در بتن بدون هوا	٪۲
نسبت آب به سیمان	۰/۴۷
مقدار سیمان مورد نیاز در یک مترمکعب بتن	۴۳۶/۲ کیلوگرم
دانه های درشت در یک مترمکعب بتن	٪ ۶۴
وزن دانه های درشت در یک مترمکعب بتن	۱۰۲۴ کیلوگرم
وزن یک مترمکعب بتن براساس روش وزنی	۲۳۳۲ کیلوگرم بر مترمکعب
وزن ماسه در یک مترمکعب بتن براساس روش وزنی	۶۶۷ کیلوگرم
وزن یک مترمکعب بتن براساس روش حجمی	۲۳۳۵ کیلوگرم بر مترمکعب
وزن ماسه در یک مترمکعب بتن براساس روش حجمی	۶۶۹ کیلوگرم
وزن آب بعد از اصلاح به خاطر رطوبت دانه‌ها	۱۶۲ کیلوگرم
نسبت آب به سیمان بعد از اصلاح رطوبت	۰/۳۸

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص ۱۸-۱
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

پس از ساخت مخلوط، بتن در داخل قالب‌ها ریخته شد و پس از ۲۴ ساعت از ساخت نمونه‌ها قالب‌ها را باز کرده و در آب معمولی ۲۰ درجه سانتیگراد جهت عمل‌آوری قرار دادیم. پس از گذشت زمان عمل آوری(۲۸ و ۹۰ روز) بتن‌ها را از آب در آورده و آنها را وزن کردیم سپس در فر در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار دادیم تا ۲۴ ساعت به صورت کامل خشک گردند. بعد از خشک شدن، چند ساعتی نمونه‌ها را در هوای معمولی به دمای عادی رساندیم تا برای آزمایشات آماده شوند. (اگرنمونه‌ها به دمای طبیعی خود برنگردند در مقادیر مقاومت‌ها تغییرات زیادی ایجادمی‌شود و میزان خطا افزایش می‌یابد). نمونه‌های مکعبی برای آزمایشات التراسونیک، مقاومت الکتریکی و مقاومت فشاری و نمونه‌های استوانه‌ای برای آزمایش مقاومت کششی غیرمستقیم به کار گرفته شدند.

جدول ۱۲. میزان مصالح مصرفی در طرح اختلاط‌ها

شن(kg/m^3)		ماسه (kg/m^3)	سیمان (kg/m^3)	$\frac{w}{c}$	فوق روان‌کننده	
بادامی(۶۵٪)	نخودی(۳۵٪)				درصد وزنی	مقدار(kg/m^3)
۶۶۵	۳۶۰	۶۶۰	۴۳۶/۲	۰/۳۸	۲	۸/۷۲۴

جدول ۱۳. طرح اختلاط‌های بتن الیافی حاوی نانوسیلیس

ردیف	شماره طرح اختلاط	الیافپلی‌پروپیلن (٪)	الیاف پلی‌پروپیلن (gr/m^3)	نانوسیلیس (٪)	نانوسیلیس (gr/m^3)
A	۱	۰	۰	۰	۰
	۲	۰/۱	۴۳۶/۲		
	۳	۰/۲	۸۷۲/۴		
	۴	۰/۳	۱۳۰۸/۶		
B	۵	۰	۰	۲	۸۷۲۴
	۶	۰/۱	۴۳۶/۲		
	۷	۰/۲	۸۷۲/۴		
	۸	۰/۳	۱۳۰۸/۶		
C	۹	۰	۰	۴	۱۷۴۴۸
	۱۰	۰/۱	۴۳۶/۲		
	۱۱	۰/۲	۸۷۲/۴		
	۱۲	۰/۳	۱۳۰۸/۶		
D	۱۳	۰	۰	۶	۲۶۱۷۲
	۱۴	۰/۱	۴۳۶/۲		
	۱۵	۰/۲	۸۷۲/۴		
	۱۶	۰/۳	۱۳۰۸/۶		

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در آیتم های قبل به بحث و بررسی آزمایش‌ها پرداخته شد و نتایج آنها مورد تحلیل قرار گرفت. از نتایج فصل پنجم چنین بر می-آید که با افزودن نانوسیلیس به بتن حاوی الیاف پلی‌پروپیلن، بتن الیافیتوپرتری بدست می‌آید که هم نسبت به موارد خواسته شده از بتن الیافی جوابگوست و هم مشخصات مکانیکی به مراتب بالاتری دارد. البته باید به ملاحظات اقتصادی استفاده از آن نیز توجه کافی مبذول داشت چرا که عوامل اقتصادی همیشه تعیین کننده می‌باشند. در ادامه به نتیجه‌گیری از بحث و بررسی نتایج بدست آمده پرداخته می‌شود. ضمن اینکه چند پیشنهاد و موضوع تحقیقاتی در راستای عنوان این پژوهش ذکر می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده از آزمایش‌ها به صورت تیتروار در زیر آورده شده است:

۱ – درصد افزایش در مقاومت فشاری در اکثر نمونه های ۲۸ روزه نسبت به نمونه های ۹۰ روزه بهبود بیشتریافته‌اند.

۲ – در نسبت الیاف ۰/۲ و نانوسیلیس ۲ درصد یک حالت بهینه در مقاومت فشاری رخ می‌دهد و تا پایان آزمایش ها نیز ادامه می‌یابد. بدین صورت که برای دستیابی به مقاومت‌های بالاتر با افزایش الیاف بهتر است نانوسیلیس نیز افزایش یابد.

۳ – بیشترین افزایش در مقاومت فشاری در طرح اختلاط شماره ۱۵ رخ داده است که برابر ۵۷ و ۵۵ درصد در مقاومت ۲۸ و ۹۰ روزه می‌باشد.

۴- الیاف ۰/۱ درصد افزایش چشم‌گیری در مقاومت کششی ایجاد کرده است که با افزایش الیاف محسوستر گشته است.

۵- در اکثر نمودارها با افزایش نانوسیلیس مشاهده می‌شود که برای دستیابی به مقاومت‌های بالاتر نسبت‌های الیاف بالا مناسب‌تر می‌باشند. به طور مثال وقتی که نسبت الیاف ۰/۲ می‌باشد برای اینکه درصد افزایش مقاومت‌ها بیشت شود، ۴٪ نانوسیلیس درصد افزایش بیشتری نشان می‌دهد و وقتی نانوسیلیس ۶ ٪ می‌باشد نسبت الیاف ۰/۳ درصد افزایش بیشتری نشان می‌دهد. این امر نشان می‌دهد که نانوسیلیس به پخش مناسب الیاف کمک فراوانی می‌کند.

۶- در نمودارهای مربوط به مدول الاستیسیته مشاهده می‌شود که مقادیر مدول الاستیسیته در سنین ۲۸ و ۹۰ روزه اختلاف زیادی باهم دارند. این عمل بیشتر به عملکرد الیاف مربوط می‌شود و همانگونه که ملاحظه می‌شود نانوسیلیس این اختلاف را کاهش می دهد.

۷- بیشترین افزایش در مقاومت الکتریکی در نسبت الیاف ۰/۳(طرح اختلاط۳) رخ داده است و همانگونه که از اشکال مربوط به طرح اختلاط‌های ۱ تا ۴ پیداست ممکن است افزودن الیاف در نسبت‌های بیشتر از ۰/۳ درصد در مقاومت الکتریکی افزایش چشم-گیر دیگری را نشان دهد. این تاثیر چشم‌گیر الیاف در مقاومت الکتریکی می تواند دوام بتن را تحت تاثیر خود قرار دهد.

۸- به طور کلی در بتن‌های حاوی الیاف پلی‌پروپیلن، کمک نانوسیلیس به پخش مناسب الیاف در همه آزمایشها نتایج خوبی را به دنبال داشته است و این عملکرد مناسب الیاف در حضور نانوسیلیس می‌تواند افق روشنی برای بتن الیافی بخصوص در صنایع خاص مانند صنایع نظامی و هسته ای داشته باشد.

پیشنهادها و موضوعات تحقیقی

۱ – بررسی دوام و مشخصات مکانیکی بتن های حاوی نسبت‌های بیشتر از ۰/۳ درصد الیاف که با توجه به نتایج بدست آمده از آزمایشات می‌تواند باعث بهبود در مشخصات مکانیکی و دوام بتن گردد.

۲- ساخت بتن الیافی با الیاف پلی‌پروپیلن با درصد های مختلفی از نانوسیلیس(نانوسیلیس بیشتر از ۶٪)

۳- استفاده از الیاف با سایز کوچکتر از ۱۸ میلیمتر و همچنین استفاده از سنگدانه های کوچکتر از ۱۲/۵ میلی‌متر

۴- ساخت بتن الیافی با سنگدانه‌های بزرگتر از ۱۲ میلیمتر

۵- ساخت بتن الیافی با سیمان سفید برای استفاده در نماها[۸]

[۸] ساختمانهای ارتش آمریکا که توسط رومالدی ساخته شدند با این روش نماکاری شدند.

۶- بررسی اثر افزایش فوق روان‌کننده‌ها در نمونه‌های حاوی نانوسیلیس و الیاف

۷- استفاده از ویبره مناسب برای متراکم کردن نمونه‌های حاوی درصدهای بیشتر الیاف و نانوسیلیس

۸- با توجه به کاربرد زیاد بتن حاوی الیاف pp در صنایع خاص، این الیاف اگر در ترکیب با بتن سنگین به کار برده شود می‌تواند یکی از بخشهای مربوط به پدافند غیرعامل(موضوع مبحث ۲۱ مقررات ملی ساختمان) در سازه‌ها به کار برده شود.

منابع

۱– مهتا، مونته‌یرو، ترجمه علی رمضانیانپور، پرویز قدسی، اسماعیل گنجیان، (۱۳۸۳)، تکنولوژی بتن پیشرفته، ریز ساختار، خواص و اجزای بتن.

۲ – محمد ابراهیم‌زاده نجف‌آبادی، (۱۳۷۴)، تاثیر سه نوع الیاف داخلی بر روی پیوستگی بین فولاد و بتن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی کرمان.

4- Mostafa. Khanzadi, Mohsen.Tadayon, Hamed.Sepehri and Mohammad.Sepehri, (2009), Influence of Nano-Silica Particles on Mechanical Properties and Permeability of Concrete, Department of Civil Engineering, Science & Technology University of Tehran, Iran

۵ – نویل و بروکس، ترجمه علی‌اکبر رمضانیانپور، محمد رضا شاه‌نظری، (۱۳۸۳)، تکنولوژی بتن.

6- ACI Committee 544, (2000), State of the Art Report on Fibrereinforceed concrete, ACI 544, 1R-96, ACI Manual of Concrete Practice.

7- ACI Committee 544, (Reapproved 1999), Measurement of properties of Fibre Reinforced concrete, ACI 544,2R-89, ACI Manual of Concrete Practice.

8- ACI Committee 544, (Reapproved 1998), Guide for specifying, proportiononing, Mixing, Placing and Finishing Steel Fibre Reinforced Concrete, ACI 544, 3R-93, ACI Manual of Concrete Practice.

9- ACI Committee 544, (Reapproved 1999) , Design Consideration for Steel Fibre Reinforced Concrete, ACI 544, 4R-88, ACI Manual of Concrete Practice.

10- Japan Society of Civil Engineering Standard, JSCE-SF, (1986), Metod of making steel fibre reinforced Concrete in laboratory.

۱۱ – ابوالفضل حسنی، سعید محمد، (۱۳۷۸)، تاثیر الیاف فولادی در کنترل ترک‌های کششی بتن، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، نشریه شماره ۲۶۳.

۱۲ – علیرضا خالو، (۱۳۷۸)، رفتار و کاردبردهای بتن الیافی، کنفرانس تخصصی بتن الیافی، دانشگاه صنعتی شریف.

۱۳ –علیرضا باقری، طیبه پرهیزکار ، پرویز قدوسی، افشین طاهری، (۱۳۷۸)، کاربرد الیاف و فرآورده‌های سیمانی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن(چاپ اول).

۱۴- فرزین صمصامی، (۱۳۸۲)، الیاف پلی‌پروپیلن و کاربرد آن در بتن، مجله راه و ساختمان.

۱۵- سیما حبیبی، مهدی محمدی شادپور، (۱۳۸۵)، نانوتکنولوژی و پیدایش کاربردهای جدید، انتشارات الماس دانش.

16- W. Sun, H. Chen, X. Luo and H. Qian, (2001), the effect of hybrid fibers and expansive agent on the shrinkage and permeability of high-performance

فصلنامه علمی تخصصی ایده های نو در علوم، مهندسی و فناوری ، دوره ۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، ص ۱۸-۱
ISSN: 2588-3984
http://www.Tajournals.com

Effect of nanosilica on mechanical properties and durability of polypropylene fibers

Mehdi Maghsoudlou[1]
1. Civil and Municipal Administrator

Abstract

In this study, the effect of nanosilica on mechanical properties and durability of concrete containing polypropylene fibers was investigated. Polypropylene fibers were used at a length of 18 mm and a length to diameter ratio of 0.9 mμ. The effect of fibers and nanosilica on different concentrations of 0.3%, 0.2% and 0.3% for fibers and 2, 4 and 6% for nanosilica on concrete with a water-to-cement ratio of 38% was investigated.In total, more than 192 cubic and cylindrical samples were made according to ASTM standards, and compressive strength, indirect tensile strength, ultrasonic testing and electrical resistivity tests were performed on the samples.The results of the experiments showed a significant increase in the mechanical properties and durability of concrete. Compressive strength increased by up to 55% and tensile strength increased by 25%. The sharp increase in electrical resistance also indicates the high durability of this type of concrete.

Key words: nanosilica, mechanical properties, polypropylene fibers