بررسی تاثیر متقابل انواع الیاف و پوزولان بر روی خواص بتن غیرسازه‌ای (فوم بتن)

مهیار کاوه
دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران
رضا فرخزاد*
استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.
R.farokhzad@qiau.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۱۷ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۶/۰۹/۲۰

چکیده:

امروزه وزن مواد مورد استفاده در سازه‌های ساختمانی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به طوری که با رخداد زلزله‌های اخیر، اهمیت مصالح سبک، بیشتر به نظر می‌رسد. فوم بتن یک مصالح غیرسازه‌ای است که به دلیل وزن بسیار سبک جهت مصارف غیرسازه‌ای در ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر با وزن بسیار پایین دارای مقاومت قابل قبولی می‌باشد. ولیکن این ماده غیرسازه‌ای دارای مشکلاتی می‌باشد که بعضاً استفاده از آن را دشوار می‌سازد. این عیوب شامل جمع‌شدگی و تخلخل بسیار زیاد است. در این تحقیق به منظور اصلاح خواص و جمع‌شدگی شدید فوم بتن از الیاف پلی پروپیلن، الیاف سنتیتیک استفاده شد.از ماده نانوسیلیس و خاکستر شلتوک برنج به عنوان ماده مکمل جهت افزایش مقاومت مکانیکی و جایگزین سیمان استفاده گردید. بر روی فوم بتن ساخته شده آزمایش‌های مقاومت فشاری، مقاومت کششی و انقباض صورت گرفت. بیشینه مقاومت فشاری متعلق به طرح‌های حاوی یک درصد الیاف سنتیتیک و یک درصد نانوسیلیس محاسبه گردید. در نهایت مشخص گردید خاکستر شلتوک برنج در پنج درصد جایگزینی باعث افزایش مقاومت فشاری و مقاومت کششی در سن ۲۸ روزه می‌گردد. افزودن الیاف سنتیتیک به فوم بتن باعث افزایش کم مقاومت فشاری و افزایش چشمگیر مقاومت کششی را در پی دارد.

کلید واژگان: فوم بتن، الیاف سنتیتیک، الیاف پلی پروپیلن، خاکستر شلتوک برنج، نانوسیلیس

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

مزیت اصلی فوم بتن به عنوان یک بتن غیر سازه‌ای نوین، بالا بودن نسبت مقاومت به وزن و همچنین پایین بودن ضریب هدایت حرارتی و بالا بودن قابلیت عایق گرما و صدا بودن آن است.

فوم بتن ماده سیمانی است که از مخلوط خمیر سیمان، یا ملات با مواد فوم تولید شده، به وجود می‌آید. این مخلوط منجر به ایجاد یک ماده متخلخل و سبک وزن می‌شود. حجم ملات به فوم در مخلوط معین چگالی محصول نهایی و نحوه استفاده از بتن است. این نوع بتن، به طور معمول یک ماده خود اصلاح و متراکم است که نسبت به بتن معمولی در برابر ترک‌خوردگی و انقباض، مقاومت بیشتری دارد. ماده کف زا در ضمن اختلاط با آب در دستگاه مخصوص، با سرعت زیادی حباب‌های هوازا تولید نموده و کف حاصل که کاملا پایدار می‌باشد، در ضمن اختلاط با ملات سیمان و ماسه بادی در دستگاه مخلوط‌کن ویژه، خمیری روان را تشکیل می‌دهد. این نوع بتن به صورت درجا با قالب‌های فلزی یا پلاستیکی قابل استفاده می‌باشد. این خمیر پس از خشک شدن با توجه به درصد سیمان و ماسه بادی، دارای وزن حجمی از ۳۰۰ الی ۱۶۰۰ کیلوگرم در مترمربع خواهد بود[۱].

فوم بتن ساخته شده از شن و ماسه و سیمان و فوم، چگال‌تر است و برای کاربردهایی که نیاز به ماده ساختاری دارند، ایده‌آل است. برای مثال: ساخت بلوک‌های پیش ساخته، برای عایق کاری و تصحیح صدا در ساختمان‌های مسکونی و تجاری، بنیادها و برای کار با قطعات بتن . فوم بتن همچنین ممکن است برای پرکردن قوس در پل ، جایگزین خاک و به عنوان تثبیت‌کننده برای فنداسیون جاده استفاده شود[۲].

وزن ساختمانی که در آن از بتن فوم استفاده می‌گردد می‌تواند تا حدود ۳۵٪ نسبت به وزن ساختمانی که با بتن معمولی ساخته شده کاهش یابد با استفاده کردن از تجربه و دقت بیشتر در طراحی و استفاده بهینه از بتن فوم امکان کاهش وزن آن تا ۵۰٪ نسبت به ساختمان بتن معمولی وجود خواهد داشت و متعاقبًا سهم بار با کاهش وزن بار مرده ساختمان به نصف کاهش خواهد یافت. با کاهش وزن بار مرده ساختمان کاهش درون اسکلت سازه، ابعاد فونداسیون و کاهش آرماتور مصرفی برای فونداسیون را خواهیم داشت ودر نتیجه آن زمان اجرای پروژه مدت کوتاهتری طول خواهد کشید. وزن سبک بتن سبب می‌شود تا بتوان این بتن را به راحتی به طبقات بالاتر پمپاژ نمود و در نتیجه در هزینه صرفه‌جویی خواهیم کرد. در زمان استفاده از ساختمان و بهره برداری به علت عایق خوب حرارتی بتن صرفه‌جوئی قابل توجه‌ای در هزینه مصرف انرژی (سرمایش و گرمایش ساختمان) حاصل می‌شود وکاهش چشم گیری در مصرف منابع ملی خواهیم داشت.[۳ و ۴].

در مورد کفسازی و شیب‌بندی‌های انجام گرفته در ساختمانها که عمدتاً از پوکه و سیمان استفاده می‌شود در صورت جایگزینی این نوع بتن با چگالی ۴۰۰، وزن مرده کفسازی از ۱۰۰۰ به ۴۰۰ کیلو در متر مکعب کاهش می‌یابد و اگر ۱۰ سانتیمتر ارتفاع برای کفسازی در نظر گرفته شود، این یعنی کاهش ۶۰ کیلوگرم در متر مربع از وزن ساختمان. در صورت استفاده از بتن کفی با چگالی ۵۰۰ در کفسازی، وزن مؤثر لرزه‌ای فوق به میزان ۸۰ کیلو و یا بعبارت دیگر به میزان ۹ درصد کاهش می‌یابد که برابر با کاهش ۹ درصدی میزان نیروی زلزله می‌باشد. با این میزان کاهش، حدود ۴ درصد در مصرف میلگرد صرفه جویی می‌شود. با احتساب مصرف ۴۵ کیلو میلگرد در هر متر ساختمان میزان این صرفه‌جویی براحتی قابل محاسبه می‌باشد.

این در حالیست که در صورت استفاده از بتن کفی بجای مصالح پوکه سیمان در کفسازی با کاهش چگالی و همچنین تغییر ساختار ماده (از حالت حبابهای هوای مرتبط به حالت حبابهای هوای محبوس) میزان عایق بودن حرارتی و صوتی حدود ۳ برابر بیشتر می‌شود؛ و خود باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌باشد؛ و در هنگام بروز زلزله بعلّت سبکی وزن فوم بتن، آوار ناشی از خرابی ساختمان، خسارت کمتری به لوازم و ساکنین وارد می‌کند و این موضوع هم از لحاظ مالی و هم جانی قابل ملاحظه می‌باشد[۳و۶].

الیاف پلی الفین نسبت به وزن کل خود دارای ۸۵ ٪ , اتیلن , پروپیلن , و یا الفین دیگری می‌باشند. پلی پروپیلن و سپس پلی اتیلن با اهمیت کمتر مهم ترین الیاف الفینی دیگری می‌باشند که به گروه الیاف مصنوعی تعلق دارند. اولین الیاف الفینی از پلی اتیلن سبک در اواخر دهه ۱۹۳۰ در انگلستان تهیه گردیدند که به معرف پوشش صندلی اتومبیل می‌رسید. نقطه ذوب پایین (۱۳۵–۱۳۰ درجه) و عدم امکان رنگ رزی با روش‌های معمولی و همچنین جهندگی کم از مشکلات الیاف پلی اتیلن می‌باشد که کماکان تا به امروز هم باقی مانده است[۵].

الیاف تک رشته‌ای پلی الفین در ایران با نام سنتیتیک و یا کد تجاری Mex200 شناخته می‌شوند. این الیاف دارای عملکرد فوق‌العاده بالا برای استفاده در بتن و تولیدات بتنی به منظور جلوگیری از ترک خوردگی ها و به عنوان بهترین جایگزین برای میلگرد و مش‌های سنتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این الیاف با ظاهر منحصر به فرد خود گیرداری محکمی در بتن پدید می‌آورد و به راحتی میکس می‌شود[۷].

بکارگیری الیاف پلی پروپیلن برای جلوگیری از جمع‌شدگی و ترک خوردگی بتن در سنین اولیه (جمع شدگی پلاستیک) از هر راهکار دیگری موثرتر بنظر می‌رسد. تعداد بسیار زیاد الیاف در هر متر مکعب به معنی اتصال سطح بسیار وسیعی از الیاف به بتن می‌باشد و فواصل کم الیاف، از ایجاد ترک جلوگیری می‌کند. بر اساس مطالعات، مقدار کاهش ترک خوردگی در مقدار معمول مصرف (۰/۹ کیلوگرم در متر مکعب) بیش از ۸۰ درصد می‌باشد که با افزایش مقدار مصرف تا (۲ کیلوگرم در متر مکعب) عملاً ترکی به وجود نمی‌آید[۸].

نانو فناوری روش جدیدی است که بشر را قادر به بهبود ساختار مواد مختلف می‌نماید. در سال‌های اخیر، تحقیقات زیادی بر روی استفاده از نانومواد همچون نانوسیلیس در خمیر سیمان و بتن انجام شده است.

نانو سیلیس به سبب دارا بودن عملکرد مناسب سوپر پوزولانی هزینه پایین‌تر و دسترسی بیشتر به عنوان مهمترین و پرکاربردترین نوع نانوذرات در صنعت بتن مطرح می‌باشد [۹ و ۱۰].

Archive of SID

www.SID.ir

خاکستر شلتوک برنج از پسماندهای صنعت فراوری برنج در کشورهای تولیدکننده برنج می‌باشد. همین امر موجب می‌گردد تا خاکستر بتواند به عنوان بهبود دهنده ویسکوزیته بتن تازه مورد استفاده قرار گیرد. از طرفی این زیاد بودن سطح مخصوص نیاز به آب را در بتن افزایش می‌دهد. خاکستر شلتوک برنج به عنوان جایگزین ارزانتر میکروسیلیس در بتن بسیار مورد توجه است. خاکستر برنج هیچ مورد مصرفی عام ندارد و معمولا در مجاری آب ریخته شده و یا سوزانده می‌شود که باعث ایجاد آلودگی می‌شود. خاکستر معمولاً از سوزاندن شلتوک برنج در کوره و در دمای ۶۰۰ تا ۸۰۰ درجه سلسیوس بدست می‌آید. اگر خاکستر بدرستی تهیه و سوزانده شود، خواص مشابه میکروسیلیس خواهد داشت[۱۱– ۱۷].

۲- برنامه آزمایشگاهی

سیمان مصرفی در این طرح سیمان تیپ ۲ خزر بوده و فوم مصرفی فوم Ak-700 شرکت آذرکاوین می‌باشد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی فوم مذکور در جدول شماره ۱ ارائه می‌شود.

جدول ۱– مشخصات فیزیکی و شیمیایی فوم Ak-700 [۱۸]

مایع قهوه‌ای تیره	حالت ظاهری
۱/۰۱ تا ۱/۰۳	چگالی
۶/۸–۷/۲	PH
حداقل ۸۵۰ بار	میزان انبساط فوم
حداقل ۴۰ دقیقه	زمان زهکشی ۲۵٪ آب
حداکثر CST۱۰۰	ویسکوزیته
٪۱	حداکثر ته نشینی
۱۰– درجه سانتیگراد	نقطه انجماد

شکل ۱– بسته‌بندی فوم بتن مصرفی

الیاف پلی پروپیلن مصرفی به طول ۱۲ میلیمتر، چگالی ۹۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب و قطر ۰/۱ میلی‌میلیمتر می‌باشند. الیاف سنتیتیک از نوع موجدار به طول ۴ سانتیمتر و چگالی ۹۱۰ کیلوگرم بر متر مکعب می باشند. خاکستر شلتوک برنج از پسماند مزارع استان گیلان تهیه و پس از قرارگیری به مدت ۶ ساعت در کوره ۷۰۰ درجه به خاکستر سفید رنگی تبدیل شد. سپس آسیاب گردیده تا ذرات آن به سایزی نزدیک به سیمان تبدیل گردند. آب مصرفی آب شرب شهر رشت بوده و نانوسیلیس هم بصورت پودر از شرکت مربوطه تهیه گردید. سیمان مصرفی نیز سیمان تیپ ۲ هگمتان بوده است.

شکل ۲– الیاف پلی پروپیلن مصرفی

شکل ۳–الیاف پلی الفین مصرفی

دستورالعمل لازم برای ساخت فوم بتن از استاندارد ASTM C869 [۱۹] اقتباس گردید.

۳- روش تحقیق

به منظور دستیابی به بالاترین کیفیت پس از بررسی‌ها و سعی و خطاهای متعدد تصمیم بر این شد تا از یک دستگاه فوم‌ساز ساختمانی برای تهیه فوم استفاده شود. به این صورت که روند عادی ساخت فوم توسط دستگاه لحاظ شده با این تفاوت که مواد افزودنی همراه با سیمان به دستگاه اضافه گردید و نتیجه کار در قسمت خروجی آن نمونه‌گیری شد. نمونه‌ها پس از مدت ۲۴ ساعت از قالب‌ها خارج شده و در حوضچه‌های آب نگهداری شدند. به دلیل چگالی کمتر فوم در مقابل آب (تقریبا ۷۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب) نمونه‌های روی سطح آب شناور مانده که با ارائه تمهیداتی این نمونه‌ها در زیر آب نگهداری شدند و پس از رسیدن به سن مورد نظر تحت آزمایش قرار گرفتند.

Archive of SID
www.SID.ir

شکل ۴- مکانیزم دستگاه فوم بتن ساختمانی

مشخصات طرح اختلاط‌های ساخته شده در جدول شماره ۲ مشاهده می‌شود.

جدول شماره ۲- مشخصات طرح‌های ساخته شده

شماره	اسم	سیمان (kg)	w/c	فوم (l/m^3)	خاکستر شلتوک برنج (kg)	الیاف پ پ (٪ حجم فوم)	الیاف پلی الفین (٪ حجم فوم)	نانو سیلیس (٪ وزن سیمان)
1	F0	350	0.57	6.3	0	0	0	0
2	Fr5	332.5	0.57	6.3	17.5	0	0	0
3	Fr10	315	0.57	6.3	35	0	0	0
4	Fr15	297.5	0.57	6.3	52.5	0	0	0
5	Fp1	351	0.57	6.3	0	0.10	0	0
6	Fp2	351	0.57	6.3	0	0.20	0	0
7	Fp3	351	0.57	6.3	0	0.30	0	0
8	Fs5	351	0.57	6.3	0	0	0.50	0
9	Fs10	351	0.57	6.3	0	0	1.00	0
10	Fs15	351	0.57	6.3	0	0	1.50	0
11	Fn5	351	0.57	6.3	0	0	0	0.50
12	Fn10	351	0.57	6.3	0	0	0	1
13	Fn15	351	0.57	6.3	0	0	0	1.50

آزمایش مقاومت فشاری براساس استاندرد ASTM C39 [۲۰] انجام شد. آزمایش‌های مقاومت فشاری بر روی نمونه‌های مکعبی به ابعاد ۱۵۰ میلی‌متر انجام شده است. در آزمایش مقاومت فشاری، مکعب‌ها به نحوی در دستگاه فشاری قرار داده شدند که دو سطح مقابلی که در موقع بتن ریزی مجاور قالب بودند، در تماس با رکاب‌های فوقانی و تحتانی دستگاه باشند. تنش فشاری مکعبی حاصل نیز با تقسیم این نیرو بر سطح مقطع نمونه بدست می‌آید.

آزمایش برزیلی یا شکافت جهت تعیین مقاومت کششی دو نیم شدن بتن براساس استاندارد ASTM C496 [۲۱] بکار برده می‌شود. بدین منظور از نمونه‌های استوانه‌ای به قطر ۱۵ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر استفاده گردید. نمونه‌ی استوانه‌ای پس از قرار گرفتن در گیره نگهدارنده، به گونه‌ای در زیر جک فشاری قرار داده می‌شود که نیروی اعمالی از سوی جک در امتداد ارتفاع نمونه و بر سطح جانبی آن اعمال گردد. بار اعمالی از سوی جک به تدریج افزایش یافته تا آنجا که منجر به دو نیم شدن نمونه گردد. سپس بار نهایی گسیختگی توسط دستگاه قرائت و ثبت شده است.

جمع شدگی با توجه به علل بوجود آورنده آن به چندین گروه تقسیم‌بندی میشود. جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن یکی از این انواع است که در اثر خشک شدن و انقباض ژل سیمان حاصل از هیدراتاسیون سیمان پرتلند به وجود می‌آید و اساساً تحت تاثیر میزان آب واحد بتن است. جمع شدگی پلاستیک نیز در اثر تبخیر آب از سطح خارجی بتن در ساعات اولیه پس از بتن‌ریزی بوجود می‌آید و در نهایت جمع‌شدگی ناشی از کرباناتاسیون مطرح می‌شود که علت آن ترکیب آب موجود در بتن بادی اکسید کربن نفوذ کرده به داخل بتن است. برای اندازه‌گیری میزان انقباض نمونه‌ها از استاندارد ASTM C157 [۲۲] استفاده شد. به این منظور پس از خارج کردن نمونه‌ها از حوضچه در سن ۷ روز، پولک‌های مخصوصی برروی آنها به فاصله mm۲۰۰ از یکدیگر با استفاده از شاخص استاندارد اندازه‌گیری ، چسبانده شده و بعد از خشک شدن چسب در شرایط خشک قرار داده شدند. سپس در سن مورد نظر، با استفاده از دستگاه شاخص استاندارد اندازه‌گیری، انقباض آنها اندازه‌گیری شده است.

۴- بررسی و تحلیل نتایج

در تحقیق حاضر به بررسی خواص مکانیکی فوم بتن با عیار سیمان ۳۵۰ بدون حضور ماسه و با درصدهای مختلف الیاف پلی پروپیلن (۰/۱، ۰/۲، ۰/۳)، الیاف پلی الفین یا سنتیتیک (۰/۵، ۱، ۱/۵)، خاکستر شلتوک برنج (۵، ۱۰، ۱۵) و نانوسیلیس (۰/۵، ۱، ۱/۵) پرداخته شده است. آزمایش مقاومت فشاری در سن ۷ و ۲۸ روزه و آزمایش مقاومت کششی و انقباض در سن ۲۸ روزه بر روی نمونه‌های ساخته شده انجام گردید. در این قسمت به ارائه این نتایج و مقایسه آنها با تحقیقات سایر محققین پرداخته می‌شود. در جدول شماره ۳ نتایج حاصل از آزمایش‌ها صورت گرفته مشاهده می‌شود.

جدول شماره ۳- نتایج آزمایش‌های انجام شده بر روی بتن غیرسازه‌ای

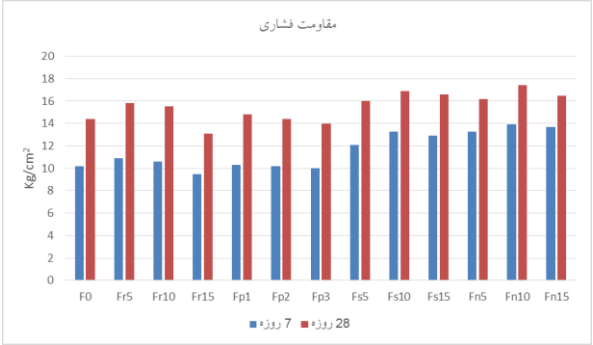
شماره	اسم	مقاومت فشاری ۷ روزه (kg/cm^2)	مقاومت فشاری ۲۸روزه (kg/cm^2)	مقاومت کششی ۲۸روزه (kg/cm^2)	انقباض ($mm/mm*10^6$)
1	F0	10.2	14.4	1.2	485
2	Fr5	10.9	15.8	1.4	440
3	Fr10	10.6	15.5	1.35	455
4	Fr15	9.5	13.1	1	495
5	Fp1	10.3	14.8	1.35	465
6	Fp2	10.5	15.3	1.4	455
7	Fp3	10.2	14	1.3	480
8	Fs5	12.1	16	1.9	435
9	Fs10	13.3	16.9	2.1	410
10	Fs15	12.9	16.6	2	415
11	Fn5	13.3	16.2	1.5	400
12	Fn10	13.9	16.9	1.65	380
13	Fn15	13.7	16.5	1.6	395

Archive of SID

www.SID.ir

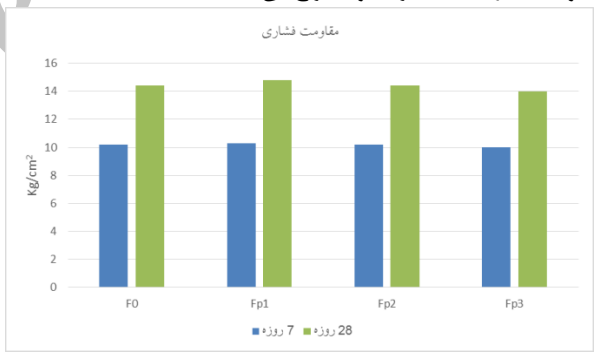
۴-۱- مقاومت فشاری

همانطور که انتظار می‌رود با بالا رفتن سن نمونه‌ها مقاومت فشاری آنها نیز افزایش یافت. در طرح‌های اختلاط این مطالعه نسبت آب به سیمان یکسان می‌باشد. لذا تأثیر این عامل در تمامی بتن‌ها یکسان بوده و عامل متغیر در این مطالعه درصد مختلف الیاف و پوزولان در فوم بتن است. در شکل شماره ۵ مقایسه‌ای از مقاومت فشاری تمام نمونه‌ها در سنین مختلف داریم:



شکل ۵- مقاومت فشاری

همانطور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود در تمامی طرح‌ها با افزایش سن شاهد افزایش مقاومت فشاری هستیم. بیشترین مقاومت فشاری ۲۸ روزه مربوط به طرح حاوی ۱ درصد نانوسیلیس و کمترین مربوط به طرح حاوی ۱۵ درصد خاکستر شلتوک برنج می‌باشد.



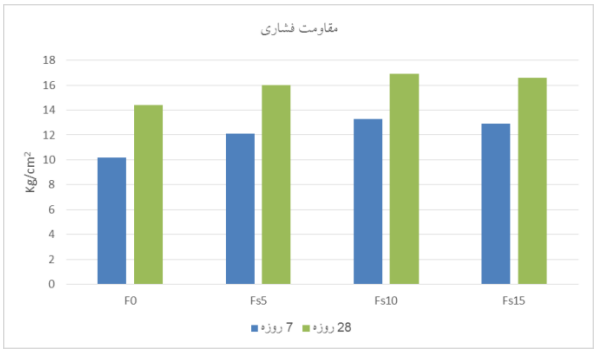
شکل ۶- مقاومت فشاری طرح‌های حاوی الیاف پلی پروپیلن

همانطور که در شکل شماره ۶ مشاهده می‌کنیم افزودن الیاف پلی پروپیلن تاثیر مثبت خاصی بر روی مقاومت فشاری نداشته و در ۰/۳ درصد باعث کاهش مقاومت فشاری نیز می‌شود.

سعیدی و همکاران [۲۳] گزارش کرده‌اند که روند کسب مقاومت بتن های حاوی الیاف پلی پروپیلن مانند بتن‌های بدون الیاف با افزایش سن نمونه افزایش داشته که این موضوع نشان می‌دهد الیاف با هیچ کدام از مصالح موجود در مخلوط وارد واکنش نشده و بر مقادیر نسبت‌های آب به سیمان، سیمان و سنگدانه‌ها تاثیرگذار نیست. همچنین افزودن الیاف پلی پروپیلن در درصدهای بالا به دلیل کاهش کارایی و روانی مخلوط منجر به کاهش مقاومت فشاری می‌شود.

صدر ممتازی و همکاران [۲۴] با تحقیق بر روی بتن سبک حاوی الیاف پلی پروپیلن عنوان کردند که افزودن درصد جزئی از الیاف موجب بهبود خواص مکانیکی بتن می‌شود اما با بکاربردن درصدهای بالاتر این الیاف سبب کاهش در مقاومت مکانیکی نمونه‌ها شده است.

میرجلیلی و همکاران [۲۵] با افزودن الیاف پلی پروپیلن به بتن، گزارش کرده‌اند که افزودن الیاف تا ۰/۲ درصد تاثیری بر مقاومت فشاری نداشته و در مقادیر بالاتر باعث کاهش مقاومت فشاری می‌شود. همچنین افزودن الیاف شیشه به بتن تا ۰/۲ درصد نیز بر مقاومت بتن بی‌تاثیر بوده و در درصدهای بالاتر تا ۲ درصد الیاف افزایش مقاومت و از ۲ تا ۵ درصد کاهش مقاومت را در پی دارد.



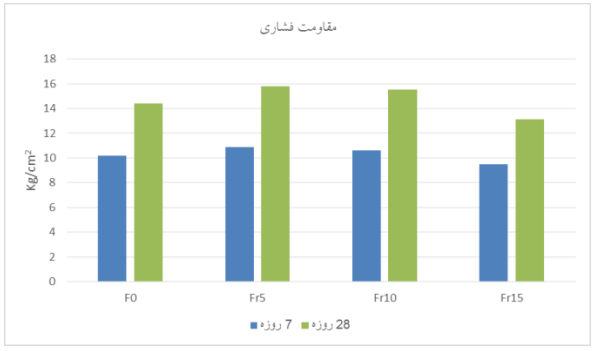
شکل ۷-مقاومت فشاری طرح‌های حاوی الیاف پلی الفین

با توجه به شکل شماره ۷ به وضوح قابل مشاهده است که بتن‌های حاوی الیاف پلی الفین در همه سنین دارای مقاومت فشاری بیشتری نسبت به بتن‌های بدون الیاف و بتن‌های حاوی الیاف پلی پروپیلن می‌باشند.

فدایی فولادچی و همکاران [۲۶] با افزودن الیاف پلی الفین تک رشته ای به بتن گزارش کردند که افزودن این الیاف به بتن مقاومت فشاری را بین ۹ تا ۲۷ درصد افزایش می‌دهد.

محبوبه مرادی و همکاران [۲۷] با افزودن الیاف پلی الفین به بتن شاهد ۱۱ درصد رشد مقاومت فشاری بتن در درصد بهینه خود بوده‌اند. همچنین آنها مقدار افزایش مقاومت ناشی از الیاف پلی الفین را کمتر از الیاف فولادی گزارش کرده ولی کار با الیاف پلی الفین را به مراتب آسانتر از الیاف فولادی دانسته‌اند.

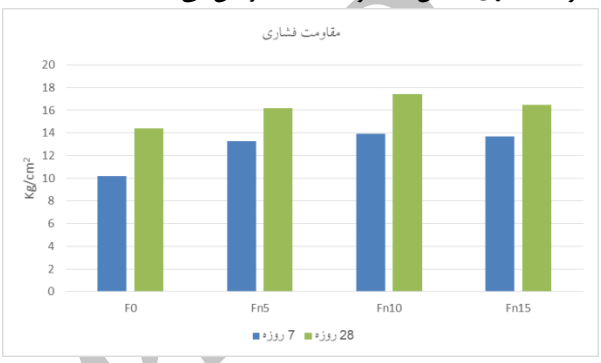
درصدهای گزارش شده توسط محققین مختلف بطور کلی بازه‌ای بین ۹ تا ۲۷ درصد را شامل می‌شود که این اختلاف به دلیل تفاوت خصوصیات بتن مصرفی می‌باشد. ولی بطور کل تمامی محققین حضور الیاف پلی الفین در بتن را باعث رشد مقامت فشاری بتن دانسته‌اند.



شکل ۸-مقاومت فشاری طرح‌های حاوی خاکستر شلتوک برنج

Archive of SID
www.SID.ir

با توجه به شکل شماره ۸ ملاحظه می‌شود که خاکستر پوسته شلتوک برنج تاثیر مثبتی در افزایش مقاومت فشاری دارد. خاکستر شلتوک برنج با خاصیت پوزولانی خود به مقاوم‌تر شدن خمیر سیمان کمک می‌کند ولی بدلیل ذرات بسیار ریز تر از سیمان جذب آب بالایی داشته و با بالاتر رفتن درصد جایگزینی به دلیل جذب آب بیشتر از سیمان، مقداری از آب فرایند هیدراتاسیون را جذب کرده و باعث افت مقاومت خمیره می‌شود. بهفرنیا و همکاران [۲۸] گزارش کرده‌اند که با افزودن خاکستر شلتوک برنج به فوم بتن درصد جذب آب کاهش و مقاومت فشاری افزایش می یابد. اما این روند صعودی تا درصد بهینه‌ای ادامه دارد و پس از آن مقادیر مقاومت فشاری کاهش یافته و جذب آب افزایش می‌یابد.



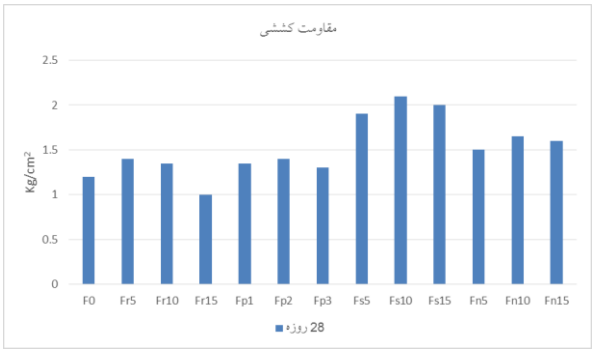
شکل ۹- مقاومت فشاری طرح‌های حاوی نانوسیلیس

افزایش مقاومت فشاری در طرحهای حاوی نانوسیلیس به شدت محسوس بوده. بیشترین افزایش در درصد جایگزینی ۱ درصد مشاهده می‌شود. به طوری که بیشترین مقاومت فشاری ۲۸ روزه در بین تمامی طرح‌ها مربوط به طرح حاوی ۱٪ نانوسیلیس می‌باشد.

این ماده پوزولانی به سبب دارا بودن عملکرد مناسب سوپر پوزولانی هزینه پایین‌تر و دسترسی بیشتر به عنوان مهمترین و پرکاربردترین نوع نانو ذرات در صنعت بتن مطرح می‌باشد و با عملکرد چهارگانه خود موجب بهبود خواص رئولوژیک، مقاومتی و دوامی مصالح پایه سیمانی می‌گردد. نانوسیلیس با دارا بودن خواص پوزولانی منحصربفرد، یکی از مصالح نوین در صنعت ساختمان به شمار می‌آید[۲۸].

۴-۲- مقاومت کششی برزیلی

مقاومت کششی بتن متاثر از پارامترهای مختلفی از جمله مقاومت خمیره، مقاومت سنگدانه و استفاده از الیاف می‌باشد. از آنجایی که در تحقیق حاضر فوم بتن مصرفی فاقد سنگدانه می‌باشد بنابراین نتایج متاثر از مقاومت خمیره و الیاف می‌باشند.



شکل۱۰- مقاومت کششی

با توجه به شکل شماره ۱۰ مشاهده می‌شود که بیشینه مقاومت کششی مربوط به طرح حاوی ۱ درصد الیاف سنتیتیک و کمینه مقاومت فشاری مربوط به طرح حاوی ۱۵ درصد خاکستر شلتوک برنج می‌باشد.

با اضافه کردن خاکستر شلتوک برنج به فوم بتن در درصدهای ۵ و ۱۰ شاهد رشد مقاومت کششی در مقایسه با حالت شاهد هستیم. بیشترین رشد مقاومت کششی در ۵٪ جایگزینی خاکستر شلتوک برنج با سیمان مشاهده می‌شود. همانطور که اشاره کردیم مقاومت فشاری و کششی در فوم بتن فقط متاثر از مقاومت خمیره است. نهدی و همکاران هم در تحقیق خود به این نکته اشاره کرده‌اند که تا ۱۰٪ جایگزینی خاکستر باعث رشد مقاومت کششی بتن می‌شود[۳۰].

افزودن الیاف سنتیتیک به فوم بتن تاثیر مثبت بسیار خوبی بر مقاومت کششی می‌گذارد. این تاثیر مثبت در تمامی درصدهای افزودن الیاف مشهود است ولی بیشترین مقدار آن در ۱ درصد جایگزینی به مقدار ۷۵٪ مشاهده می‌شود.

فدایی فولادچی و همکاران [۲۶] با افزودن الیاف پلی‌الفین به بتن معمولی شاهد رشد ۴ تا ۵۹ درصدی مقاومت کششی بوده‌اند.

مرادی و همکاران [۲۷] با افزودن الیاف پلی الفین به بتن شاهد رشد ۲۰ درصدی مقاومت کششی آن بوده‌اند.

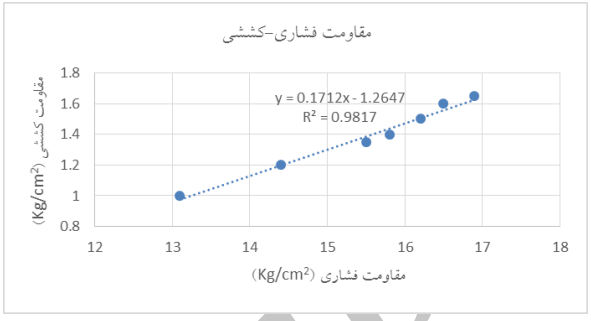
مرادی یاسوری و همکاران [۳۱] با افزودن الیاف پلی‌الفین به بتن و نگهداری بتن در شرایط عمل‌آوری خشک و مرطوب شاهد رشد مقاومت کششی بتن در هر دوحالت در مقایسه با حالت بدون الیاف بوده‌اند. آنها در تحقیق خود رشد مقاومت کششی ناشی از الیاف پلی الفین را کمتر از الیاف فولادی عنوان کرده‌اند.

با افزودن نانوسیلیس به فوم بتن شاهد رشد مقاومت کششی هستیم. نانوسیلیس بر روی ساختار سیمانی خمیره تاثیر گذاشته و با افزایش میزان چسبندگی خمیره باعث افزایش مقاومت کششی می‌شود. این ماده پوزولانی به سبب دارا بودن عملکرد مناسب سوپر پوزولانی هزینه پایین تر و دسترسی بیشتر به عنوان مهمترین و پرکاربردترین نوع نانوذرات در صنعت بتن مطرح می‌باشد.

Archive of SID
www.SID.ir

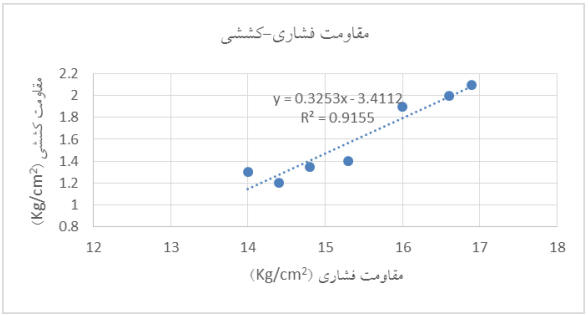
۴-۳- رابطه بین مقاومت فشاری و کششی

رابطه‌ی خطی و توانی بین مقاومت کششی بدست آمده از آزمایش شکافت با مقاومت فشاری ۲۸ روزه طرح‌های ساخته شده در شکلهای ۱۱ و ۱۲ ارائه شده است.



شکل ۱۱- بررسی رابطه مقاومت فشاری و کششی برای طرح های پوزولانی

با توجه به شکل ۱۱ یک ارتباط خطی با تقریب مناسب بین مقاومت فشاری و مقاومت کششی شکافتگی، در بتن‌های حاوی پوزولان بدست آمده است که طبق آن مقاومت کششی شکافتگی بصورت مطابق با فرمول ارائه شده است. ضریب همبستگی ۰/۹۸ بدست آمده که تقریب بسیار قابل قبولی می‌باشد. این ضریب همبستگی بالا نشان‌دهنده این امر است که در ساخت فوم بتن، رابطه بین مقاومت فشاری و کششی بصورت خطی است و با کم یا زیاد شدن مقاومت فشاری، مقاومت خمشی نیز کم یا زیاد می‌شود. در نتیجه اینگونه نتیجه می‌شود که پوزولانهای خاکستر شلتوک برنج بر روی مقاومت فشاری و کششی بتن تاثیر یکسانی دارند.

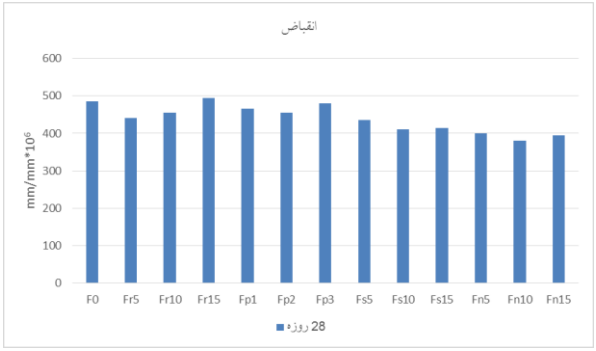


شکل ۱۲- بررسی رابطه مقاومت فشاری و کششی برای طرح‌های الیافی

با توجه به شکل ۱۲ یک ارتباط خطی با تقریب مناسب بین مقاومت فشاری و مقاومت کششی شکافتگی، در بتن‌های حاوی الیاف بدست آمده است که طبق آن مقاومت کششی شکافتگی بصورت مطابق با فرمول ارائه شده است. ضریب همبستگی در این حالت کمتر از حالت قبلی می باشد ولی باز هم از مقدار قابل قبولی برخوردار است. دلیل کمتر بودن ضریب همبستگی در حالت الیافی را میتوان اینچنین عنوان کرد که تاثیر الیاف بر مقاومت کششی بتن بیشتر از مقاومت فشاری آن است بنابراین با رشد یا کاهش مقاومت فشاری، مقاومت کششی به همان اندازه رشد یا کاهش نخواهد داشت. ازین این رو ضریب همبستگی در این حالت کمتر می‌باشد.

۴-۴- انقباض

جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن، دارای تأثیر بسزایی بر روی عملکرد اعضای بتنی و بتن آرمه می‌باشد. این پدیده می‌تواند موجب بروز تغییر شکل‌های ناخواسته، تغییر در توزیع تنش و حتی ترک‌خوردگی اعضای بتنی گردد. در اثر از دست رفتن آب بتن، تنش‌های کششی ایجاد می‌شود که منجر به انقباض یا جمع‌شدگی بتن می‌گردد. مقدار این جمع‌شدگی به عوامل متعددی ازجمله نسبت آب به سیمان، حجم آب مصرفی، نوع سیمان و مواد چسباننده، نوع سنگدانه از نظر جذب آب و جمع‌شدگی خود سنگدانه در اثر از دست دادن آب، مدول الاستیسیته سنگدانه و تراکم بتن بستگی دارد [۳۲].



شکل ۱۳- انقباض در انواع نمونه‌ای ساخته شده فوم بتن

همانطور که در شکل شماره ۱۳ مشاهده می‌کنیم مقدار انقباض تمامی نمونه‌ها به غیر از طرح حاوی ۱۵ درصد خاکستر شلتوک برنج، با افزودن الیاف و یا پوزولان در مقایسه با حالت شاهد کاهش پیدا کرده است. کمترین مقدار انقباض نیز مربوط به طرح حاوی ۱ درصد نانوسیلیس می باشد.

بهفرنیا و همکاران[۲۸] گزارش کرده‌اند که با افزودن خاکستر شلتوک برنج به فوم بتن درصد جذب آب کاهش و مقاومت فشاری افزایش می یابد. اما این روند صعودی تا درصد بهینه‌ای ادامه دارد و پس از آن مقادیر مقاومت فشاری کاهش یافته و جذب آب افزایش می‌یابد. کاهش درصد جذب آب باعث کاهش انقباض بتن می‌شود. انقباض بتن ناشی از خشک شدن آب داخل خلل و فرج بتن است که جمع‌شدگی را حاصل می‌شود، بنابراین هرچه میزان آب داخل خلل و فرج بتن کمتر باشد، مقدار انقباض ناشی از خشک شدن آنها نیز کمتر می‌شود.

حضور الیاف پلی پروپیلن در بتن باعث کاهش مقدار انقباض آن شده است. بکارگیری الیاف پلی پروپیلن برای جلوگیری از جمع شدگی و ترک خوردگی بتن در سنین اولیه (جمع شدگی پلاستیک) از هر راهکار دیگری موثرتر بنظر می‌رسد. تعداد بسیار زیاد الیاف در هر متر مکعب به معنی اتصال سطح بسیار وسیعی از الیاف به بتن می‌باشد و فواصل کم الیاف، از ایجاد ترک جلوگیری می‌کند[۳۳].

در تحقیقی توسط صدر ممتازی و همکاران [۳۴] گزارش شده است که مسلح نمودن بتن به الیاف پلی پروپیلن مقاومت ضربه‌ای مقاومت خستگی بتن را بهبود می‌بخشد و انقباض را کاهش می‌دهد. اگر چه الیاف

Archive of SID
www.SID.ir

پلی پروپیلن در مقایسه با الیاف فولادی و کربنی از خصوصیات مکانیکی ضعیف تری برخوردار می‌باشند اما بدلیل قیمت مناسب استفاده از آنها بصرفه است.

سیافی شریفی [۳۵] در رساله ارشد خود با افزودن ۰/۱ درصد الیاف پلی پروپیلن و شیشه به بتن سبک خودتراکم، کاهش انقباض بتن در تمامی سنین را شاهده بوده است. همچنین در این رساله گزارش شده است که تاثیر مثبت الیاف شیشه بر کاهش انقباض بتن بیشتر از الیاف پلی پروپیلن می‌باشد.

افزودن الیاف پلی الفین به فوم بتن باعث کاهش انقباض در تمامی حالات شده است. این کاهش انقباض در مقایسه با الیاف پلی پروپیلن بیشتر می باشد و بطور کل بیشترین مقدار کاهش انقباض در مقایسه با طرح شاهد مربوط به طرح حاوی ۱ درصد الیاف پلی الفین و به مقدار ۱۵/۴ درصد می‌باشد. نانوسیلیس با پر کردن حفرات داخلی بتن و افزایش مقاومت و چسبندگی خمیره آن باعث کاهش نفوذپذیری و جذب آب فوم بتن می شود. این کاهش نفوذپذیری و جذب آب در نهایت کاهش انقباض ناشی از خشک شدن آب‌های داخل بتن را باعث می‌شود.

۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

۱- بیشینه مقاومت فشاری متعلق به طرح‌های حاوی ۱ درصد الیاف سنتیتیک و ۱ درصد نانوسیلیس می‌باشد.

۲- در تمامی طرح‌ها با افزایش سن شاهد افزایش مقاومت فشاری هستیم.

۳- خاکستر شلتوک برنج در۵ درصد جایگزینی ۹ درصد افزایش مقاومت فشاری ۲۸ روزه و ۱۷ درصد افزایش مقاومت کششی ۲۸ روزه را در پی دارد.

۴- الیاف پلی پروپیلن در درصدهای ۰/۱ و ۰/۲ بر روی مقاومت فشاری تاثیر خاصی ندارد و در ۰/۳ درصد باعث افت مقاومت فشاری می‌شود.

۵- افزودن ۱ درصد الیاف سنتیتیک به فوم بتن ۱۷ درصد رشد مقاومت فشاری و ۷۵ درصد رشد مقاومت کششی را در پی دارد.

۶- افزودن ۱ درصد نانوسیلیس به فوم بتن ۲۰ درصد رشد مقاومت فشاری و ۳۸ درصد رشد مقاومت کششی را در پی دارد.

۷- بدلیل عدم وجود سنگدانه در فوم بتن، مقاومت کششی و فشاری آن تنها وابسته به مقاومت خمیره و حضور الیاف می‌باشند.

۸- تاثیر مثبت الیاف بر مقاومت کششی بیشتر از مقاومت فشاری است.

۹- نانوسیلیس و خاکستر شلتوک برنج با کاهش جذب آب فوم بتن به ترتیب باعث ۲۱ و ۹ درصد کاهش انقباض ناشی از خشک شدن بتن می شوند.

۱۰- الیاف پلی پروپیلن و سنتیتیک به ترتیب باعث ۶ و ۱۵ درصد کاهش انقباض ناشی از خشک شدن بتن می‌شوند.

۱۱- در بعضی موارد نمونه‌های بتنی حاوی الیاف از یک طرح اختلاف مقاومتی محسوسی با یکدیگر دارند که این عامل بعضا بدلیل پخش نشدن خوب الیاف در بتن و تجمع آنها در یک قسمت پدید می‌آید.

۶- مراجع

۱- عبدالهزاده نمینی، محمدحسن. ۱۳۹۵، معرفی بتن سبک اسفنجی ازنوع کفی یافوم بتن و مواد و فاکتورهای موثر بر آن، سومین کنفرانس ملی توسعه علوم مهندسی، مازندران –تنکابن، موسسه آموزش عالی آیندگان.

۲- بهفرنیا، کیاچهر. عباسی، رضا. ۱۳۸۷، مطالعه پارامترهای موثر بر بتن فومی، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، تهران، دانشگاه تهران.

۳- مرکز تحقیقات ساختمان مسکن، بتن افزودنی‌ها، مواد افزودنی حباب هوازا، ۱۳۷۶.

۴- فوم بتن و کاربردهای آن، http://irbeton.ir/article

5- Jelokhani Niaraki R, Farokhzad R. Prediction of mechanical and fresh properties of self-consolidating concrete (SCC) using multi-objective genetic algorithm (MOGA). Journal of Structural Engineering and Geo-Techniques. 2017 Sep 1;7(2):1-3.

6- Portland Cement Association. Fiber reinforced concrete. Portland Cement Assn; 1990.

7- http://, www.meisoon.com.

8- Naaman, A.E., Wongtanakitcharoen, T., Hauser, G., (2005,February), "Influence of Different Fibers on Plastic Shrinkage Cracking of Concrete", ACI Materials Journal, pp 49-58.

۹- کماسی, مهدی و علی خوش قامت، ۱۳۹۵، اثرات نانوسیلیس روی بتن، کنفرانس بین‌المللی مهندسی عمران، تهران، دبیرخانه دایمی کنفرانس.

۱۰- عبده کلاهچی, عبداله و ظفر توکلی نیا، ۱۳۹۵، بررسی مقاومت فشاری و دوام بتن خود متراکم سبک حاوی درصدهای مختلف نانوسیلیس، کنفرانس ملی پژوهش‌های نوین در علوم فنی و مهندسی، اردبیل، موسسه حامیان زیست اندیش محیط آرمانی.

11- RAVAND EKISHORE , V.BHIKSHMA AND P.JEEVANA PRAKASH, Study on Strength Characteristics of High Strength Rice Husk Ash Concrete, Procedia Engineering i4 (2011) 2666-2672

12- Md. Safiuddin*, J.S West, K.A. Soudki. Properties of freshly mixed self-consolidating concretes incorporating rice husk ash as a supplementary cementing material, Construction And Building Materials 30 (2012) 833-842

Archive of SID

www.SID.ir

13- Gemma Rodriguez de Sansale, Strength development of concrete with rice-husk ash, Cement & Concrete Composites 28 (2006) 158-160.
14- Mehta Pl, Monteiro PJM, Concrete: Microstructure, properties, and materlials. 3rd. New York, USA: McGraw-Hill Companies, Inc; 2005.
15- Salas A, Delvasto S, de Gutierrez RM, Lange D. Comparison of tho processes for treating rice husk ash for use in high performance concrete. Cem Concr Res 2009;39(9):773-8.
16- Vegas P. Rice production and marketing. California, USAL: Sage V Foods, LLC, Los Angeles; 2008.
17- Metha PL. Rice Husk Ash – a unique supplementary cementing materials. In: Proceedings of CANMET/ACI interntional symposium on advances in concrete technology. Ottawa, Canada: Canada Communication Group – Publishing: 1992. p. 407-30.
18- http://www.azarkavin.com/index.php/fa/ak-700.
19- ASTM C869 (2012), Standard Specification for foaming agents used in making preformed foam for cellular concrete.
20- ASTM C39, "Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens", Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.02; (2009).
21- ASTM C496, "Standard test method for splitting tensile strength of cylindrical concrete specimens", Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.02; (2004)
22- ASTM C157/c Standard test method for length change of hardened hydraulic-cement mortar and concrete
۲۳- سعیدی, حمیدرضا و مجتبی عامری، ۱۳۹۴، مطالعه اثر الیاف پلی پروپیلن برخواص مکانیکی بتن خودتراکم، دومین کنفرانس سراسری توسعه محوری مهندسی عمران، معماری، برق و مکانیک ایران، گرگان، گروه آموزش و پژوهش شرکت مهندسی بارو گستر پارس، آکادمی آکسفورد سرت انگلستان،
۲۴- علی صدر ممتازی، اکبر خداپرست حقی، میرعلیمحمد میرگذار لنگرودی، "بررسی خواص مکانیکی بتن الیافی سبک حاوی پلی استایرن حجیم شده و بدست آوردن نسبت اختلاط بهینه"، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران، اردیبهشت ۱۳۸۷
۲۵- میرجلیلی, محمد؛ الناز دوشنبه پور و حسن دشتی، ۱۳۹۳، بررسی قابلیت استفاده از الیاف شیشه و پلی پروپیلن در بهبود خصوصیات و مقاومت بتن، دومین همایش ملی مصالح ساختمان و فناوری های نوین در صنعت ساختمان، میبد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد
۲۶- فدایی فولادچی, رضا؛ ملک محمد رنجبر و رحمت مدندوست، ۱۳۹۴، مطالعه رفتار بتن خودتراکم حاوی الیاف ماکروسینتتیک و پلی اولفین- آرامید فورتا در حالت تازه و سخت شده، چهارمین کنفرانس ملی مصالح و سازه های نوین در مهندسی عمران، یاسوج، دانشگاه یاسوج،
۲۷- مرادی, محبوبه؛ عطاالله حاجتی مدارایی و رحمت مدندوست، ۱۳۹۵، تاثیر الیاف پلی اولفین و الیاف فولادی بر برخی خواص مکانیکی بتن، چهارمین کنگره بین المللی عمران ، معماری و توسعه شهری، تهران، دبیرخانه دایمی کنفرانس، دانشگاه شهید بهشتی،
۲۸- هفرنیا, کیاچهر و رضا عباسی، ۱۳۸۷، مطالعه پارامترهای موثر بر بتن فومی، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، تهران، دانشگاه تهران
۲۹- عبده کلاهچی, عبداله و ظفر توکلی نیا، ۱۳۹۵، بررسی مقاومت فشاری و دوام بتن خود متراکم سبک حاوی درصدهای مختلف نانوسیلیس، کنفرانس ملی پژوهش های نوین در علوم فنی و مهندسی، اردبیل، موسسه حامیان زیست اندیش محیط آرمانی
30- M. Nehdi, J. Doquette, A. El Damatty. "Performance of rice husk ash produced using a new technology as a mineral admixture in concrete', Cement and Concrete Research 33 (2003) pp 1203-1210
۳۱- مرادی یاسوری, محبوبه؛ عطاالله حاجتی مدارایی و رحمت مدندوست، ۱۳۹۵، تاثیر الیاف پلی اولفین ، پلی پروپیلن و الیاف فولادی بر برخی خواص مکانیکی بتن، چهارمین کنفرانس ملی پژوهشهای کاربردی در مهندسی عمران، معماری و مدیریت شهری، تهران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی،
32- Hwang Chao-Lung, Bui Le Anh-Tuan, Chen Chun-Tsun, "Effect of rice husk ash on the strength and durability characteristics of concrete",

Archive of SID
www.SID.ir

Construction and Building Materials 25 (2011) pp 3768-3772.

33- A.E. Naaman, T. Wongtanakitcharoen, G. Hauser, "Influence of Different Fibers on Plastic Shrinkage Cracking of Concrete", ACI Materials Journal, January-February (2005) , pp 49-58.

34- A. Sadrmomtazi, A.K. Haghi, "Properties of cementitious composite containing polypropylene fiber waste", Journal of Composite interface, Vol. 15 ,(2008) ,pp 7-9.

۳۵- سیافی شریفی، میرشهاب، ۱۳۹۴، نقش الیاف پلی پروپیلن و شیشه بر روی بتن های سبک خودتراکم حاوی لیکا و سیمان های ترکیبی حاوی خاکستر پوسته شلتوک برنج و دوده سیلیس، دانشکده فنی دانشگاه گیلان

36- Farokhzad, R., Mahdikhani, M., Bagheri, A., & Baghdadi, J, (2016). Representing a logical grading zone for self-consolidating concrete. Construction and Building Materials, 115: 735-745.

Archive of SID

www.SID.ir

Effect of Different Fibers and Pozzolanic Materials on the Properties of non - structural Concrete(Foam Concrete)

Mahyar Kaveh
Department of Civil Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.

Reza Farokhzad
Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran.

Abstract:

Foam concrete is new cover for several usages in building industry that is very useful because of its unique specification. The high value of strength to weight ratio, low Thermal conductivity Coefficient and the high Heat insulation and soundproof ability is the most advantage of this type concrete. In this investigation we use Polypropylene fibers, Synthetic fibers, rice husk ash and nano silica to improve the foam concrete abilities. The fibers are used as additive and rice husk ash & nano silica are replaced as cement. The compressive strength test, tensile strength test and lentgh change test are performed on all foam concretes. Maximum compressive strength belongs to designs containing 1% synthetic fibers and 1% nano-silica. Finally, it was determined that rice paddy ash in 5% replacement has a 9% increase in compressive strength of 28 days and a 17% increase in tensile strength of 28 days. Compressive strength is not affected by Polypropylene fibers in 0.1% and 0.2%, and in 0.3%, compressive strength decreases. Adding 1% of synthetic fiber to concrete foam has 17% growth in compressive strength and 75% growth in tensile strength. Adding 1% nano-silica to foam concrete has a 20% growth in compressive strength and 38% growth in tensile strength. Nanosilica and rice husk ash decreased by 21% and 9% decrease in concrete shrinkage due to decreased absorption of foam concrete. Polypropylene and synthetic fibers cause 6 to 15% reduction in the contraction due to concrete drying.

Keywords: Foam Concrete, polypropylene fiber, pozzolanic materials, Nano-silica

Archive of SID

www.SID.ir