



Obtaining conversion coefficients of standard cubic samples of fiber concrete to standard cylindrical sample of fiber concrete

Mehdi Vajdian¹, Kian Asghari^{1*}

¹- Faculty, School of Civil Engineering, College of Civil Engineering, Islamic Azad University of Aligudarz, Aligudarz, Iran
Email: m.vajdian@gmail.com

^{1*}- M.Sc. of Structural Engineering, School of Civil Engineering, College of Civil Engineering, Islamic Azad University of Aligudarz, Aligudarz, Iran
Email: kianasghariVVV@gmail.com

ABSTRACT

The destruction of concrete depends on the formation of cracks and cracks in the cracks. As the load increases, the cracks are connected together, forming the cracks. In order to overcome this problem as well as the creation of homogeneous conditions, in the last few decades, a series of thin strands used in all the volume of concrete are used, which are called fibers. Fibers concrete is actually a composite that increases the tensile strength by applying the reinforcing fibers inside the concrete mixture. This composite combination has the proper integration and continuity and the possibility of using concrete as a possible material to produce wiggly-resistant surfaces. Fibers concrete is also highly capable of absorbing high energy and is not easily break down under the impact of impact loads. The historical witness of this technology is the great use of building buildings. As a matter of fact, fibers concrete is the advanced form of this technology, which is replaced by natural and synthetic fibres, replacement of straw, and cement replacement in the thatch. The fibers used in this study is of the type of polyolefin fiber and polypropylene. In this research, the reason for the necessity of using fibers, construction method, mechanical properties and applications of fiber concrete and obtaining conversion coefficients of standard cubic samples of fiber concrete to standard cylindrical sample of fiber concrete according to the results of applications and research has been discussed.

Keywords: Fiber concrete, Polyolefin fiber, Polypropylene fiber, Mechanical properties, Conversion coefficients



به دست آوردن ضرایب تبدیل نمونه های استاندارد مکعبی بتن الیافی به نمونه های استاندارد استوانه ای بتن الیافی

کیان اصغری^{۱*}، مهدی وجديان^۲

^۱- کارشناسی ارشد مهندسی عمران- سازه، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی الیگودرز، الیگودرز، ایران

پست الکترونیکی:

kianasghari ۷۷۷@gmail.com

^۲- هیأت علمی، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی الیگودرز، الیگودرز، ایران

پست الکترونیکی:

m.vajdian@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۱۹

چکیده

خرابی و انهدام بتن به شدت به تشکیل ترک ها و ریز ترک ها بستگی دارد. با افزایش بارگذاری، ریز ترک ها به هم متصل شده و ترک ها را تشکیل می دهند. به منظور رفع این مشکل و همچنین ایجاد شرایط همگن، در چند دهه اخیر از یک سری رشته های نازک که در تمام حجم بتن گستردۀ شده است، استفاده می گردد که به آن ها الیاف گفته می شود. بتن الیافی در حقیقت نوعی کامپوزیت است که با بکارگیری الیاف تقویت کننده داخل مخلوط بتن، مقاومت کششی آن فوق العاده افزایش می یابد. این ترکیب کامپوزیتی، یکپارچگی و پیوستگی مناسبی داشته و امکان استفاده از بتن به عنوان یک ماده شکل پذیر جهت تولید سطوح مقاوم پرانحنا را فراهم می آورد. بتن الیافی از قابلیت جذب انرژی بالای نیز برخوردار است و تحت اثر بارهای ضربه ای به راحتی از هم پاشیده نمی شود. شاهد تاریخی این فناوری، کاربرد کاهاگل در بناهای ساختمان است. در واقع بتن الیافی نوع پیشرفته این تکنولوژی می باشد که الیاف طبیعی و مصنوعی جدید، جانشین گل بکار رفته در کاهاگل شده است. الیاف مورد بررسی در این تحقیق، از نوع الیاف پلی الفین و پلی پروپیلن می باشد. در این تحقیق دلیل ضرورت استفاده از الیاف، نحوه ساخت، خواص مکانیکی، کاربردهای بتن الیافی و به دست آوردن ضرایب تبدیل نمونه های استاندارد مکعبی بتن الیافی با بعد متغیر به نمونه های استاندارد استوانه ای بتن الیافی با توجه به نتایج کاربردها و پژوهش‌های انجام شده مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: بتن الیافی، الیاف پلی الفین، الیاف پلی پروپیلن، خواص مکانیکی، ضرایب تبدیل

۱- مقدمه

با گذشت زمان و افزایش جمعیت دنیا نیاز به پیشرفت در زمینه ساخت و ساز، نگهداری و مقاوم سازی سازه های موجود و استفاده از تکنولوژی های نوین بیش از پیش احساس می شود. علاوه بر این لزوم ساخت سازه های مقاوم در برابر زلزله به دلیل افزایش لزه خیزی کشور های دنیا بیشتر احساس می شود. از جمله تکنولوژی های نوین که جایگاه ویژه ای در ساخت و ساز به خود اختصاص داده، افزودنی های بتن و الیاف تقویت کننده در غالب بتن الیافی می باشد. استفاده از افزودنی های بتن باعث بهبود خواص مطلوب بتن، همچون مقاومت آن می گردد و در بعضی موارد با کاهش وزن بتن، مصالح بسیار سبکی را فرا راه مهندسین بنا قرار می دهد [۱].

به منظور ایجاد شرایط ایزوتربوی 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 می شود، متداول شده است. تکنیک بتن مسلح به الیاف یا بتن الیافی عموماً بر مبنای پخش تصادفی الیاف در بتن می باشد. الیاف مقاومت کششی و شکل پذیری ملات و بتن را به نحو قابل توجهی افزایش می دهد و رفتار بتن را از حالت ترد به حالت نرم و شکل پذیر در می آورد. هم اکنون الیاف به عنوان یکی از موارد ساختمنی به همراه بتن در اکثر کشورها به نحو چشمگیری مورد استفاده قرار می گیرد. بتن ساخته شده از سیمان، آب، شن و ماسه (مصالح سنگی) و الیاف مجرزاً بتن مسلح بر طبق تعريف کمیته ۵۴۴ ACI بتن الیافی نامیده می شود [۲].

تکنولوژی بتن پر مقاومت توسعه ای جدید در صنعت ساخت سازه های بتنی محسوب می شود. در بتن سخت شده مقاومت و دوام دو عامل اصلی بوده و هر چه مقاومت فشاری بتن بیشتر می شود بتن ترد شده و در نتیجه مقاومت کششی آن به نسبت افزایش مقاومت فشاری افزایش نمی یابد و نیز از تحمل کرنش پایینتر برخوردار است. بدین دلیل نیاز به استفاده از الیاف در بتن پر مقاومت کاملاً مشهود است جهت افزایش مقاومت کششی و جلوگیری از گسترش ترک و بویژه افزایش نرمی از الیاف در بتن استفاده می شود. مقاومت مقدار افزایش با تغییر اینها بستگی به مقاومت بتن بدون الیاف شکل الیاف و درصد الیاف دارد. قابلیت انعطافی که بتن الیافی دارد همانند خواص مواد پلاستیکی باعث می شود که بتن الیافی گسیختگی ناگهانی نداشته باشد. از آنجا که الیاف مصنوعی در جسم بتن در همه جهات پراکنده می شود در صورت تشکیل یک ترک در جهات مختلف الیاف اتصالاتی را بوجود آورده و از گسترش ترک جلوگیری می نماید. امروزه کاربرد بتن با نرمی بالاتر که بتواند تغییر شکل های زیاد را بدون شکست تحمل نماید، مورد توجه قرار گرفته است. تحقیقات در خصوص تأمین نرمی لازم در بتن با الیاف های مختلف و حتی حذف آرماتور در حال انجام می باشد. هدف از کاربرد الیاف در بتن افزایش مقاومت کششی، کنترل گسترش ترک ها و افزایش طاقت بتن می باشد تا قطعه بتنی بتواند در مقابل بارهای وارد در یک مقطع ترک خورده تغییر شکل های زیادی را پس از نقطه حداکثر تنفس تحمل نماید [۳].

بتن تقویت شده با الیاف (FRC) Fiber Reinforced Concrete در حقیقت نوعی کامپوزیت است که با بکارگیری الیاف تقویت کننده داخل مخلوط بتن، مقاومت کششی فوق العاده افزایش می یابد. این ترکیب کامپوزیتی، یکپارچگی و پیوستگی مناسبی داشته و امکان استفاده از بتن به عنوان یک ماده شکل پذیر جهت تولید سطوح مقاوم پر انحصار را فراهم می آورد. بتن الیافی خواص مناسبی همچون شکل پذیری بالا، مقاومت فوق العاده، قابلیت جذب انرژی و پایداری در برابر ترک خوردن را دارا می باشد که متناسب با آنها می توان موارد کاربرد فراوانی برای آن یافت. مقاومت فشاری فوق العاده بالا از FRC با استفاده از دانه بندی مناسب که به طور همگن مخلوط شده باشند، بدست می آید. از سوی دیگر، افزایش نیروهای کششی و خمشی، شکستگی و کنترل آسیب به طور عمده به دلیل تقسیم به طور تصادفی از فیبرهای تقویت کننده در اختلاط حاصل می شود. در نتیجه بسیاری از تحقیقات انجام شده روی این نوع از بتن، نشان می دهد که در شرایط بارگذاری دینامیکی نسبت به سایر انواع بتن ها ویژگی های کنترل آسیب فوق العاده ای دارد [۴].

مدرسی و همکاران تاثیر آب خلیج فارس بر خواص مقاومتی بتن حاوی الیاف پلی پروبیلن را بررسی کردند. نتایج آزمایشات نشان می دهد که مقاومت فشاری بتن با افزودن الیاف، تاثیر سوی شرایط مخرب خلیج فارس بر مقاومت فشاری بتن کمتر می شود. همچنین

شرایط محیطی خلیج فارس باعث کاهش مقاومت خمینی بتن می شود اما با افزودن ۳ کیلوگرم الیاف پلی پروپیلن به هر متر مکعب بتن می توان تاثیر سوء شرایط محیطی خلیج فارس را بر مقاومت خمینی بتن خنثی کرد [۵ و ۶].

حسینیان و همکارانشان به بررسی اثر دوام الیاف پلاستیک و الیاف پلی پروپیلن بر خصوصیات مکانیکی بتن الیاف دار خود متراکم پرداختند [۷].

از دیگر محققان در زمینه الیاف مصنوعی برادران سینگ می باشند که مقاومت خستگی خمینی بتن آرمه تقویت شده با الیاف ترکیبی پلی پروپیلن را بررسی کرده اند [۸].

در ادامه، بالاگورا از قالب های مستطیلی با زائد هایی در کف، برای تسريع در ترک خوردگی بتن الیاف دار ساخته شده با الیاف پلی پروپیلن استفاده کرد. یکی از انواع الیاف مورد استفاده در آزمایشات او، الیاف پلی پروپیلن با طول ۳۰ میلیمتر بود که در صورت استفاده از این الیاف در ملات های سیمانی، میزان ترک های نمونه بدون الیاف می رساند [۹].

در آینه نامه های بتن دنیا اکثرا علت تفاوت مقاومت فشاری را عمدتاً ناشی از تفاوت ابعاد و شکل دو نمونه بتنی می دانند. در این تحقیق اثر نوع بتن نیز به عنوان یک پارامتر مستقل روی ضرایب تبدیل بررسی می گردد.

۲- مصالح مصرفی

سیمان ماده ای اصلی چسباننده در بتن است. سیمان های مختلف بسته به درصد ترکیباتی که دارند می توانند ویژگی های شیمیایی متفاوتی از خود نشان دهند. در این تحقیق سیمان استفاده شده، در طرح مخلوط های مختلف از نوع سیمان پرتلند تیپ ۲ کارخانه درود (بدون ذرات نانو و میکروسیلیس) می باشد. سیمان پرتلند تیپ ۲ تحت عنوان سیمان اصلاح شده نیز شناخته می شود. از سیمان پرتلند تیپ ۲ به دلیل مقاومت متوسط آن نسبت به محیط های خورنده برای ساخت بتن هایی که حرارت هیدراسیون متوسط در آنها ضروری بوده و حمله سولفات ها به آنها در حد متوسط باشد، مورد استفاده قرار می گیرد.

این نوع سیمان مطابق با مشخصات مطرح شده در استاندارد ملی ایران به شماره ISIRI-۳۸۹ [۱۰] تولید می شود و دارای حداقل (C۳A) به میزان ۸ درصد می باشد. که ویژگی آن در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: مشخصات سیمان مصرفی

حرارت هیدراسیون (Cal/gr)	فشاری مقاومت (kg/cm ²)			زمان گیرش		انبساط اتوکلاو %	سطح مخصوص (gr/cm ²)	مقدار در استاندارد ISIRI-۳۸۹
	۲۸ روز	۷ روز	۳ روز	نهایی	اولیه			
<۷۰	>۳۱۵	>۱۷۵	>۱۰۰	≤۳۶۰	≥۴۵	<۰/۸	≥۲۸۰۰	

در این تحقیق از الیاف پلی الفین (از مواد اصلاح شده پلی پروپیلن) و پلی پروپیلن که به صورت چاپد هستند، با نسبت ۱ درصد حجمی بتن استفاده گردیده است. این الیاف ها محصول کشور ایران از کارخانه نانو و نخ سیرجان می باشد که مشخصات آنها در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲: مشخصات الیاف های مصرف شده [۱۱ و ۱۲]

نقطه ذوب (C°)	مقاطومت کششی (MPa)	مدول الاستیسیته (GPa)	چگالی جرمی (gr/cm ³)	طول الیاف (mm)	قطر الیاف (mm)	نوع الیاف
۱۶۰-۱۷۰	۵۰۰-۶۰۰	۵/۵-۶/۵	۰/۹۱	۵۰	۰/۳۰-۰/۳۵	پلی الفین
۱۶۰-۱۷۰	۳۰۰-۴۰۰	۳-۴	۰/۹۱	۳۰	۰/۱	پلی پروپیلن

کیفیت و الزامات آب مصرفی در بتن با عملکرد بسیار بالا، همانند بتن معمولی باید تمیز و عاری از مواد زیان آور باشد. استفاده شده در این تحقیق، از آب شرب شهر الیگودرز تهیه شده است که از نظر کیفیت مورد قبول می باشد.

بتن از پرکاربرد ترین مصالح ساختمانی است. ویژگی اصلی بتن، ارزان بودن و در دسترس بودن مواد اولیه آن است. امروزه با پیشرفت علم و فناوری در زمینه بتن های الیاف دار مشخص شده است که که مسئله دوام بتن در محیط های مختلف مورد توجه قرار گرفته است. مشاهده خرابی هایی با عوامل فیزیکی و شیمیایی در بتن ها، در اکثر نقاط جهان و با شدتی بیشتر در کشور های در حال توسعه، افکار و اذهان مهندسان و شیمیدانان را به سمت طرح بتن هایی با ویژگی خاص و با دوام لازم سوق داده است. در این راستا در برخی از کشورها دستورالعمل ها و استاندارد هایی نیز برای طرح بتن با عملکرد بالا تهیه شده و طراحان و مجریان در بعضی از این کشورهای پیشرفت، ملزم به رعایت این دستورالعمل ها گشته اند. بنابراین در تحقیق صورت یافته انتخاب مصالحی اعم از نوع سیمان و مصالح سنگی با سایز های مورد نظر نقش ویژه ای در ساخت بتن های مقاوم داشته است.

پس از تهیه مصالح درشت دانه و ریز دانه و انتقال آن به انبار آزمایشگاه با شستشوی مصالح و دانه بندی آنها براساس دانه بندی شماره ۸ استاندارد ASTM C۳۳ [۱۲] مواد مضر موجود در مصالح حذف و دانه بندی اصلاح گردید. در جدول ضمن ارائه مشخصات دانه بندی، مقادیر مربوطه با محدوده مجاز توصیه شده توسط استاندارد ASTM مقایسه نموده ایم. مدول نرمی نیز از تقسیم مجموع درصد تجمعی مانده روی الکها بر عدد صد بدست آمده است. مدول نرمی ماسه در این آزمایش ۳/۹۳ بدست آمده است.

جدول ۳: نتایج آزمایش دانه بندی ماسه

شماره الک	وزن الک (gr)	وزن الک با ماسه (gr)	وزن الک با ماسه (gr)	وزن مصالح (gr)	درصد مانده روی الک	درصد تجمعي مانده هر الک	درصد رد شده هر الک
۴	۴۹۲	۵۷۰	۷۸	۵/۲۰	۵/۲۰	۵/۲۰	۹۴/۸۰
۸	۳۰۲	۶۰۵	۳۰۳	۲۰/۲۰	۲۵/۴۰	۲۰/۲۰	۷۴/۶۰
۱۶	۳۴۰	۶۷۵	۳۳۵	۲۲/۳۳	۴۷/۷۳	۲۲/۳۳	۵۲/۲۷
۳۰	۳۴۹	۶۳۰	۲۸۱	۱۸/۷۳	۶۶/۴۷	۱۸/۷۳	۳۳/۵۳
۴۰	۴۰۰	۵۴۸	۱۴۸	۹/۷۸	۷۶/۳۳	۹/۷۸	۲۳/۶۷
۵۰	۳۳۹	۴۵۰	۱۱۱	۷/۴	۸۳/۷۳	۷/۴	۱۶/۲۷
۷۰	۳۶۰	۴۶۶	۱۰۶	۷/۰۷	۹۰/۸	۷/۰۷	۹/۲۰
۱۰۰	۲۶۰	۳۶۳	۱۰۳	۶/۸۷	۹۷/۶۷	۶/۸۷	۲/۳۳
زیر الک	۵۰۲	۵۳۷	۳۵	۲/۳۳	۱۰۰	۱۰۰	.
مجموع		۱۵۰۰	۱۰۰	۴۹۳/۳۳	۴۹۳/۳۳	۵/۲۰	۹۴/۸۰

جدول ۴: نتایج آزمایش دانه بندی شن

شماره الک	وزن الک (gr)	وزن الک با شن (gr)	وزن الک با شن (gr)	وزن مصالح (gr)	درصد مانده روی الک	درصد تجمعي مانده هر الک	درصد رد شده هر الک
۱۲/۷	۳۶۵	۳۶۵	۳۶۵	۰	۰	۰	۱۰۰
۱۱/۲	۲۷۲	۲۷۲	۲۷۲	۰	۰	۰	۱۰۰
۹/۵۱	۳۴۰	۳۴۰	۳۴۰	۰	۰	۰	۱۰۰
۸	۳۴۹	۴۵۴	۱۰۵	۱۰/۵	۱۰/۵	۱۰/۵	۸۹/۵
۶/۳۶	۴۰۰	۷۶۳	۳۶۳	۳۶/۳	۴۶/۸	۳۶/۳	۵۳/۲
۵/۶	۳۳۹	۵۵۶	۲۱۷	۲۱/۷	۶۸/۵	۲۱/۷	۳۱/۵
۴/۷۶	۴۹۲	۷۸۵	۲۹۳	۲۹/۳	۹۷/۸	۲۹/۳	۲/۲
۲/۳۸	۳۰۲	۳۲۴	۲۲	۲/۲	۱۰۰	۱۰۰	.
زیر الک	۵۰۲	۵۰۲	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰	.

۳- طرح اختلاط

در مورد طرح اختلاط بتن الیافی در کمیته ACI ۵۴۴-۳R توضیح داده شده است. همچنین پیشنهاداتی برای بهتر شدن خواص بتن الیافی آورده شده است. بنابراین طرح نهایی با تغییرات صورت گرفته به دلیل کاربرد الیاف پلی پروپیلن و پلی الفین برای ساخت نمونه ها انتخاب گردید.

جدول ۵: جزئیات اختلاط بتن مصرفی برای نمونه های مکعبی ($10 \times 10 \times 10$) سانتیمتر

آب سیمان	(kg/m ^۳) آب	(kg/m ^۳) بادامی	(kg/m ^۳) نخودی	(kg/m ^۳) ماسه	(kg/m ^۳) سیمان
۰/۵۵	۱۹۳	۲۵۰	۴۰۰	۱۰۵۰	۳۵۰

جدول ۶: جزئیات اختلاط بتن مصرفی برای نمونه های مکعبی ($15 \times 15 \times 15$) سانتیمتر

آب سیمان	(kg/m ^۳) آب	(kg/m ^۳) بادامی	(kg/m ^۳) نخودی	(kg/m ^۳) ماسه	(kg/m ^۳) سیمان
۰/۵۵	۶۷۳	۸۲۵	۱۳۲۰	۳۴۶۵	۱۱۵۵

جدول ۷: جزئیات اختلاط بتن مصرفی برای نمونه های مکعبی ($20 \times 20 \times 20$) سانتیمتر

آب سیمان	(kg/m ^۳) آب	(kg/m ^۳) بادامی	(kg/m ^۳) نخودی	(kg/m ^۳) ماسه	(kg/m ^۳) سیمان
۰/۵۵	۱۵۰۵	۱۹۵۰	۳۱۲۰	۸۱۹۰	۲۷۳۰

جدول ۸: جزئیات اختلاط بتن مصرفی برای نمونه های مکعبی ($25 \times 25 \times 25$) سانتیمتر

آب سیمان	(kg/m ^۳) آب	(kg/m ^۳) بادامی	(kg/m ^۳) نخودی	(kg/m ^۳) ماسه	(kg/m ^۳) سیمان
۰/۵۵	۲۹۳۳	۳۸۰۰	۶۰۸۰	۱۵۹۶۰	۵۳۲۰

جدول ۹: جزئیات اختلاط بتن مصرفی برای نمونه های مکعبی ($30 \times 30 \times 30$) سانتیمتر

آب سیمان	(kg/m ^۳) آب	(kg/m ^۳) بادامی	(kg/m ^۳) نخودی	(kg/m ^۳) ماسه	(kg/m ^۳) سیمان
۰/۵۵	۵۰۷۶	۶۵۷۵	۱۰۵۲۰	۲۷۶۱۵	۹۲۰۵

جدول ۱۰: جزئیات اختلاط بتن مصرفی برای نمونه های استوانه ای (15×30) سانتیمتر

آب سیمان	(kg/m ^۳) آب	(kg/m ^۳) بادامی	(kg/m ^۳) نخودی	(kg/m ^۳) ماسه	(kg/m ^۳) سیمان
۰/۵۵	۹۸۴	۱۲۷۵	۲۰۴۰	۵۳۵۵	۱۷۸۵

جدول ۱۱: جزئیات الیاف مصرف شده به مقدار ۱ درصد حجمی برای نمونه های بتن الیافی

نمونه های (15×30) سانتیمتر	نمونه های ($30 \times 30 \times 30$) سانتیمتر	نمونه های ($25 \times 25 \times 25$) سانتیمتر	نمونه های ($20 \times 20 \times 20$) سانتیمتر	نمونه های ($15 \times 15 \times 15$) سانتیمتر	نمونه های ($10 \times 10 \times 10$) سانتیمتر
۵۳	۲۷۰	۱۵۶	۸۰	۳۴	۱۰

۴- ساخت و عمل آوری نمونه ها

مراحل ساخت بتن الیافی براساس آین نامه کمیته ۵۴۴ ACI انجام شد. ساخت بتن شامل مراحل توزین و پیمانه کردن و همچنین اختلاط اجزاء آن می باشد. رعایت نسبت ها و مقادیر اجزاء بتن (طرح مخلوط بتن) با توجه به رواداری های مورد نظر در آین نامه کمیته ۵۴۴ ACI ضرورت دارد. مهمترین نکته در اختلاط، همگنی بتن و رسیدن آب به سطح دانه های سیمان و مصالح می باشد و استفاده از اختلاط دستی در شرایط محیطی مورد نظر ابدا جایز نمی باشد. حفظ همگنی در تمام مراحل تخلیه مخلوط کن، حمل، ریختن و تراکم بتن از مهمترین اصول اجرای بتن است. ایجاد همگنی، تأمین دمای مناسب و در حد مجاز پس از اتمام اختلاط، عدم آلودگی به مواد خارجی و دستیابی به حجم بتن مورد نیاز در زمان تعیین شده از جمله نکاتی است که در انتخاب و بکارگیری مصالح با دمای مناسب و حجم یا نوع مخلوط کن باید بدان توجه نمود.

با توجه به آزمایش مقاومت فشاری و کششی برای نمونه های استوانه ای در مجموع تعداد ۵ نمونه استوانه ای با ابعاد (۳۰×۱۵×۱۵) سانتیمتر) ساخته شد.

با توجه به آزمایش مقاومت فشاری برای نمونه های مکعبی با ابعاد متغیر در مجموع تعداد ۴۲ نمونه مکعبی بتن الیافی با ابعاد متغیر (۱۰×۱۰×۱۵) سانتیمتر)، (۱۵×۱۵×۱۵) سانتیمتر)، (۲۰×۲۰×۲۰) سانتیمتر)، (۲۵×۲۵×۲۵) سانتیمتر) و (۳۰×۳۰×۳۰) سانتیمتر) ساخته شد.

عمل آوری نمونه های ساخته شده در ابعاد مختلف مکعبی و استوانه ای در این بخش از تحقیق، عمل آوری مرتبط (آب با دمای ۲۵ درجه سانتیگراد) می باشد. در این عمل آوری بعد از نگهداری نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در قالب، نمونه ها به مدت ۲۸ روز در حوضچه ای آب قرار می گیرند.

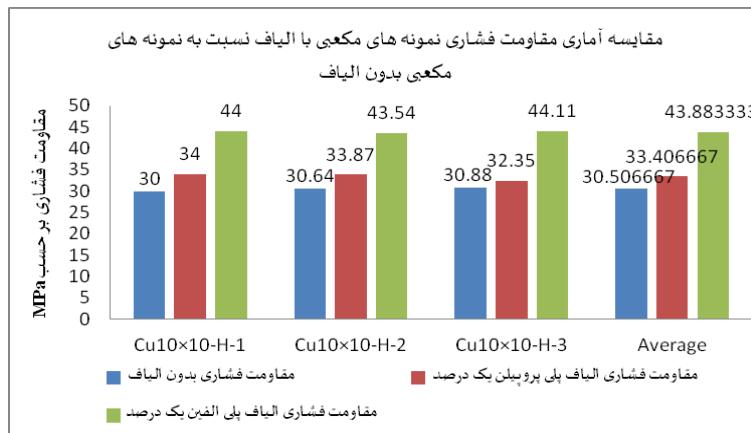
۵- شرح آزمایش

هدف از انجام این تحقیق بررسی آزمایشگاهی تأثیر انواع الیاف بر روی خواص فیزیکی و شیمیایی بتن برای دست یابی به ضرایب تبدیل نمونه های بتن الیافی مکعبی به استوانه ای استاندارد مورد استفاده در این تحقیق می باشد. برای ساخت هر نوع بتن در ابعاد مختلف مکعبی و استوانه ای (مطابق آین نامه مبحث نهم مقررات ملی ساختمان) از دو نوع الیاف مختلف استفاده شد. به طوری که، بر اساس طرح اختلاط به دست آمده (ACI-۵۴۴)، با ثابت نگاه داشتن مقادیر وزنی سایر مصالح، الیاف در دو نوع مختلف شامل الیاف مش فیبرله شده پلی الفین و الیاف ترکیبی پلی پروپیلن با درصد وزنی ۱ درصد به صورت خشک به بتن اضافه شد تا از گلوله ای شدن بتن جلوگیری بعمل آید. از مشکلات استفاده از الیاف در بتن احتمال گلوله ای شدن الیاف در بتن می باشد لذا می بایست مقدار و نحوه مخلوط کردن الیاف در بتن به دقت انجام گیرد تا از گلوله ای شدن الیاف در بتن بتوان جلوگیری نمود [۱۴].

نمونه های ساخته شده مطابق آین نامه مبحث نهم از مقررات ملی ساختمان در دو نوع استاندارد استوانه ای به ابعاد (۳۰×۱۵×۱۵) سانتیمتر) و استاندارد مکعبی با ابعاد متغیر (۱۰×۱۰×۱۰) سانتیمتر)، (۱۵×۱۵×۱۵) سانتیمتر)، (۲۰×۲۰×۲۰) سانتیمتر)، (۲۵×۲۵×۲۵) سانتیمتر) و (۳۰×۳۰×۳۰) سانتیمتر) جهت انجام پژوهش و انجام آزمایش های مقاومت فشاری و مقاومت کششی، انجام پذیرفت. همچنین با بررسی بتن های ساخته شده با پارامترهای مکانیکی متفاوت (مطابق طرح اختلاط پیشنهادی ACI-۵۴۴) و نمونه گیری های بعمل آمده، نمونه های ساخته شده در سن مورد نظر تحت آزمایش های دوام قرار گرفتند و با یکدیگر مقایسه شدند. همچنین نمونه های ساخته شده مذکور در حوضچه های متفاوت نگهداری شده و با بتن های معمولی که مطابق شرایط استاندارد می باشد مقایسه می شوند که در پایان مدت عمل آوری علاوه بر اندازه گیری پارامترهای دوام مذکور، میزان تغیرات وزن آن ها و همچنین مقاومت فشاری آن ها اندازه گیری شده و با یکدیگر مقایسه خواهند شد. با توجه به مطالب گفته شده انجام آزمایش های زیر طبق استاندارد های معتبر صورت گرفته است. آزمایش مقاومت فشاری مطابق استاندارد ASTM C۳۹ [۱۵]، آزمایش مقاومت کششی (برزیلی) به روش دو نیم کردن مطابق استاندارد ASTM C۴۹۶ [۱۶]، آزمایش مقاومت در برابر نفوذ یون کلرید مطابق استاندارد ASTM C۱۵۵۶ [۱۷] انجام می شود.

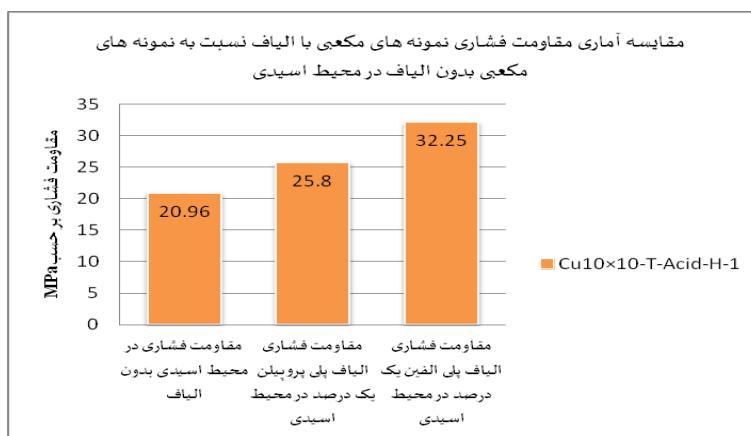
استاندارد ملی ایران به شماره ISIRI-۲۱۰ [۱۸] برای محیط سولفاتی (سولفوریک اسید) و استاندارد ملی ایران به شماره ISIRI-۲۰۹ [۱۹] برای محیط اسیدی (کلریدریک اسید)، آزمایش نفوذ پذیری یا جذب آب در بتون سخت شده طبق استاندارد ASTM C۶۴۲ [۲۰]، آزمایش یخندان و آب شدگی در اثر حرارت مطابق استاندارد ASTM C۶۶۶ [۲۱]، آزمایش لس آنجلس یا تست سایش مطابق استاندارد ASTM C۹۴۴ [۲۲] برای سایش بتون یا ملات (روش سمباده چرخان) انجام می‌پذیرد.

۶- نتایج و بحث



شکل ۱: مقایسه مقاومت فشاری نمونه های (۱۰×۱۰×۱۰) سانتیمتر با الیاف پلی پروپیلن و کبریتی

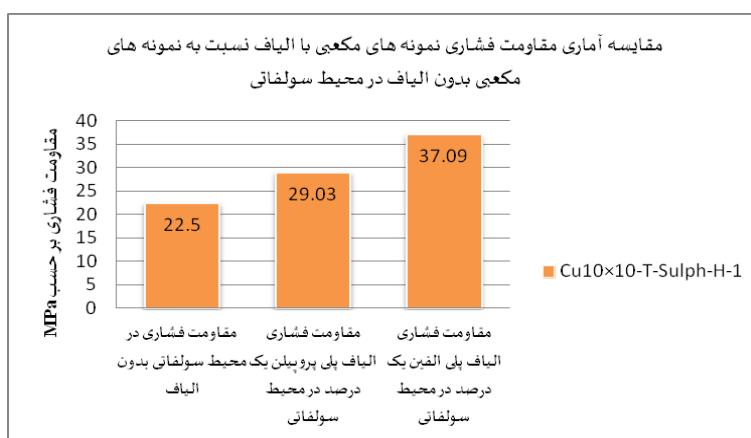
در نمونه های مسلح به الیاف پلی الفین با طول ۵۰ میلیمتر نمونه با ۱ درصد حجمی الیاف بیشترین مقدار و نمونه های بدون درصد حجمی الیاف کمترین مقدار مقاومت فشاری را دارند. میانگین مقاومت نمونه های بدون الیاف به نسبت میانگین مقاومت نمونه های مسلح به الیاف پلی پروپیلن ۸/۶۸ درصد کاهش مقاومت داشته است. همچنین میانگین مقاومت نمونه های بدون الیاف به نسبت میانگین مقاومت نمونه های مسلح به الیاف پلی الفین ۳۰/۴۹ درصد کاهش مقاومت داشته است.



شکل ۲: مقایسه مقاومت فشاری نمونه های (۱۰×۱۰×۱۰) سانتیمتر) با الیاف نسبت به بدون الیاف در محیط اسیدی

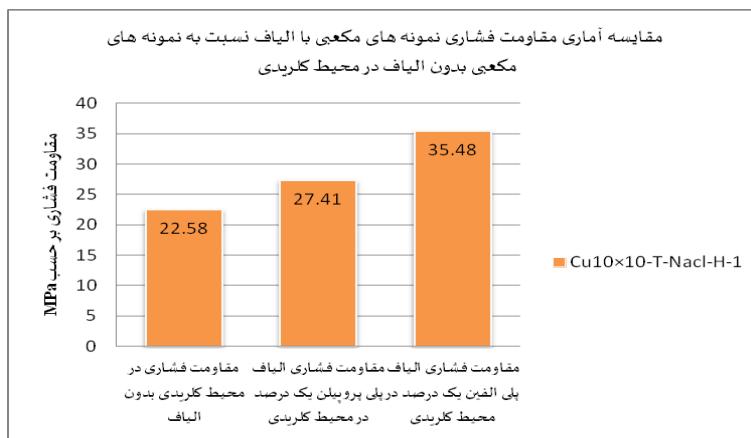
در نمونه ی مسلح به الیاف پلی پروپیلن در محیط اسیدی با طول ۳۰ میلیمتر مقدار ۷/۸۱ مگاپاسکال یا ۲۳/۲۳ درصد مقاومت فشاری نسبت به نمونه مسلح به الیاف پلی پروپیلن با طول ۳۰ میلیمتر در محیط معمولی کاهش یافته است. در نمونه ی مسلح به الیاف

پلی الفین در محیط اسیدی با طول ۵۰ میلیمتر مقدار ۱۳/۱۵ مگاپاسکال یا ۲۸/۹۶ درصد مقاومت فشاری نسبت به نمونه ی مسلح به الیاف پلی الفین با طول ۵۰ میلیمتر در محیط معمولی کاهش یافته است. همچنین در نمونه ی مسلح به الیاف پلی پروپیلن با طول ۳۰ میلیمتر در محیط اسیدی مقدار ۶/۴۵ مگاپاسکال یا ۲۰ درصد مقاومت فشاری نسبت به نمونه ی مسلح به الیاف پلی الفین با طول ۵۰ میلیمتر در محیط اسیدی کاهش یافته است.



شکل ۳: مقایسه مقاومت فشاری نمونه های (۱۰×۱۰×۱۰ سانتیمتر) با الیاف نسبت به بدون الیاف در محیط سولفاتی

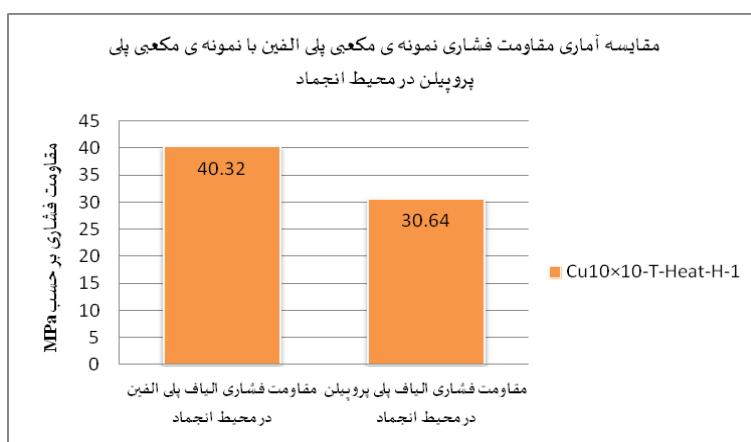
در نمونه ی مسلح به الیاف پلی پروپیلن در محیط سولفاتی با طول ۳۰ میلیمتر مقدار ۴/۵۸ مگاپاسکال یا ۱۳/۶۲ درصد مقاومت فشاری نسبت به نمونه ی مسلح به الیاف پلی پروپیلن با طول ۳۰ میلیمتر در محیط معمولی کاهش یافته است. در نمونه ی مسلح به الیاف پلی الفین در محیط سولفاتی با طول ۵۰ میلیمتر مقدار ۸/۳۱ مگاپاسکال یا ۱۸/۰۳ درصد مقاومت فشاری نسبت به نمونه ی مسلح به الیاف پلی الفین با طول ۵۰ میلیمتر در محیط معمولی کاهش یافته است. همچنین در نمونه ی مسلح به الیاف پلی پروپیلن در محیط سولفاتی مقدار ۸/۰۶ مگاپاسکال یا ۲۱/۷۳ درصد مقاومت فشاری نسبت به نمونه ی مسلح به الیاف پلی الفین در محیط سولفاتی کاهش یافته است.



شکل ۴: مقایسه مقاومت فشاری نمونه های (۱۰×۱۰×۱۰ سانتیمتر) با الیاف نسبت به بدون الیاف در محیط کلریدی

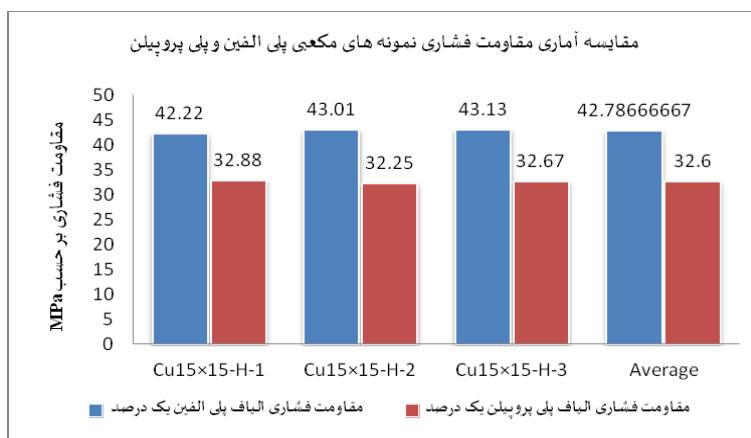
در نمونه ی مسلح به الیاف پلی پروپیلن در محیط کلریدی با طول ۳۰ میلیمتر مقدار ۶/۰۲ مگاپاسکال یا ۱۷/۹۱ درصد مقاومت فشاری نسبت به نمونه ی مسلح به الیاف پلی پروپیلن با طول ۳۰ میلیمتر در محیط معمولی کاهش یافته است. در نمونه ی مسلح به الیاف

پلی الفین در محیط کلریدی با طول ۵۰ میلیمتر مقدار ۹/۹۲ مگاپاسکال یا ۲۱/۸۵ درصد مقاومت فشاری نسبت به نمونه‌ی مسلح به الیاف پلی الفین با طول ۵۰ میلیمتر در محیط معمولی کاهش یافته است. همچنین در نمونه‌ی مسلح به الیاف پلی پروپیلن با طول ۳۰ میلیمتر در محیط کلریدی مقدار ۸/۰۷ مگاپاسکال یا ۲۲/۷۴ درصد مقاومت فشاری نسبت به نمونه‌ی مسلح به الیاف پلی الفین با طول ۵۰ میلیمتر در محیط کلریدی کاهش یافته است.



شکل ۵: مقایسه مقاومت فشاری نمونه‌های (۱۰×۱۰ سانتیمتر) با الیاف پلی الفین و پلی پروپیلن در محیط انجامد

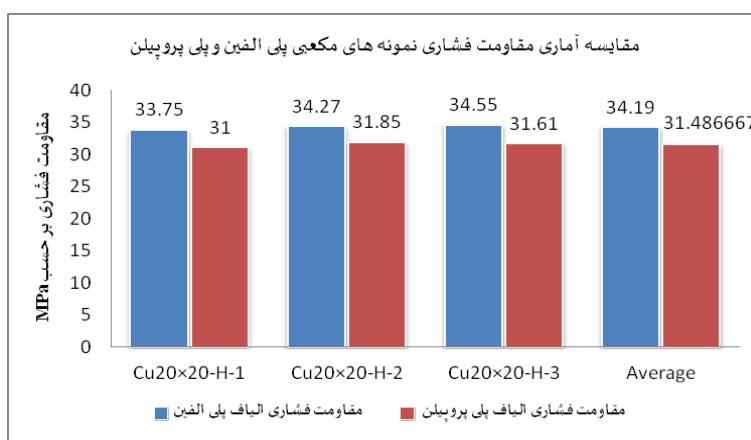
در نمونه‌ی مسلح به الیاف پلی پروپیلن در محیط تحت انجامد با طول ۳۰ میلیمتر مقدار ۹/۶۸ مگاپاسکال مقاومت فشاری نسبت به نمونه مسلح به الیاف پلی الفین در محیط تحت انجامد با طول ۵۰ میلیمتر کاهش یافته است. این یعنی نمونه‌ی مسلح به الیاف پلی پروپیلن در محیط تحت انجامد به نسبت نمونه‌ی مسلح به الیاف پلی الفین در محیط تحت انجامد ۲۴ درصد کاهش مقاومت داشته است.



شکل ۶: مقایسه مقاومت فشاری نمونه‌های (۱۵×۱۵ سانتیمتر) با الیاف پلی پروپیلن و کبریتی

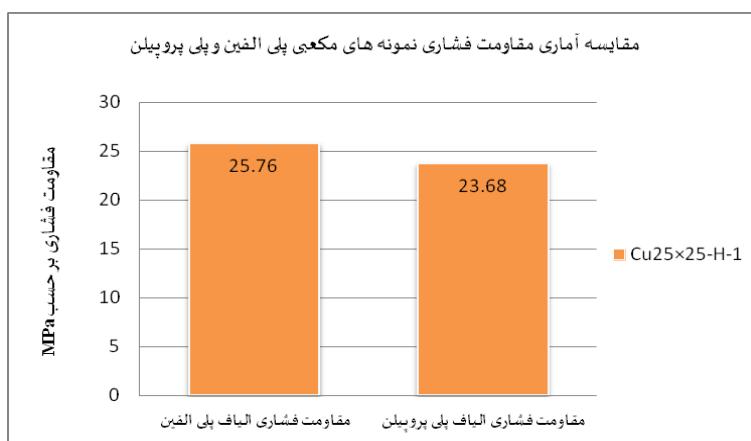
در نمونه‌های مسلح به الیاف پلی الفین با طول ۵۰ میلیمتر نمونه با ۱ درصد حجمی الیاف بیشترین مقدار و نمونه‌های مسلح به الیاف پلی پروپیلن با ۱ درصد حجمی الیاف کمترین مقادیر مقاومت فشاری را دارند. در نمونه‌ی اول مسلح به الیاف پلی پروپیلن با طول ۳۰ میلیمتر مقدار ۹/۳۴ مگاپاسکال یا ۲۲/۱۲ درصد مقاومت فشاری نسبت به نمونه‌ی اول مسلح به الیاف پلی الفین با طول ۵۰ میلیمتر

کاهش یافته است. در نمونه‌ی دوم مسلح به الیاف پلی پروپیلن مقدار ۱۰/۷۶ مگاپاسکال یا ۲۵/۰ درصد مقاومت فشاری نسبت به نمونه دوم مسلح به الیاف پلی الفین کاهش یافته است. در نمونه‌ی سوم مسلح به الیاف پلی پروپیلن مقدار ۱۰/۴۶ مگاپاسکال یا ۲۴/۴۵ درصد مقاومت فشاری نسبت به نمونه‌ی سوم مسلح به الیاف پلی پروپیلن کاهش یافته است.



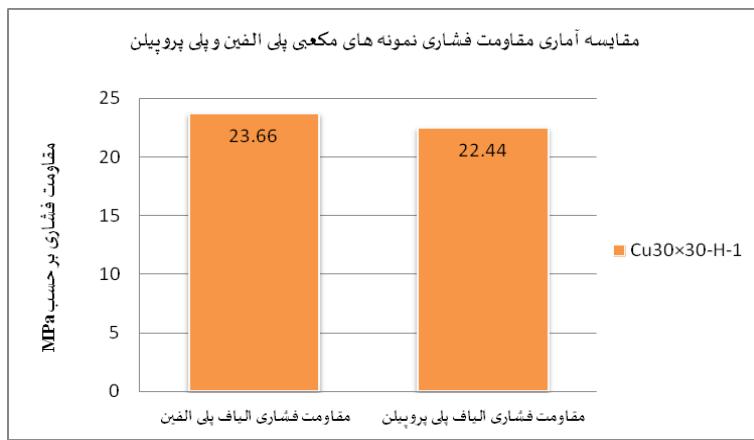
شکل ۷: مقایسه مقاومت فشاری نمونه‌های 20×20 سانتیمتر با الیاف پلی پروپیلن و پلی الفین

در نمونه‌های مسلح به الیاف پلی الفین با طول ۵۰ میلیمتر نمونه با ۱ درصد حجمی الیاف بیشترین مقدار و نمونه‌های مسلح به الیاف پلی پروپیلن با ۱ درصد حجمی الیاف کمترین مقدار مقاومت فشاری را دارند. در نمونه‌ی اول مسلح به الیاف پلی پروپیلن با طول ۳۰ میلیمتر مقدار ۲/۷۵ مگاپاسکال یا ۱۴/۸ درصد مقاومت فشاری نسبت به نمونه‌ی اول مسلح به الیاف پلی الفین با طول ۵۰ میلیمتر کاهش یافته است. در نمونه‌ی دوم مسلح به الیاف پلی پروپیلن مقدار ۲/۴۵ مگاپاسکال یا ۷/۱۵ درصد مقاومت فشاری نسبت به نمونه‌ی دوم مسلح به الیاف پلی الفین کاهش یافته است. در نمونه‌ی سوم مسلح به الیاف پلی پروپیلن مقدار ۲/۹۴ مگاپاسکال یا ۸/۵ درصد مقاومت فشاری نسبت به نمونه‌ی سوم مسلح به الیاف پلی الفین کاهش یافته است.



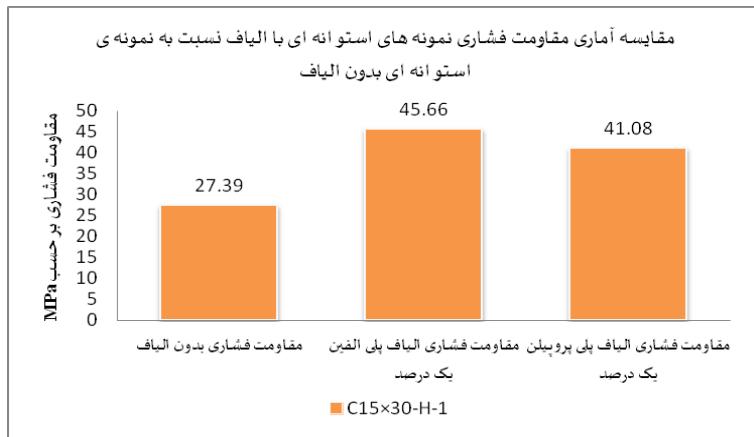
شکل ۸: مقایسه مقاومت فشاری نمونه‌های 25×25 سانتیمتر با الیاف پلی پروپیلن و پلی الفین

در نمونه‌ی مسلح به الیاف پلی پروپیلن با طول ۳۰ میلیمتر مقدار ۲/۰۸ مگاپاسکال مقاومت فشاری نسبت به نمونه‌ی مسلح به الیاف پلی الفین با طول ۵۰ میلیمتر کاهش یافته است. این یعنی نمونه‌ی مسلح به الیاف پلی پروپیلن به نسبت نمونه‌ی مسلح به الیاف پلی الفین با طول ۸/۰۷ درصد کاهش مقاومت داشته است.



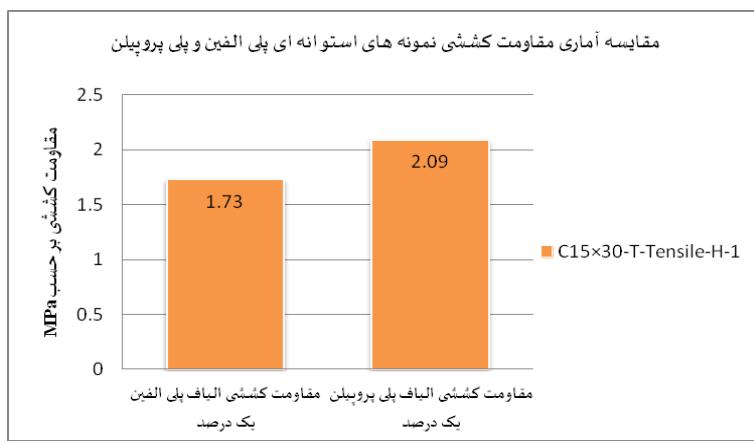
شکل ۹: مقایسه مقاومت فشاری نمونه های ($30 \times 30 \times 30$ سانتیمتر) با الیاف پلی پروپیلن و پلی الفین

در نمونه ی مسلح به الیاف پلی الفین با طول ۵۰ میلیمتر نمونه با ۱ درصد حجمی الیاف بیشترین مقدار و نمونه ی مسلح به الیاف پلی پروپیلن با طول ۳۰ میلیمتر نمونه با ۱ درصد حجمی الیاف کمترین مقدار را دارد. در نمونه ی مسلح به الیاف پلی پروپیلن با طول ۳۰ میلیمتر مقدار $1/22$ مگاپاسکال مقاومت فشاری نسبت به نمونه ی مسلح به الیاف پلی الفین با طول ۵۰ میلیمتر کاهش یافته است. این یعنی نمونه ی مسلح به الیاف پلی پروپیلن به نسبت نمونه ی مسلح به الیاف پلی الفین $5/15$ درصد کاهش مقاومت داشته است.



شکل ۱۰: مقایسه مقاومت فشاری نمونه های استوانه ای ($15 \times 30 \times 30$ سانتیمتر) با الیاف نسبت به بدون الیاف

در نمونه ی مسلح به الیاف پلی الفین با طول ۳۰ میلیمتر نمونه با ۱ درصد حجمی الیاف بیشترین مقدار و نمونه بدون درصد حجمی الیاف کمترین مقدار مقاومت فشاری را دارد. در نمونه ی مسلح به الیاف پلی پروپیلن با طول ۳۰ میلیمتر مقدار $4/58$ مگاپاسکال مقاومت فشاری نسبت به نمونه ی مسلح به الیاف پلی الفین با طول ۵۰ میلیمتر کاهش یافته است. این یعنی نمونه ی مسلح به الیاف پلی پروپیلن به نسبت نمونه ی مسلح به الیاف پلی الفین $10/03$ درصد کاهش مقاومت داشته است. در نمونه ی بدون درصد حجمی الیاف مقدار $13/69$ مقاومت فشاری نسبت به نمونه ی مسلح به الیاف پلی پروپیلن کاهش یافته است. در نمونه ی بدون درصد حجمی الیاف مقدار $18/27$ مقاومت فشاری نسبت به نمونه ی مسلح به الیاف پلی الفین کاهش یافته است.



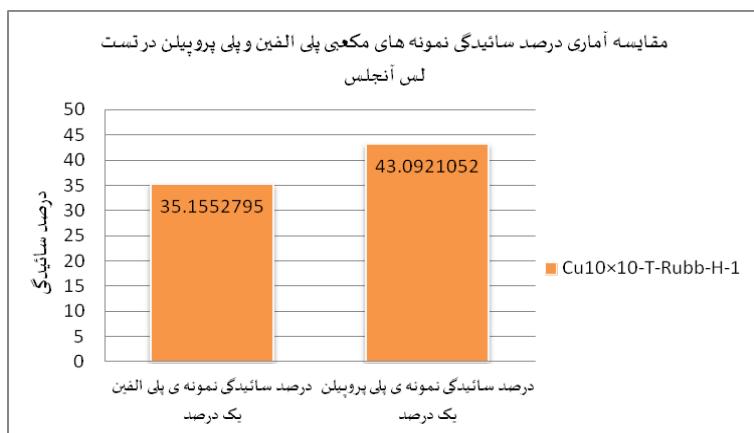
شکل ۱۱: مقایسه مقاومت کششی نمونه های استوانه ای (۱۵×۳۰ سانتیمتر) با الیاف پلی پروپیلن و پلی الفین

در نمونه‌ی مسلح به الیاف پلی الفین با طول ۵۰ میلیمتر نمونه با ۱ درصد حجمی الیاف کمترین مقدار و نمونه‌ی مسلح به الیاف پلی پروپیلن با طول ۳۰ میلیمتر نمونه با ۱ درصد حجمی الیاف بیشترین مقدار مقاومت کششی را دارد. در نمونه‌ی مسلح به الیاف پلی پروپیلن با طول ۳۰ میلیمتر مقدار ۰/۳۶ مگاپاسکال مقاومت کششی نسبت به نمونه‌ی مسلح به الیاف پلی الفین با طول ۵۰ میلیمتر افزایش یافته است. این یعنی نمونه‌ی مسلح به الیاف پلی الفین به نسبت نمونه‌ی مسلح به الیاف پلی پروپیلن ۱۷/۲۲ درصد کاهش مقاومت داشته است.

۷- آزمایش لس آنجلس یا تست سایش

درصد سائیدگی در آزمایش لس آنجلس یا تست سایش به روش سمباده چرخان از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\times 100 = \frac{\text{وزن نهایی} - \text{وزن اولیه}}{\text{وزن نهایی}} \quad (1)$$



شکل ۱۲: مقایسه درصد سائیدگی نمونه های (۱۰×۱۰×۱۰ سانتیمتر) پلی پروپیلن و پلی الفین

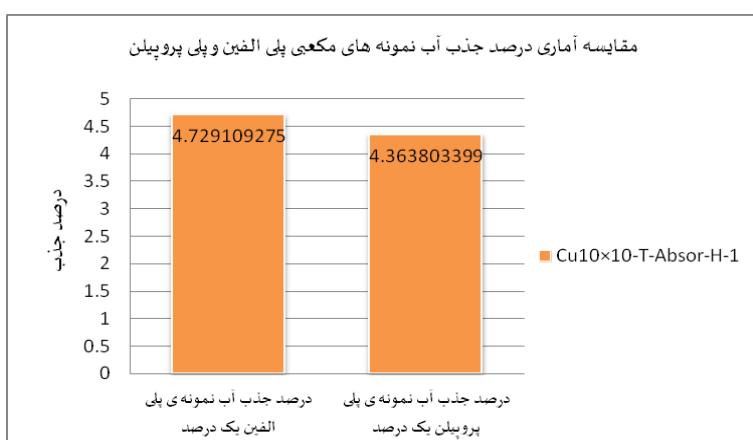
طبق شکل در نمونه‌ی پلی الفین سائیدگی کمتری نسبت به نمونه‌ی پلی پروپیلن صورت گرفته است. بنابراین الیاف پلی الفین نسبت به الیاف پلی پروپیلن در مقابل ضربه‌های واردہ بر نمونه‌های بتن الیافی مقاومت بهتری را از خود نشان می‌دهد.

۷- آزمایش نفوذپذیری یا جذب آب

در آزمایش نفوذ پذیری یا جذب آب در بتون سخت شده عموماً مقدار جذب آب سنگدانه‌ها متناسب با اندازه و جنس آنها در حالت SSD بین $0/0$ تا $4/5$ درصد می‌باشد. مقدار درصد جذب آب آزمونه‌ها در هر زمان با استفاده از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\text{درصد جذب آب} = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100 \quad (2)$$

(وزن نمونه خشک) و m (وزن نمونه مرطوب) است.



شکل ۱۳: مقایسه درصد جذب آب نمونه‌های مکعبی ($10 \times 10 \times 10$ سانتیمتر) پلی پروپیلن و پلی الفین

طبق شکل در نمونه‌ی پلی پروپیلن جذب آب کمتری نسبت به نمونه‌ی پلی الفین صورت گرفته است. بنابراین الیاف پلی پروپیلن برای جلوگیری از نفوذ آب در بتون در فصول سرد و سیکل‌های یخ‌بندان موثرتر می‌باشد.

۸- محاسبات ضرایب تبدیل

نتایج آزمایش مقاومت از نمونه‌های مکعبی باید مقاومت آنها به مقاومت نظیر نمونه‌ی استوانه‌ای استاندارد به ابعاد (150×300) میلیمتر تبدیل شود. برای تبدیل مقاومت نمونه‌های غیر استاندارد به استاندارد از ضرایب تبدیل r_1 و r_2 مطابق جداول ۱-۵-۹ تا ۳ در مبحث نهم از مقررات ملی ساختمان [۲۳] استفاده می‌گردد. ضرایب موجود برای آزمونه‌های بتونی مکعبی و استوانه‌ای بدون الیاف به صورت زیر می‌باشند.

جدول ۱۳: مقادیر r_2 (مطابق جدول ۱-۵-۹ مبحث نهم)

مکعبی	r_2
۱۰۰	۱/۰۵
۱۵۰	۱/۰۰
۲۰۰	۱/۰۰
۲۵۰	۰/۹۵
۳۰۰	۰/۹

جدول ۱۲: مقادیر r_1 (مطابق جدول ۱-۵-۹ مبحث نهم)

$a \times l_a$	r_1
100×200	۱/۰۲
150×300	۱/۰۰
200×400	۰/۹۷
250×500	۰/۹۵
300×600	۰/۹۱

جدول ۱۴: مقادیر r_2 (مطابق جدول ۹-۵-۳ مبحث نهم)

مقاطومت فشاری نمونه استوانه ای (مگاپاسکال)	r_2	مقاطومت فشاری نمونه مکعبی (مگاپاسکال)
با توجه به ضریب	۱/۲۵	≤۲۵
۲۵	۱/۲۰	۳۰
۳۰	۱/۱۷	۳۵
۳۵	۱/۱۴	۴۰
۴۰	۱/۱۳	۴۵
۴۵	۱/۱۱	۵۰
۵۰	۱/۱۰	۵۵

در صورت استفاده از نمونه های مکعبی بتن الیافی با ابعاد متغیر باید مقاومت آنها به مقاومت نظری نمونه ای استاندارد استوانه ای بتن الیافی به ابعاد (150×300) میلیمتر تبدیل شود. برای تبدیل مقاومت نمونه های بتن الیافی غیر استاندارد به نمونه ای استاندارد که در مبحث نهم از مقررات ملی ساختمان تا به حال اشاره ای به آن نشده است از ضرایب تبدیل r_1 جدید، r_2 جدید و r_3 مطابق جداول (15) و (16) استفاده می گردد. در نهایت ضرایب موجود برای آزمونه های بتونی مکعبی و استوانه ای مسلح به الیاف به صورت زیر به دست آمده است.

جدول ۱۵: مقادیر r_2 جدید برای نمونه های بتن الیافی

مقاطومت فشاری نمونه استوانه ای (مگاپاسکال)	r_2	مقاطومت فشاری نمونه مکعبی (مگاپاسکال)
با توجه به ضریب	۱/۳۵	≤۲۵
۲۵	۱/۳۰	۳۰
۳۰	۱/۲۵	۳۵
۳۵	۱/۲	۴۰
۴۰	۱/۱۹	۴۵
۴۵	۱/۱۵	۵۰
۵۰	۱/۱۱	۵۵

جدول ۱۵: مقادیر r_2 جدید برای نمونه های بتن الیاف

مکعبی b	r_2
۱۰۰	۱/۱۷
۱۵۰	۱/۱۴
۲۰۰	۱/۱۰
۲۵۰	۰/۷۵
۳۰۰	۰/۷

۹- صحت سنجی

تبدیل مقاومت نمونه ای مکعبی ($10 \times 10 \times 10$ سانتیمتر) مکعبی بدون الیاف به نمونه ای استوانه ای استاندارد بدون الیاف (15×30 سانتیمتر)، برای بررسی صحت در درستی نتیجه به دست آمده با مقدار مقاومت نمونه ای استوانه ای استاندارد بدون الیاف بدین صورت عمل می کنیم. ابتدا میانگین نمونه های ($10 \times 10 \times 10$ سانتیمتر) بدون الیاف را به نمونه ای ($20 \times 20 \times 20$ سانتیمتر) تبدیل می کنیم که از ضرایب موجود در جدول (13) استفاده می کنیم.

میانگین نمونه های ($10 \times 10 \times 10$ سانتیمتر) بدون الیاف برابر $30/50$ مگاپاسکال می باشد.

ضریب تبدیل نمونه های ($10 \times 10 \times 10$ سانتیمتر) به ($20 \times 20 \times 20$ سانتیمتر) بدون الیاف برابر $1/05$ می باشد.

رونده کار به این صورت است که مقاومت را در ضرب مذکور ضرب می کنیم تا مقاومت تبدیل یافته به دست آید که برابر $۳۲/۰/۲$ مگاپاسکال می شود. سپس برای تبدیل این مقاومت به مقاومت نمونه ای استاندارد بدون الیاف باید مقاومت را بر ضرب متناسب موجود در جدول (۱۴) تقسیم کنیم و مقاومت به دست آمده را با مقاومت نمونه ای استاندارد بدون الیاف که از قبل داشتیم مقایسه کنیم و در صورت نزدیک بودن دو مقاومت به هم از صحت نتایج اطمینان حاصل نماییم.

ضریب تبدیل نمونه های ($۲۰\times ۲۰\times ۲۰$ سانتیمتر) بدون الیاف به (۱۵×۳۰ سانتیمتر) بدون الیاف برابر $۱/۱۷$ می باشد.

با تقسیم مقاومت $۳۲/۰/۲$ مگاپاسکال بر ضرب $۱/۱۷$ مقاومت تبدیل یافته به نمونه ای استاندارد به دست می آید که برابر $۲۷/۳/۷$ مگاپاسکال می باشد. با مقایسه مقاومت به دست آمده با مقاومت نمونه استوانه ای استاندارد بدون الیاف که برابر $۲۷/۳/۹$ مگاپاسکال می باشد به درستی نتایج دست می یابیم.

۱۰- نتیجه گیری

در تحقیق حاضر یک طرح اختلاط با ثابت نگه داشتن مقادیر وزنی سایر مصالح به دست آمده است. الیاف استفاده شده، الیاف کبریتی و الیاف پلی پروپیلن اصلاح شده (کورتا) می باشد. حداکثر الیاف استفاده شده به میزان ۱ درصد حجمی نمونه های بتونی است. طبق یافته های تحقیق نتایج حاصل از افزودن الیاف به صورت زیر ارائه شده است:

۱- با افزودن الیاف پلی پروپیلن، مقاومت فشاری نمونه های مکعبی ($۱۰\times ۱۰\times ۱۰$ سانتیمتر) مقدار $۱۰/۴/۸$ مگاپاسکال یا $۲۳/۸/۸$ درصد، نمونه های ($۱۵\times ۱۵\times ۱۵$ سانتیمتر) مقدار $۱۰/۱/۸$ مگاپاسکال یا $۲۳/۷/۹$ درصد، نمونه های ($۲۰\times ۲۰\times ۲۰$ سانتیمتر) مقدار $۲/۷/۱$ مگاپاسکال یا $۷/۹/۲$ درصد، نمونه های ($۲۵\times ۲۵\times ۲۵$ سانتیمتر) مقدار $۲/۰/۸$ مگاپاسکال یا $۸/۰/۷$ درصد و نمونه های ($۳۰\times ۳۰\times ۳۰$ سانتیمتر) مقدار $۱/۲/۲$ مگاپاسکال یا $۱۵/۵$ درصد در مقایسه با افزودن الیاف پلی الفین کاهش یافته است.

۲- با افزودن الیاف پلی پروپیلن، مقاومت فشاری نمونه های استوانه ای (۱۵×۳۰ سانتیمتر) در مقایسه با افزودن الیاف پلی الفین، مقدار $۴/۵/۸$ مگاپاسکال یا $۱۰/۰/۳$ درصد کاهش یافته است.

۳- از آنجایی که مقاومت کششی بتن در حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد مقاومت فشاری آن است، با افزودن الیاف پلی پروپیلن، مقاومت کششی نمونه های (۱۵×۳۰ سانتیمتر) در مقایسه با افزودن الیاف پلی الفین، مقدار $۰/۳/۶$ مگاپاسکال یا $۱۷/۲/۲$ درصد کاهش یافته است. بنابراین استفاده از الیاف پلی الفین برای جبران ضعف بتن در ناحیه کششی بسیار موثر می باشد.

۴- با افزودن الیاف پلی پروپیلن، مقاومت فشاری نمونه های مکعبی ($۱۰\times ۱۰\times ۱۰$ سانتیمتر) در محیط اسیدی مقدار $۶/۴/۵$ مگاپاسکال یا ۲۰ درصد، در محیط سولفاتی مقدار $۸/۰/۶$ مگاپاسکال یا $۲۱/۷/۳$ درصد و در محیط کلریدی مقدار $۸/۰/۷$ مگاپاسکال یا $۲۲/۷/۴$ درصد در مقایسه با افزودن الیاف پلی الفین کاهش یافته است.

۵- با افزودن الیاف پلی پروپیلن، مقاومت فشاری نمونه های ($۱۰\times ۱۰\times ۱۰$ سانتیمتر) در محیط تحت انجماد با دمای منفی -3 درجه سانتیگراد در مقایسه با افزودن الیاف پلی الفین، مقدار $۹/۶/۸$ مگاپاسکال یا ۲۴ درصد کاهش یافته است. بنابراین با توجه به ایجاد کرنش داخلی در بتن در دماهای شدید سرمایی از الیاف پلی الفین برای کاهش شکاف های عمیق میتوان استفاده کرد.

۶- با افزودن الیاف پلی پروپیلن، درصد جذب آب یا نفوذ پذیری نمونه های مکعبی ($۱۰\times ۱۰\times ۱۰$ سانتیمتر) در مقایسه با افزودن الیاف پلی الفین، مقدار $۰/۵/۷$ درصد کاهش یافته است. همچنین درصد سائیدگی یا سایش نمونه های مکعبی ($۱۰\times ۱۰\times ۱۰$ سانتیمتر) در مقایسه با افزودن الیاف پلی الفین، مقدار $۷/۹/۴$ درصد کاهش یافته است. بنابراین الیاف پلی الفین نسبت به الیاف پلی پروپیلن در مقابل ضربه های واردہ بر نمونه های بتن الیافی مقاومت بهتری را از خود نشان می دهد.

مراجع

- [۱] Neville, ۱۹۹۹, Properties of Concrete, Family Translation, H., Fourth Review, First Edition, Abu Rihan Biruni Publications, Tehran.
- [۲] Babaei, H., ۲۰۱۳, Study of physical and mechanical properties of fiber concrete, Master Thesis, Islamic Azad University of Yazd.
- [۳] Vazifehkhan, N., Manafpour, A., ۲۰۱۲, Laboratory study of tensile strength of concrete with polypropylene fibers, Journal of Civil and Environmental Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Volume ۴۲, Number ۴, pp. ۴۷-۵۶.
- [۴] Khaloo, A., Kazemi, M., ۲۰۰۸, Behavior and Applications of Fiber Concrete, Proceedings of the Fourth National Congress of Civil Engineering, University of Tehran, pp. ۱-۳۰.
- [۵] Modarresi, M., Rahnama, H., Farahani, A., ۲۰۱۱, The effect of seawater on the properties of concrete with polypropylene fibers, Sixth National Congress of Civil Engineering, Semnan University, Semnan, Iran.
- [۶] Building and Housing Research Center, ۱۹۹۹, Journal No. K-۲۸۷: Concrete technology in the environmental conditions of the Persian Gulf - Volume I: Concrete pathology and its evaluation, first edition, Tehran, Iran.
- [۷] Hosseini, S., Ranjbar, M., Mohammadi, A., Muslimi Hosseini, S., ۲۰۱۴, The effect of polypropylene fibers on the mechanical properties of self-compacting concretes, Sixth Annual National Iranian Concrete Conference, Tehran, Iranian Concrete Association.
- [۸] Singh, A.P & Singh, S.P, ۲۰۱۱, Enhancing structural performance utilizing fibres. Proceedings of the international UKIERI concrete congress new delhi india ۸-۱۰, page no. ۱۵۳-۱۷۶.
- [۹] Balaguru, p, ۱۹۹۴, Contribution of fibers to crack reduction of cement composites during the Initial and final setting period. ACI materials journal, Vol. ۹۱, No. ۳, page ۲۸۰-۲۸۸ Iran Institute of Standards and Industrial Research, ۲۰۰۴, Properties of light aggregates used in concrete blocks, Standard No. ۷۶۸۷, First Edition, pp. ۱-۱۴.
- [۱۰] Iranian Institute of Standards and Industrial Research, ۱۹۹۹, Properties of Portland Cement, Standard No. ۴۸۹, Third Revision, Eighth Edition, Pages ۱ to ۱۲.
- [۱۱] Sirjan Nano and Yarn, ۲۰۱۸, A Study of Micro and Macrosynthetic Fibers in the Scientific Journal of Concrete Materials and Structures, Iranian Concrete Scientific Association, Fourth Year, pp. ۱۱۴-۱۲۰.
- [۱۲] Mostofi Nejad, d, ۲۰۱۷, Laboratory study of the effect of material, geometry and composition of different fibers. Fourth International Conference on Structural Engineering, Tehran Olympic Hotel.
- [۱۳] ASTM ۲۰۰۳, Standard Specification for Concrete Aggregates, Appendix, ASTM C۴۳, Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, vol. ۴-۰۴.
- [۱۴] Poor Moghadam, A, Taqdas, H, Mahmoudzadeh, F, Shokrkhizadeh, M, ۲۰۰۵, Investigation of fiber distribution and orientation in fiber reinforced concrete. Journal of the Faculty of Engineering, Volume ۳۹, Number ۳, pp. ۳۱۱-۳۱۸.
- [۱۵] ASTM Standard Test, ۲۰۱۴, Method standard test for compressive strength of cylindrical concrete Specimens, ASTM C۴۹, Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, vol. ۴-۰۱.
- [۱۶] ASTM Standard Test, ۲۰۱۱, Standard test method for splitting tensile strength of cylindrical concrete specimens, ASTM C۴۹, Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, vol. ۴-۰۲.
- [۱۷] ASTM Standard Test, ۲۰۱۱, Standard test method for determining the apparent chloride diffusion coefficient of cementitious mixtures by bulk diffusion, ASTM C۱۰۰۶, Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, vol. ۴-۰۲.
- [۱۸] Iranian Institute of Standards and Industrial Research, ۲۰۰۱, Industrial Sulfuric Acid - Properties and Test Methods, Standard Number ۴۱۰, Second Revision, pp. ۱-۶۸.

[۱۹] Iranian Institute of Standards and Industrial Research, ۲۰۰۲, Hydrochloric acid-characteristics and test methods, standard number ۲۰۹, second revision, first edition, pp. ۱-۵۸.

[۲۰] ASTM Standard Test, ۲۰۱۳, Method of test for density, Absorption, and voids in hardened concrete, ASTM C۶۴۲, Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, vol. ۰۴-01.

[۲۱] ASTM Standard Test, ۲۰۰۳, Method for resistance of concrete to rapid freezing and thawing, ASTM C۶۶۶, Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, vol. ۰۴-02.

[۲۲] ASTM Standard Test, ۲۰۰۰, Method for abrasion resistance of concrete or mortar surfaces by the rotating-cutter method, ASTM C ۹۴۴, Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, vol. ۰۴-02.

[۲۳] Office of National Building Regulations, ۲۰۱۳, Ninth Topic of National Building Regulations, Design and Execution of Reinforced Concrete Buildings, Tehran Press, Iran Development Journal, Page ۳۴.