رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN ONLINE: 2588-7122- ISSN PRINT: 2588-6886 ، دوره چهارم، شماره ۴، ۱۳۹۹، صفحه: ۲۶-۴۴
Archive of SID

بهبود پارامترهای مکانیکی بتن خودتراکم با استفاده از الیاف مسی و پلاستیکی

حمید صابری [۱]، وحید صابری*[۱]، سید محسن نورانی [۲] ، عباسعلی صادقی [۳]

[۱*] استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه غیر انتفاعی ایوان‌کی، سمنان، ایران(saberi.vahid@gmail.com)

[۲] کارشناس ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشگاه غیرانتفاعی ایوان‌کی، سمنان، ایران

[۳] دانشجوی دکتری، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

(تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۱۰/۱۱، تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۱۲/۲۹)

چکیده

در این پژوهش به بررسی تاثیر الیاف مسی و پلاستیکی به همراه پودر سنگ و همچنین تغییر در سایز سنگدانه های درشت بر خصوصیات بتن تازه و پارامترهای مکانیکی یتن خودتراکم پرداخته شده است. بدین منظور الیاف مسی با طول ۳۰ میلی متر و به میزان ۱ درصد و الیاف پلاستیکی به میزان ۰/۴ در صد به بتن طرح شاهد اضافه گردید و پس از آزمایشات بتن تازه از قبیل جریان اسلامپ، قیف V شکل، جعبه L شکل و جعبه U شکل و همچنین آزماش های بتن سخت شده شامل: اندازه گیری چگالی، مقاومت فشاری، مقاومت کششی و مدول الاستیسیته انجام گرفت. نتایج نشان می دهد با افزودن الیاف مسی و پلاستیکی به بتن شاهد، جریان اسلامپ ۱۷ درصد کاهش یافته و همچنین زمان خروج کامل بتن از قیف V شکل ، حدود ۳۰ درصد به تاخیر افتاده است. همچنین وجود الیاف مسی به مقدار ۱ درصد و الیاف پلاستیکی به مقدار ۰/۴ درصد، باعث بهبود مقاومت فشاری در حدود ۶۴ درصد و از طرفی باعث بهبود مقاومت کششی در حدود ۵۰ درصد شده است. در تحقیقات گذشته اثبات شده است که با بکار بردن الیاف فولادی در بتن خودتراکم، با افزایش عمر نمونه باعث افت مقاومت فشاری که دلیل آن را زنگ زدگی الیاف فولادی ذکر گردیده است، در این پژوهش با توجه به حضور الیاف مسی در بتن خودتراکم هیچ گونه زنگ زدگی و افت مقاومت دیده نشده است و باعث بهبود دوام بتن گردید. با افزودن الیاف به بتن خودتراکم باعث افزایش ظرفیت باربری بتن خودتراکم شده است. با بکار بردن الیاف مسی و پلاستیکی و همچنین پودر سنگ در بتن خودتراکم باعث بهبود مقاومت کششی در حدود ۲۸ درصد شده است.

کلمات کلیدی

بتن خودتراکم، الیاف مسی، الیاف پلاستیکی، مدول الاستیسیته، مقاومت کششی، مقاومت فشاری.

www.SID.ir

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN ONLINE: 2588-7122- ISSN PRINT: 2588-6886 ، دوره چهارم، شماره ۴، ۱۳۹۹، صفحه: ۲۶-۴۴
Archive of SID

Improvement of Mechanical Parameters of Self-Compacting Concrete Using Copper and Plastic Fibers

Vahid Saberi [1], Hamid Saberi [1], Sayed Mohsen Noorani [2], Abbasali Sadeghi [3]*

[1] Assistant Professor, Department of Civil Engineering, University of Eyvanekey, Semnan, Iran (saberi.vahid@gmail.com)*

[2]MSc, Department of Civil Engineering, University of Eyvanekey, Semnan, Iran

[3] Ph.D. Candidate, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

(Date of received: 29/01/2021, Date of accepted: 19/03/2021)

ABSTRACT

In this study, the effects of adding copper and plastic fibres and stone powder on flow parameters and hardening properties of self-compacting concrete have been investigated. The basic disadvantages of concrete include high specific gravity, low tensile strength compared to its compressive strength, low durability, and increasing tensile strength. By The use of fibres is expected to improve tensile strength, as well as reducing stiffness and, on the other hand, increasing the concrete plasticity. Today, self-compacting concrete solves one of the major problems in the implementation of concrete works in urban environments, which includes the noise pollution caused by the use of a vibrator to replacement concrete. Self-compacting concrete is a high-performance modern concrete that distinguishes its characteristics such as the lack need to internal or external density and the cross of dense reinforcement networks from conventional concrete. Another feature of self-compacting concrete is its high viscosity and stability as a result of the addition of fillers and the use of cement materials. But increasing the amount of cement materials and fillers in self-compacting concrete increases the brittleness of the concrete matrix, resulting in a decrease in deformability. Considering the successful experience of using fiber in concrete over the past years, in order to increase the deformability of ordinary, lightweight and high strength concrete, the use of fibres is an appropriate proposal to enhance of deformability of the self-compacting of concrete. Fiber concrete also has high energy absorption capacity and is not easily disassembled under impact loads.

Keywords:

Self-Compacting Concrete, Plastic Fibers, Copper Fibers, Modulus of Elasticity, Tensile Strength, Compressive Strength.

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

در سازه های بتنی برای رسیدن به مقاومت مورد نیاز و کاهش تخلخل و هوای درون بتن، همچنین حصول پایایی، بتن به روش های مختلف لرزانده می شود. با استفاده روز افزون از بتن و کمبود کارگران ماهر ساختمانی و مشکلات عدیده در اجرا و متراکم سازی بتن، از جمله سروصدا و هزینه ی بالای اجرایی، تراکم بتن به طور کامل و رضایت بخش صورت نگرفته و سبب ایجاد مشکلاتی در مقاومت های مکانیکی بتن می گردد. لذا ساخت بتنی بدون نیاز به امور اجرایی برای متراکم کردن، رویای متخصصان بتن بوده تا بتوانند با استفاده از مواد افزودنی مختلف و تغییر در درصد های مصالح بکار رفته، به این مهم دست یابند و با ایجاد بتن خودتراکم این نقص را رفع کنند [۱]. بتن خودتراکم نوع خاصی است که با وزن خود در قالب جاری می شود و نیازی به لرزاندن ندارد و هدف آن کاهش هزینه های بتن ریزی می باشد. مزایای آن باعث شد به سرعت در دیگر کشورها نیز استفاده شود. قابلیت پرکنندگی و قابلیت عبور کنندگی و مقاومت در برابر جدا شدگی سه خاصیتی می باشند که باعث تمایز بتن خودتراکم از بتن معمولی گردیده است. به دلایل مختلف، مقدار قابل توجهی از بتن ترک می خورد. دلیل ترک خوردگی می تواند سازه ای یا غیر سازه ای باشد، لیکن عمده ترکها ناشی از ضعف ذاتی این ماده در کشش است [۲]. این عیب اساسی بتن، در عمل با مسلح کردن آن با استقرار آرماتورهای فولادی در جهت نیروهای کششی برطرف می گردد [۳]. به منظور ایجاد شرایط ایزوتروپ و کاهش ضعف شکنندگی و تردی بتن تا حد امکان، در چند دهه اخیر استفاده از الیاف نازک و نسبتا طویل که در تمام حجم بتن پراکنده می شود متداول شده است [۴]. از انجا که امروزه از مصالح بتنی در مقادیر بسیار زیادی استفاده می گردد، حتی پیشرفت و بهبود اندکی در خصوصیات مواد، تاثیر قابل توجهی و چشمگیری در فن آوری داشته و مزایای اقتصادی نیز به همراه دارد. در این راستا، مصالح مدرن مانند بتن مسلح الیافی می تواند نقش مهمی ایفا کند [۵]. استفاده از الیاف در بتن سبب افزایش مقاومت سایشی، خمشی و کششی می گردد. از یکسو بتن خود تراکم بتنی بسیار سیال و مخلوطی بسیار همگن است که بسیاری از مشکلات بتن معمولی را مرتفع نموده و بدون نیاز به هیچگونه لرزاننده داخلی و خارجی تحت اثر وزن خود، متراکم میشود. این ویژگی کمک شایانی به اجرای اعضای سازهای با تراکم زیاد آرماتور مینماید. از سویی دیگر فناوری نانو در سالیان اخیر موجب تحولات شگرفی در دانش بشری گردیده و نانو ذرات که نتیجه ای از فناوری نانواند به عنوان یک پوزولان مصنوعی بسیار فعال درتکنولوژی بتن توانسته اند با کاربرد در ساخت مصالح پایه سیمانی ساختار آنها را تحت تاثیر قرار داده و بهبود بخشند. لذا استفاده از بتنی که خصوصیات بتن خود تراکم و الیافی را با هم داشته و ریز ساختار ماتریس آن تقویت شده باشد کمک شایانی به ساخت سازه هایی با عملکرد بالا و با دوام مینماید. در این تحقیق آزمایشگاهی به بررسی اثر توأم نانوسیلیس و الیافهای مختلف فلزی، پلی پروپیلن، شیشه(بر خواص مکانیکی)مقاومت فشاری، کششی، خمشی،انرژی پذیری طاقت و مدول الاستیسیته و رئولوژی L-BOX ، جریان اسلامپ، (و دوام)شامل نفوذ یون کلر و جذب آب بتن خودتراکم پرداخته میشود، و نیز از آزمایش طیف سنجی تفرق اشعه ایکس استفاده شده است. بدین منظور ۴ طرح اختلاط شامل سری A و B و D و ۶ درصد وزنی سیمان، نانو سیلیس که به صورت جایگزین با سیمان مورد استفاده قرار گرفتند. هر۲ که به ترتیب حاوی ۴ درصد حجمی و شیشه: ۰/۴ و ۲/۱۵، ۴/ ۴ درصد حجمی و پلی پروپیلن: ۱/۴ و ۵ /۳، ۴/. سری ازاین مجموعه شامل ۳ نوع الیاف (فلزی): ۲ درصد حجمی مورد آزمایش و مقایسه قرار گرفتند. بررسی نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد که حضور توأم ۰/۴ و۰/۳ و۴/۱۵ و ۲ درصد حجمی(نانوسیلیس) درصد وزنی سیمان موجب بهبودی خصوصیات ۰/۴ و شیشه: ۲/۴ ، پلی پروپیلن ۰/۲ و ۳درصد بهینه الیاف فلزی مکانیکی و دوام بتن خود تراکم میگردد [۶]. به دلیل ترد بودن و شکنندگی بتن، استفاده از الیاف های مختلف در بتن رایج گشته است تا با ایجاد شرایط یکنواخت بر شکل پذیری آن بیفزاید. در این طرح با بدست آوردن یک مخلوط مناسبی از بتن خودتراکم، با افزودن الیاف پلی پروپیلن در مقادیر ۰، ۰/۶، ۱/۲، ۱/۸ کیلوگرم بر مترمکعب به طرح مخلوط اصلی به بررسی الیاف در خواص بتن پرداخته می شود. برای بررسی دوام بتن خودتراکم الیافی نمونه ها در سن ۷ و ۲۸ روزه

www.SID.ir

Archive of SID
ISSN ONLINE: 2588-7122- ISSN PRINT: 2588-6886 ، دوره چهارم، شماره ۴، ۱۳۹۹، صفحه: ۲۶-۴۲

در محیطهای با غلظت ۲/۵ ٪، ۵ ٪، ۱۰ ٪ اسید سولفوریک قرار داده و در سنین مختلف جرم از دست رفته و مقا.مت فشاری نمونه ها ثبت و مورد بررسی قرار گرفته اند. نتایج نشان می دهد مقاومت فشاری بهتری و کاهش جرم کمتری از خود نشان داده اند. حضور الیاف پلی پروپیلن و نانو سیلیس موجب بهبود خصوصیات مکانیکی و دوام بتن خودتراکم می گردد[۷]. تصور می شود که ساختمانهای بتنی در برابر آتش مقاوم هستند. تحقیقات گذشته نشان داده است که به هنگام حریق در این ساختمان مشکلات متعددی اتفاق می افتد. در آتشسوزی، یکی از روشهای خاموش کردن، استفاده از آب توسط آتشنشانها میباشد. در عضو حرارت دیده به محض رسیدن آب، اختلاف حرارت زیادی به وجود آمده و سبب تاثیر گذاشتن بر بسیاری از خصوصیات آن میگردد. حاوی الیاف شیشه انجام نشده است. هدف از تحقیق حاضر، بررسی مدت زمان حرارت بالا بر مقاومت فشاری و کششی بتن حاوی الیاف شیشه به مقدار ۱٪ و ۳٪ در معرض حرارت بالا۶۶ درجه سانتیگرادو به مدت زمان نیم، یک و دو ساعت و خنک شدن نمونه های مذکور به صورت تدریجی)در معرض دمای هوا(و تسریعی)آب پاشی فوری بعد از مواجهه با حرارت میباشد. نمونه مکعبی و نمونه استوانه ای و به ترتیب برای بررسی مقاومت فشاری و کششی هر کدام به تعداد ۴۸ عدد ساخته شد. نمونه ها بعد از ۲۴ روز عمل آوری و کسب مقاومت لازم، در کوره آنیل قرار گرفتند و سپس آزمایشات مورد نظر بر روی آنها انجام شد. نتایج نمونه هایی که سریع خنک شده بودند، عملکرد بهتری از خود نشان دادند. همچنین حرارت سبب ایجاد ترکهای زیادی در بتن گردید [۸]. در این مقاله خواص مکانیکی بتن آرمه تقویت شده با الیاف فولادی با مقاومت بالا را بررسی شده است. خواص شامل،خواص فشاری و تقسیم قدرت کششی، مدول پارگی و شاخص چقرمگی می باشد. الیاف فولادی با درصد حجمی۰,۵٪، ۱٪، ۱,۵٪ و ۲٪ اضافه شدند. مقاومت فشاری بتن تقویت شده با الیاف فولادی به حداکثر مقدار ۱,۵٪ درصد حجمی ،به بهبودی ۱۵,۳ درصد بالاترنسبت به HSC رسیده است. مقاومت کششی شکافته شدن و مدول پارگی بتن تقویت شده با الیاف فولادی با افزایش درصد حجمی برای دست یابی به پیشرفت ۹۸,۳٪ و ۱۲۶,۶٪ به ترتیب در درصد حجمی ۲٪ بهبود یافته است. شاخص چقرمگی بتن تقویت شده با الیاف فولادی با افزایش کسر بهبود می یابد. شاخص های I5، I10 و I30 مقدار ثبت شده ۶,۵، ۱۱,۸ و ۲۰,۶ را به ترتیب با مقدار ۲ درصد ثبت کردند. مدل های مقاومت برای پیش بینی مقاومت فشاری و مقاومت کششی شکافته شدن و مدول پارگی بتن تقویت شده با الیاف فولادی به وجود آمده است. این مدل ها پیش بینی ها را مطابق با اندازه گیری ها ارائه می دهد [۹].

۲- برنامه آزمایشگاهی

در بخش برنامه آزمایشگاهی این پژوهش ابتدا به ساخت بتن خودتراکمی که محدوده های تعیین شده EFANARC برای پارامترهای بتن تازه را تامین کند، پرداخته شده است.

۲-۱- مصالح مصرفی

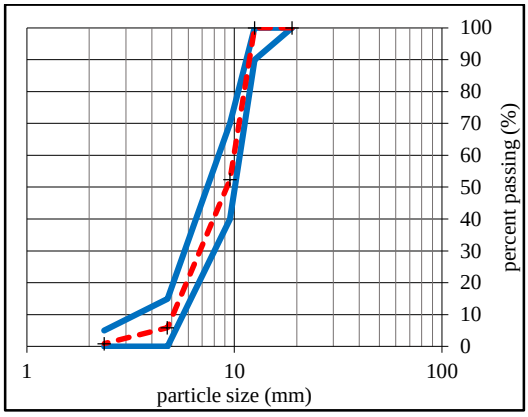
در این تحقیق از فوق روان کننده(SP) نسل سوم بر پایه پلی کربو کسیلات با نام تجاری chryso fluid optima 270 استفاده شده است. این ماده زرد رنگ، دارای وزن مخصوص۱/۰۵۸ می باشد. الیاف مصرفی شامل دو نوع مسی و پلاستیکی می باشد که مشخصات آنها را می توان در جدول۲ مشاهده کرد. شن مصرفی با حداکثر ابعاد ۱۹ میلی متر و چگالی ویژه برابر ۲۷۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب بوده و منحنی دانه بندی آن در محدوده استاندارد ASTM قرار داشته و ماسه مصرف شده حداکثر ۵ میلی متر انتخاب شده است که منحنی آن در شکل ۲ آمده است. از سیمان پوزولانی با وزن مخصوص ۳۰۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب استفاده شده است. همچنین از پودر سنگ با وزن مخصوص ۲۷۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب استفاده گردیده است. خصوصیات سیمان در جدول ۱ آمده است.

www.SID.ir

Archive of SID
ISSN ONLINE: 2588-7122- ISSN PRINT: 2588-6886 ، دوره چهارم، شماره ۴، ۱۳۹۹، صفحه: ۲۶-۴۴

جدول۱ : آزمایشات سیمان مصرفی

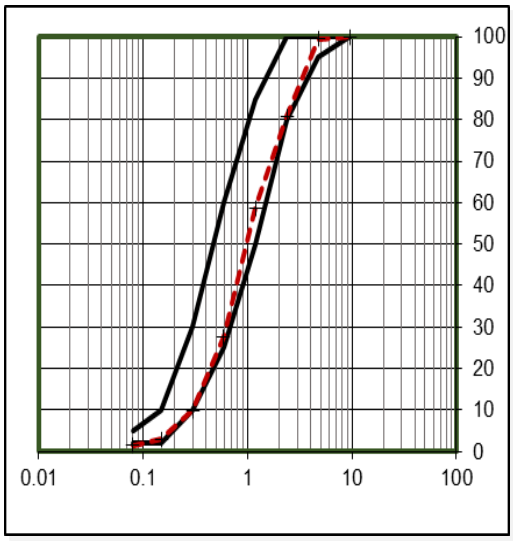
آنالیز شیمیایی سیمان	
مشخصات	نتایج آنالیز
درصد اکسید سیلیسیوم	۳۰/۱۶
درصد اکسید آلومینیوم	۳/۳۶
درصد اکسید آهن	۳/۷۶
درصد اکسید کلسیم	۵۲/۷
درصد اکسید منیزیم	۲/۴۷
درصد اکسید پتاسیم	۰/۶۸
درصد اکسید گوگرد	۱/۶۴
درصد کل قلیایی	۰/۷۰
مشخصات فیزیکی سیمان	
درصد وزنی آب خمیر نرمال	۲۵/۶
نرمی (g/cm^2)	۴۲۶۰
درصد انبساط(٪)	۰/۰۶
وزن مخصوص (g/cm^3)	۰/۰۹



شکل۱ : دانه بندی شن سایز ۵-۱۲/۵.

www.SID.ir

Archive of SID
ISSN ONLINE: 2588-7122- ISSN PRINT: 2588-6886 ، دوره چهارم، شماره ۴، ۱۳۹۹، صفحه: ۲۶-۴۱



شکل۲ : دانه بندی ماسه سایز ۰-۵.

۳- طرح اختلاط

در این تحقیق نسبت آب به سیمان در همه طرح ها ثابت و برابر ۰/۳۲۷ در نظر گرفته شده و به میزان ۰/۹۲ درصد فوق روان کننده با آب جایگزین گردید. پس از دستیابی به بتن خودتراکم شاهد با استفاده از الیاف مسی به طول ۳۰ میلی متر به میزان ۱ درصد و الیاف پلاستیکی به میزان ۰/۴ درصد و در دو سایز سنگدانه درشت ۱۲/۵-۵ و ۱۹/۵-۵ میلی متر به طرح شاهد اضافه شد. اختلاط بتن خودتراکم الیافی معمولا به دو گونه متفاوت توسط محققین انجام می گیرد؛ در بعضی تحقیق ها ابتدا به اختلاط خشک الیاف با مصالح سنگی و سپس افزئدن مواد سیمانی و آب پرداخته اند، اما در بعضی دیگر ابتدا به ساخت بتن خودتراکم بدون الیاف پرداخته و در پایان، الیاف را به مخلوط اضافه می کنند. در این پژوهش، ترتیب اختلاط مصالح برای ساخت بتن این گونه بود که ابتدا مصالح سنگی با مواد سیمانی به مدت ۱۵ دقیقه مخلوط شده سپس الیاف مسی و پلاستیکی را به آرامی به مخلوط در حال چرخش اضافه شده و سپس آب به همراه فوق روان کننده به مخلوط اضافه گردید. آزمون های بتن تازه خودتراکم بلافاصله پس از مرحله مخلوط کردن برای هریک از طرح های اختلاط انجام گرفت. پس از ساخت بتن، عملیات نمونه گیری جهت بررسی خصوصیات بتن تازه انجام گردید و سپس در قالب استوانه ای نمونه گیری شدند. قالب ها در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد محیط آزمایشگاه به مدت ۱۲ ساعت در شرایط ثابت نگهداری و بعد از خارج کردن نمونه ها از قالب جهت عمل آوری در اتاق مخصوص با رطوبت ۹۰ درصدی و دمای ۲۰ درجه ای منتقل شدند.

www.SID.ir

ISSN ONLINE: 2588-7122- ISSN PRINT: 2588-6886 ، دوره چهارم، شماره ۴، ۱۳۹۹، صفحه: ۲۶-۴۴
Archive of SID

جدول۲: مصالح مصرفی.

مصالح مصرفی	وزن مخصوص
پودر سنگ	(kg/m^3)۲۷۰۰
فوق روان کننده	(gr/cm^3)۱/۰۸۵
مواد قوام آور	(gr/cm3) ۱/۱۰۰
الیاف مسی	(kg/m3)۸۹۰۰
الیاف پلاستیکی	(gr/cm3)۰/۹۱
آب	(kg/m3)۱۰۰۰
سیمان	(kg/m3)۳۰۵۰
شن سایز ۵-۱۲/۵	(kg/m3)۲۷۰۰
ماسه	(kg/m3)۲۶۶۰

جدول۳ : طرح اختلاط شاهد.

نوع مصالح	وزن	وزن مخصوص
آب	۱۳۵	(kg/m3)۱۰۰۰
سیمان	۴۱۰	(kg/m3)۳۰۵۰
شن سایز ۵-۱۲/۵	۸۶۰	(kg/m3)۲۷۰۰
ماسه	۹۷۵	(kg/m3)۲۶۶۰
فوق روان کننده	۳/۷۷۲	(gr/cm3)۱/۰۸۵
مواد قوام آور	۰/۸۲۰	(gr/cm3)۱/۱۰۰

جدول۴: طرح اختلاط S2A2.

مصالح	وزن(kg)	وزن مخصوص
آب	۱۳۵	(kg/m3)۱۰۰۰
سیمان	۴۱۰	(kg/m3)۳۰۵۰
شن سایز ۵-۱۹	۸۶۰	(kg/m3)۲۷۰۰
ماسه	۹۷۵	(kg/m3)۲۶۶۰
فوق روان کننده	۳/۷۷۲	(gr/cm3)۱/۰۸۵
مواد قوام آور	۰/۸۲۰	(gr/cm3)۱/۱۰۰

جدول ۵: طرح اختلاط S3F1A1.

مصالح	وزن(kg)	وزن مخصوص
آب	۱۳۵	(kg/m3)۱۰۰۰
سیمان	۴۱۰	(kg/m3)۳۰۵۰
شن سایز ۵-۱۲/۵	۸۶۰	(kg/m3)۲۷۰۰
ماسه	۹۷۵	(kg/m3)۲۶۶۰
فوق روان کننده	۳/۷۷۲	(gr/cm3)۱/۰۸۵
مواد قوام آور	۰/۸۲۰	(gr/cm3)۱/۱۰۰
الیاف مسی(۱٪)	۴/۱۰۰	(kg/m3)۸۹۰۰
الیاف پلاستیکی(۰/۴ ٪)	۱/۶۴	(gr/cm^3) ۰/۹۱

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۶ : طرح اختلاط S4F1A2.

مصالح	وزن(kg)	وزن مخصوص
آب	۱۳۵	(kg/m3)۱۰۰۰
سیمان	۴۱۰	(kg/m3)۳۰۵۰
شن سایز ۱۹-۵	۸۶۰	(kg/m3)۲۷۰۰
ماسه	۹۷۵	(kg/m3)۲۶۶۰
فوق روان کننده	۶/۴۲۰	(gr/cm3)۱/۰۸۵
مواد قوام آور	۰/۸۲۰	(gr/cm3)۱/۱۰۰
الیاف مسی(۱٪)	۴/۱۰۰	(kg/m3)۸۹۰۰
الیاف پلاستیکی(۰/۴ ٪)	۱/۶۴	(gr/cm3)۰/۹۱

۴- نتایج آزمایش های بتن خود متراکم تازه

در این تحقیق با وجود استفاده از الیاف در بتن خودتراکم، مشخصات بتن تازه تا حدودی رعایت شده است. لذا برای سنجش کارایی بتن خودتراکم از پارامترهای سنجش خودتراکم استفاده شده است. جهت بررسی خواص متفاوتی از قبیل قابلیت عبور و پایداری بتن در برابر جداشدگی از آزمایش جعبه Lشکل و از آزمایش قیف V شکل به عنوان معیاری جهت تعیین قابلیت پرکنندگی و لزجت خمیری بتن مورد استفاده قرار می گیرد. جهت ارزیابی شکل پذیری یا روانی بتن خودتراکم از آزمایش اسلامپ استفاده گردید. آیین نامهEFNARC در جدول ۷ میزان قابل قبول آزمایش اسلامپ را مشخص نموده است.

جدول۷ : دسته بندی بتن.

جریان اسلامپ(میلی متر)	رده بندی بتن
۵۵۰-۶۵۰	SF1
۶۶۰-۷۵۰	SF2
۷۶۰-۸۵۰	SF3

۴-۱- آزمایش جریان اسلامپ

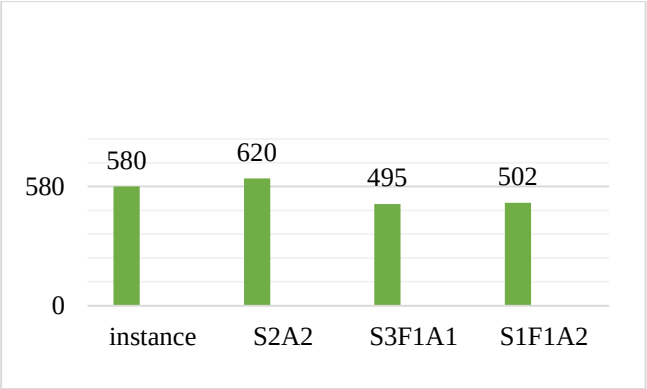
همانطور که در نمودار ۳ مشاهده می شود، در نمونه ی S2A2 که با سایز سنگدانه ۱۹/۵-۵ میلی متر می باشد جریان اسلامپ در مقایسه با نمونه شاهد ۶/۹ درصد افزایش داشته است که این امر نشان دهنده ی بهبود روانی بتن تازه خودتراکم توسط تغییرات سایز سنگدانه می باشد. در نمونه ی S3F1A1 به دلیل استفاده از الیاف مسی و پلاستیکی در بتن خودتراکم، تا حدودی روانی بتن خودتراکم کاهش یافته است اما در نمونه ی S4F1A2 به دلیل استفاده از شن ۱۹/۵-۵ میلی متر، باعث بهبود جریان اسلامپ گردیده است. می توان دریافت که با کاربرد الیاف مسی و پلاستیکی در بتن خودتراکم تاثیر چشمگیری بر جریان اسلامپ بتن خودتراکم خواهد داشت. طرح ها به صورت مناسب و منظم و بدون هیچ گونه جداشدگی بر روی تخته اسلامپ پخش شدند.طرح ها، ابتدا با ثابت نگه داشتن میزان فوق روان کننده الیاف به مخلوط اضافه شد و سپس میزان جریان اسلامپ اندازه گیری شد که نتایج حاکی از عدم رعایت محدوده می باشد. نمودار۱ نحوه تاثیر الیاف را بر روی میزان جریان اسلامپ را نشان می دهد. نتایج نشان می دهد حضور الیاف باعث کاهش مقادیر جریان اسلامپ گردیده اشت به طوری که با افزایش الیاف از ۰ به ۱ درصد الیاف مسی و ۰/۴

www.SID.ir

Archive of SID
ISSN ONLINE: 2588-7122- ISSN PRINT: 2588-6886 ، دوره چهارم، شماره ۴، ۱۳۹۹، صفحه: ۲۶-۴۴

درصد الیاف پلاستیکی، کاهش اسلامپ در حدود ۱۵/۱۷ درصدی در نمونه با سایز سنگدانه ۱۲/۵-۵ میلی متر و کاهش حدود ۱۳/۴۴ درصدی برای نمونه سایز سنگدانه ۱۹/۵-۵ میلی متر اندازه گیری شده است.

شکل۳ : آزمایش جریان اسلامپ.



شکل٤ : تغییرات جریان اسلامپ(میلی متر).

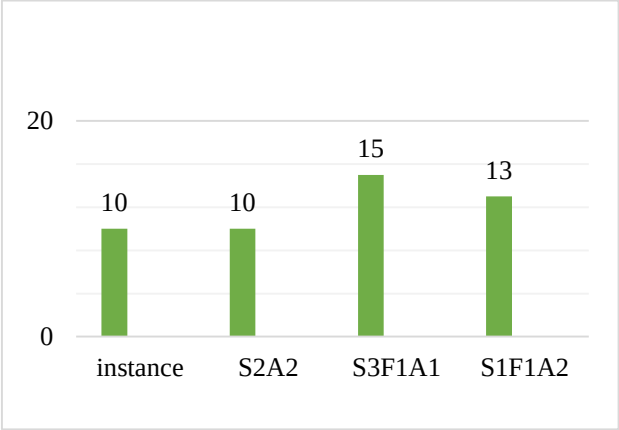
۴-۲- آزمایش قیف v شکل

این آزمایش به عنوان معیاری جهت تعیین قابلیت پرکنندگی و لزجت خمیری بتن مورد استفاده قرار می گیرد. همچنین هرگونه انسداد و گرفتگی بتن در زمان خروج از دهانه قیف باید مورد توجه قرار گیرد. طبق EFNARC میزان زمان قابل قبول برای خروج بتن زیر ۸ ثانیه برای VF1 و بین ۹ تا ۲۵ ثانیه برای VF2 در نظر گرفته شده است. نتایج بدست آمده نشان می دهند که تمامی طرح ها در کلاس VF2 طبقه بندی می شوند. همانطور که از نمودار ۴ مشاهده می شود حضور الیاف باعث افزایش زمان خروج بتن از قیف گردید به طوری که با افزودن الیاف به طرح شاهد، افزایش زمان خروج بتن در حدود ۵۰درصد و ۳۰درصد بدست آمد.

www.SID.ir

Archive of SID
ISSN ONLINE: 2588-7122- ISSN PRINT: 2588-6886 ، دوره چهارم، شماره ۴، ۱۳۹۹، صفحه: ۲۶-۴۴

شکل۵ : آزمایش قیف V شکل.



شکل ٦: تغییرات قیف V شکل(میلی متر)

۴-۳- آزمایش جعبه L شکل

این آزمایش به منظور بررسی قابلیت جریان تازه و پدیده انسداد ناشی از حضور میلگرد طراحی شده است. EFNARC دو کلاس برای طبقه بندی نتایج آزمایش جعبه Lشکل ارائه می کند. کلاس PA1 که میزان h2/h1 را در هنگام استفاده از دو میلگردحداقل ۰/۸ بیان می کند و کلاس PA2 که میزان ۰/۸ را در هنگام استفاده از سه میلگرد قابل قبول می داند. نمودار۵ تغییرات میزان h2/h1 در حضور میلگرد را نشان می دهد. مطابق نتایج، تمامی طرح ها در EFNARC قرار نمی گیرد. همانطور که از نمودار ۳ مشاهده می شود حضور الیاف باعث کاهش میزان h2/h1 گردید به طوری که با افزودن الیاف باعث افزایش ۱۲۰ درصدی و ۹۰درصدی بدست آمد.

www.SID.ir

Archive of SID
ISSN ONLINE: 2588-7122- ISSN PRINT: 2588-6886 ، دوره چهارم، شماره ۴، ۱۳۹۹، صفحه: ۲۶-۴۴

شکل۷: آزمایش جعبه L.

شکل ۸: تغییرات قیف L شکل(میلی متر).

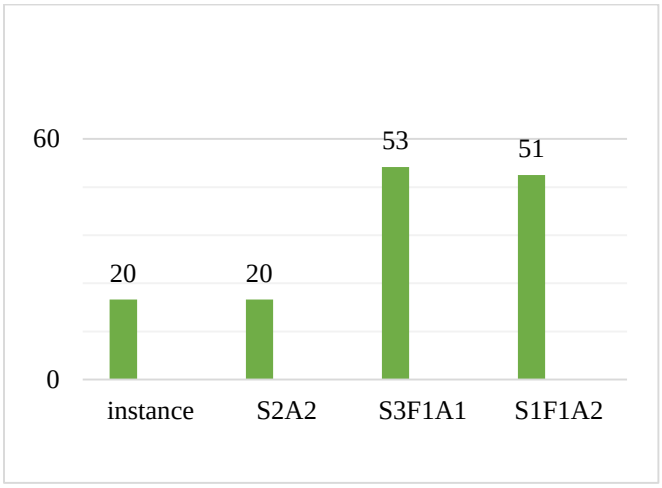
۴-۴- آزمایش جعبه U شکل

این آزمایش شاخصی برای سنجش تراکم پذیری بتن از طریق ارتفاع بتن بعد از جریان یافتن بین موانع است. بعد از جریان یافتن بتن در مجرای دیگر، پس از توقف جریان زمان تخلیه را ثبت می کنیم. سپس ارتفاع بتن در هر دو مجرا را اندازه گرفته و ارتفاع پر شدن مجرا را که همان h2/h1 را محاسبه می کنند. میزان اختلاف ارتفاع بین دو مجرا باید کمتر از ۳۰ میلی متر باشد. نمودار۶ تغییرات میزان h2/h1 را نشان می دهد. همانطور که نتایج نشان می دهند با افزودن الیاف به بتن خودتراکم، میزان اختلاف در حدود ۱۶۵ درصد و ۱۵۵ درصد بدست آمده است.

www.SID.ir

ISSN ONLINE: 2588-7122- ISSN PRINT: 2588-6886 ، دوره چهارم، شماره ۴، ۱۳۹۹، صفحه: ۲۶-۴۴
Archive of SID

شکل۹: آزمایش جعبه U.



شکل ۱۰: تغییرات قیف **U** شکل(میلی متر).

۵- آزمایش های بتن سخت شده

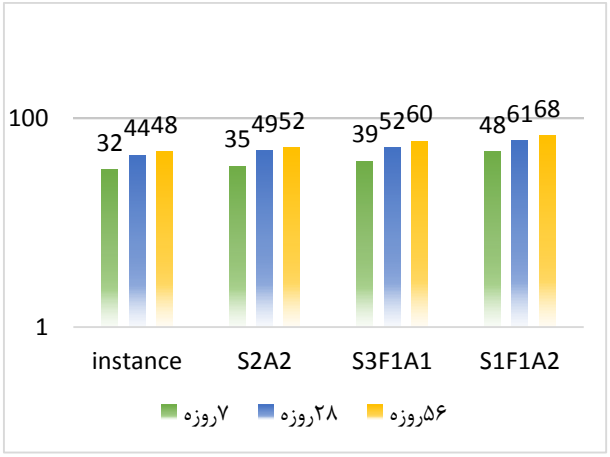
۵-۱- مقاومت فشاری

نتایج نشان می دهند که در هر ۴ طرح می توان به مقاومت سازه ای حداقل دست یافت. با توجه به نمودار۷ مشاهده می شود که الیاف مسی و پلاستیکی باعث افزایش مقاومت فشاری نمونه ها می شود. به طوری که با استفاده از الیاف مسی و پلاستیکی به مقدار ۱ درصد و ۰/۴ درصد، افزایشی حدود ۱۱/۳۶درصدی برای بتن با سایز سنگدانه ۱۹-۵ میلی متر بدون الیاف و افزایش ۱۸/۱۸درصدی و ۳۸/۶۳ درصدی برای بتن های الیاف دار بدست آمده است. افزایش مقاومت فشاری تحت تاثیر الیاف را می توان بدین صورت توجیه نمود که وجود الیاف باعث به تاخیر افتادن رشد ریز ترک ها در بتن می گردد که در نتیجه باعث افزایش مقاومت و کرنش تحت بار حداکثر خواهد شد [۹].

www.SID.ir

ISSN ONLINE: 2588-7122- ISSN PRINT: 2588-6886 ، دوره چهارم، شماره ۴، ۱۳۹۹، صفحه: ۲۶-۴۴
Archive of SID

شکل۱۱ : آزمایش مقاومت فشاری.



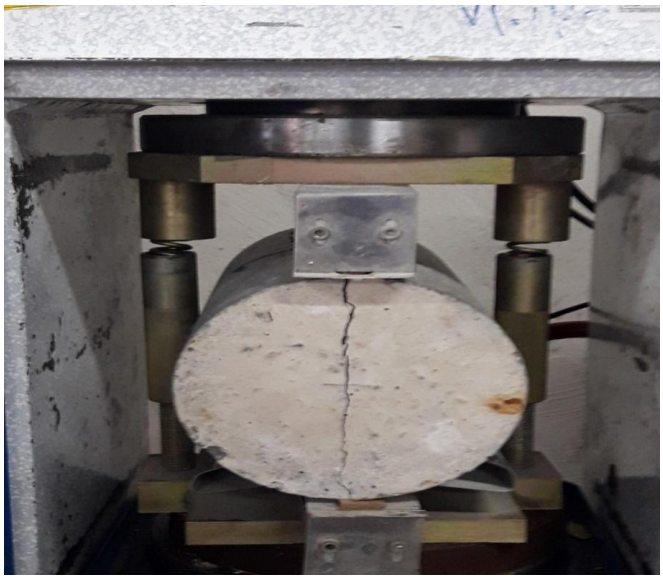
شکل۱۲ : تغییرات مقاومت فشاری(مگا پاسکال).

۵-۲- مقاومت کششی به روش دو نیم شدن

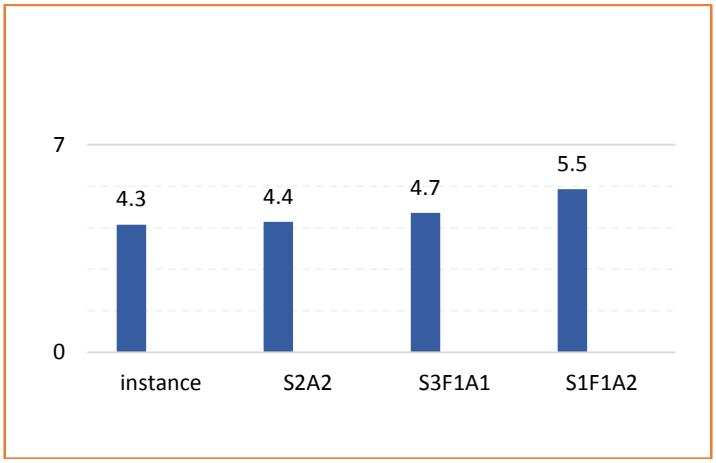
آزمایش مقاومت کششی برای تعیین مقاومت کششی بتن به روش دو نیم شدن نمونه های استوانه ای انجام شد. نمونه ها در سنین ۲۸ روزگی مورد آزمایش قرار گرفتند. نمودار ۸ نشان می دهد که حضور الیاف مسی و پلاستیکی باعث افزایش مقاومت کششی بتن می گردد به طوری که با افزودن الیاف، افزایشی در حدود ۲ درصدی برای بتن بدون الیاف با سایز سنگدانه ۱۹/۵-۵ میلی متر و ۲۵ درصدی برای بتن الیافی با سایز سنگدانه ۱۲/۵-۵ میلی متر و ۵۰ درصدی برای بتن الیافی با سایز سنگدانه ۱۹/۵-۵ میلی متر بدست آمد. مکانیزم افزایش مدول گسیختگی در اثر استفاده از الیاف مسی و پلاستیکی را می توان بدین صورت تشریح کرد: استفاده از الیاف به معنی اتصال بسیار وسیع و فاصله کم الیاف می باشد، لذا پس از اعمال بار و بروز ترک های بسیار ریز در بافت بتن الیاف قادر خواهد بود از گسترش ترک ها جلوگیری خواهد کرد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۳: آزمایش مقاومت کششی.



شکل ۱۴: تغییرات مقاومت کششی.

۶- تاثیر الیاف بر مقاومت کششی

با توجه به نمودار ۸ می توان دریافت حضور الیاف در بتن خودتراکم، باعث بهبود و افزایش قابل توجه مقاومت کششی و کاهش سختی و متعاقبا باعث افزایش شکل پذیری می شود. از طرفی حضور الیاف باعث تغییر رفتار بتن خودتراکم از حالت ترد به حالت نرم و شکل پذیر می شود. با افزودن درصد الیاف مسی به مقدار ۱ درصد و ۰/۴ درصد الیاف پلاستیکی با روند صعودی مقاومت کششی مواجه می شویم به طوری که در طرح اختلاط S3F1A1 افزایش ۵۶ درصدی و برای طرح اختلاط S4F1A2 افزایش ۸۳ درصدی می باشد.

www.SID.ir

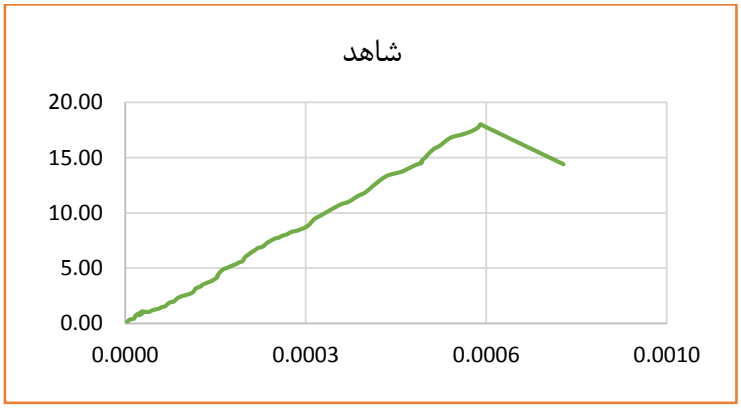
Archive of SID

۷- تاثیر الیاف بر ترک خوردگی بتن خود متراکم

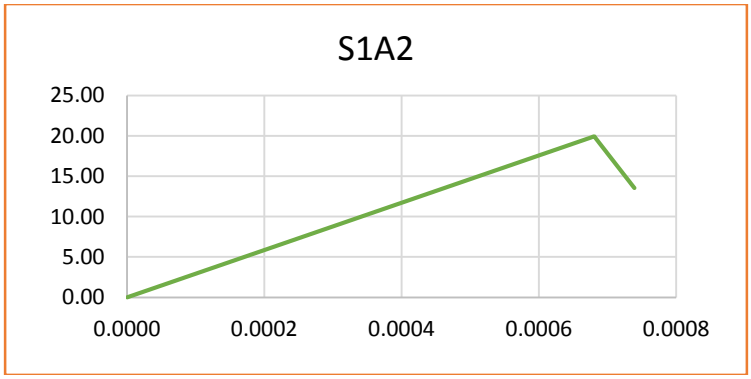
انهدام و زوال بتن به تشکیل ترک ها و ریز ترک ها در اثر بارگذاری و تاثیرات محیطی وابسته است.تغییرات گرمایی و رطوبتی در خمیر سیمان باعث ایجاد ریزترک ها می شود و چنین ریز ترک هایی در سطح دانه های درشت متمرکز می شوند، با تاثیر بیشتر بارگذاری و نیز مسائل محیطی، ریزترک ها در جسم بتن منتشر می شوند. استفاده از الیاف مختلف در بتن و ساخت بتن الیافی به عنوان یک گام موثر در جلوگیری از انتشار ریزترک ها و ترک ها و جبران ضعف مقاومت کششی بتن محسوب می شود. الیاف برای کنترل ترک در اثر تغییرات حجمی ناشی از انقباض، انبساط و تنش های حرارتی و همچنین برای افزایش مقاومت کششی، نرمی و قابلیت جذب انرژی استفاده می شود.[۶] از نتایج بدست آمده می توان دریافت که کاربرد الیاف مسی و پلاستیکی و یکنواختی توزیع آنها در بتن باعث کاهش ترک خوردگی گردیده است.

۸- تاثیر الیاف بر مدول الاستیسیته و نمودار تنش- کرنش

با توجه به نتایج حاصله از آزمایش مدول الاستیسیته و نمودار تنش-کرنش(نمودار های ۹و۱۰و۱۱و۱۵) بر نمونه های بتن خودتراکم الیافی و بتن شاهد، می توان دریافت با بکارگیری الیاف مسی و پلاستیکی در بتن خودتراکم، باعث بهبود مدول الاستیسیته به مقدار ۲۱ درصد شده است و همچنین باعث بهبود نمودار تنش – کرنش به مقدار ۲۲ و ۴۴ درصد گردیده است. از طرفی سنگدانه های درشت با سایز ۱۹-۵ میلی متر باعث بهبودی ۱۵ درصدی نمودار تنش – کرنش شده است.



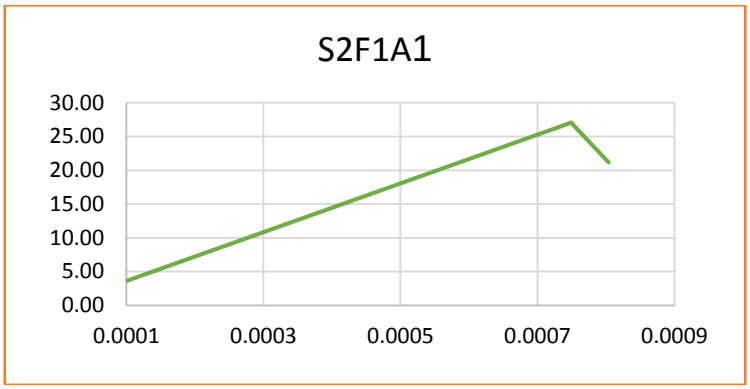
شکل۹: تنش-کرنش.



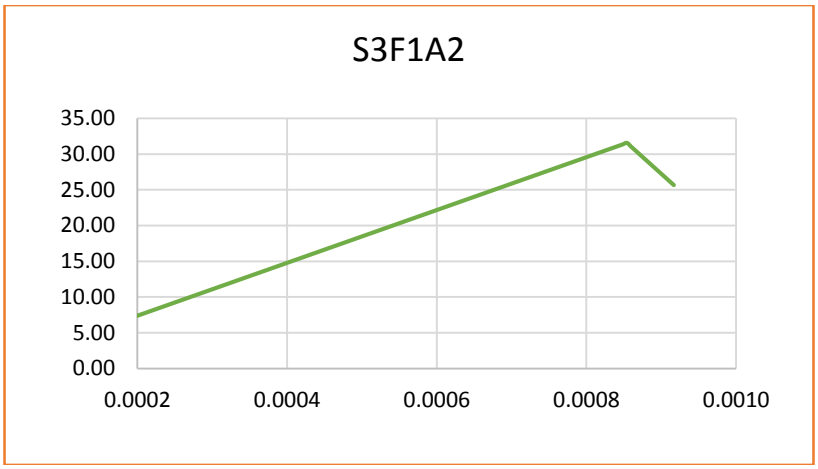
شکل۱۰: تنش-کرنش.

www.SID.ir

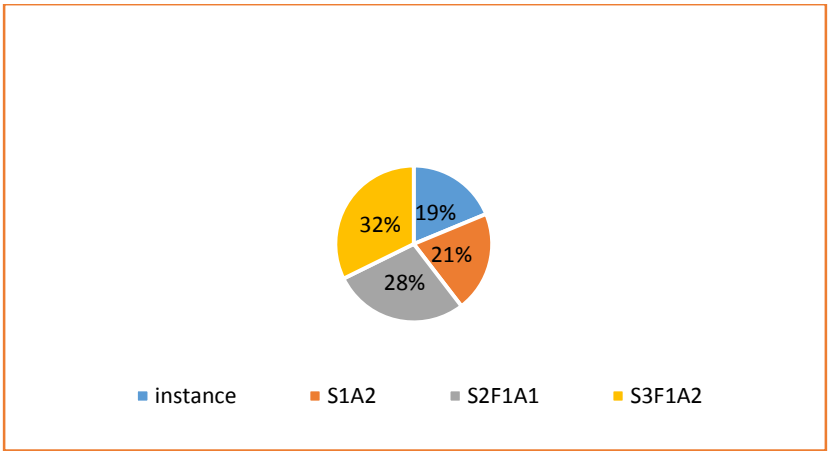
Archive of SID
ISSN ONLINE: 2588-7122- ISSN PRINT: 2588-6886 ، دوره چهارم، شماره ۴، ۱۳۹۹، صفحه: ۲۶-۴۴



شکل۱۱: تنش-کرنش.



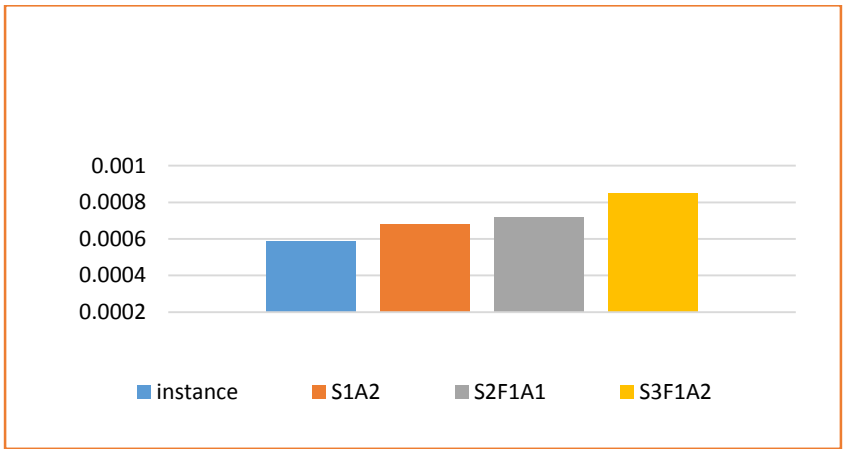
شکل۱۲: تنش-کرنش.



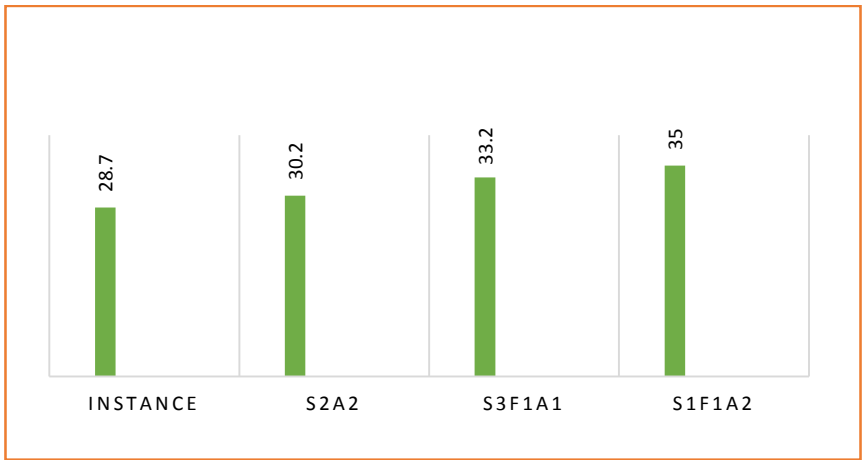
شکل۱۳: نمودار مقایسه تنش.

www.SID.ir

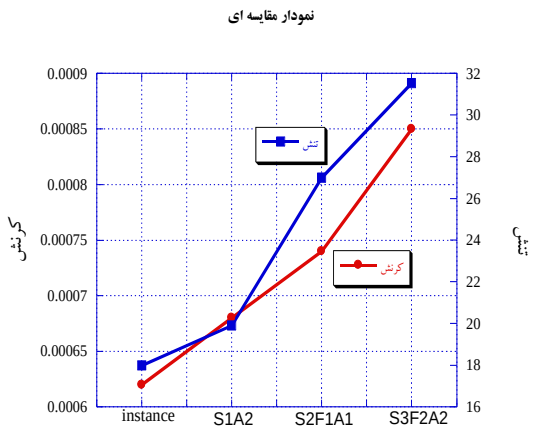
Archive of SID
ISSN ONLINE: 2588-7122- ISSN PRINT: 2588-6886 ، دوره چهارم، شماره ۴، ۱۳۹۹، صفحه: ۲۶-۴۴



شکل۱۴: نمودار مقایسه کرنش.



شکل۱۵: تغییرات مدول الاستیسیسته.



شکل۱۶: نمودار مقایسه ای تنش-کرنش.

www.SID.ir

Archive of SID

۹- جمع بندی و نتیجه گیری

حضور الیاف مسی و پلاستیکی در بتن خودتراکم باعث افزایش ۳۴ درصدی مقاومت فشاری و ۸۳ درصدی مقاومت کششی در مقایسه با نمونه های شاهد گردیده است. همچنین به کاربردن الیاف مسی و پلاستیکی باعث کاهش سختی و افزایش شکل پذیری شده است. الیاف مسی و پلاستیکی باعث افزایش ظرفیت باربری تا ۵۲ درصد در مقایسه با نمونه شاهد گردیده و از طرفی باعث بهبود ۶۳ درصدی کرنش شده است. نتایج نشان می دهد کاربرد الیاف مسی و پلاستیکی به علت عدم خوردگی در سنین بالا شاهد افت مقاومت نخواهیم بود . با بکار بردن الیاف مسی و پلاستیکی می توان تا حدود زیادی از ترک خوردگی و یا بیشتر شدن عرض ترک جلوگیری کرد. بردن سنگدانه درشت سایز ۵-۱۹/۵ به مقدار ۱۰ درصد مجموع سنگدانه درشت باعث بهبود تقریبا ۱۵ درصدی مقاومت فشاری و باعث بهبود ۱۸ درصدی مقاومت کششی گردیده است. همچنین به کار بردن سنگدانه درشت سایز ۵-۱۹/۵ به علت وزن خود باعث بهبود روانی و حرکت بتن خودتراکم الیافی و همچنین بهبود نتایج آزمایشات رئولوژی گردیده است. از آزمایشات رئولوژی می توان دریافت که سایز سنگدانه ها نیز بر خصوصیات مکانیکی و رئولوژی به صورت چشمگیری تاثیر گذار می باشد. همچنین به کاربردن الیاف مسی و پلاستیکی باعث بهبود ۸۳ درصدی مقاومت فشاری و ۳۸ درصدی مقاومت کششی گردیده است. از طرفی باعث بهبود ظرفیت باربری تا ۵۲ درصد و بهبود کرنش تا ۶۳ درصد شده است. کاربرد الیاف مسی و پلاستیکی باعث کاهش چشمگیر سختی و افزایش شکل پذیری بتن خودتراکم الیافی شده است.

۱۰- مراجع

[1]- Zhu, W., and Bartos, P. J. M, 2003, **Permeation Properties of self-compacting concrete**, Cement and Concrete Research, 33, 921-926.

[2]- Khalo, A, 1371, **Mechanical properties and Application Reinforced in fibres**, section 1-2, 27-28 (In Persian).

[3]-ACI committee 544 Report, 1988, **Design Consideration for SFRC**, ACI structural journal, (reapproved 1994), 563-530.

[4]- Shah, S. P. and Batson, G. B., 1987, **Fiber-Reinforced Concrete Properties and Application**, SP105, ACI , 597.

[5]- Rashid M. H., 2020, **Contribution of metallic fibres on the performance of reinforced concrete structures for the seismic application**, these for P.H.D, University of Toulouse, 9920, 20.

[۶]- صدر ممتازی، ع.، کهنی خشکبیجاری، ر.، لطفی عمران، ا.، عمران، ۱۳۹۴، **خواص مهندسی و دوام بتن خودتراکم حاوی ذرات نانو سیلیس با رویکرد دستیابی به درصد های بهینه الیاف**، تحقیقات بتن، سال هشتم، شماره دوم، سال۱۳۹۴، ص ۱۹-۳۴.

[۷]- هاشمی، ا.، حسینی، ر.، ۱۳۹۱، **بررسی بتن خودتراکم تقویت شده با الیاف پلی پروپیلن و نانو سیلیس نگهداری شده در محیط های اسید سولفوریکی**، چهارمین سمینار ملی بتن خودتراکم ایران،

[۸]- کیخا، ا.، ۱۳۹۶، **تاثیر حرارت بالا بر مقاومت کششی و فشاری بتن های حاوی الیاف شیشه**، تحقیقات بتن، سال دهم، شماره اول، ص ۶۳-۷۳.

[9]- Song, P. S. and Hwang, S., 2004, **Mechanical properties of high-strength Steel fiber-reinforced concrete**, Construction and building material, 18(9), 669-673.

www.SID.ir