بررسی اثر الیاف شیشه بر ضریب طاقت بتن الیافی

محمد علی دشتی رحمت‌آبادی
استادیار، گروه عمران، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران
سعید زینعلی
کارشناس ارشد عمران، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران
سید حمید شهابیفر
گروه عمران، واحد فردوس، دانشگاه آزاد اسلامی، فردوس، ایران
علیرضا راسخی صحنه*
گروه عمران، واحد قشم، دانشگاه آزاد اسلامی، قشم، ایران
nishteman@gmail.com
تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۱۲ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۶/۱۲/۰۴

چکیده:

امروزه کاربرد بتن الیافی به دلیل مزایای آن نسبت به بتن غیرمسلح گسترش یافته است. از جمله این مزایا می‌توان میزان جذب انرژی بالا، بهبود چشمگیر رفتار بتن در ناحیه بعد از ایجاد اولین ترک، بهبود مقاومت خمشی و مقاومت به ضربه و جلوگیری از ایجاد و گسترش ترکهای جمع‌شدگی را نام برد. طاقت عبارت است از مقدار انرژی که نمونه بتنی در اثر نیروهای ضربه‌ای می‌تواند قبل از گسیختگی کامل تحمل نماید. طاقت از سطح زیر نمودار بار-تغییرشکل در آزمایش خمش یا فشار بدست می‌آید و با ضریبی به نام ضریب طاقت بتن مشخص می‌شود. در این تحقیق اثر الیاف شیشه با درصدهای حجمی ۱، ۲ و ۳ درصد و با دو طول ۳ و ۶ میلیمتر بر ضریب طاقت بتن الیافی بررسی شده است. روش کار به صورت آزمایشگاهی و بر اساس دستورالعمل‌های مندرج در آیین‌نامه ژاپن (نسخه‌های **JSCE-SF4**) می‌باشد. نتایج حاکی از آنست که با افزایش طول الیاف شیشه‌ای تغییر قابل ملاحظه ای در مقدار ضریب طاقت خمشی بتن رخ نداده است. در نمونه های مسلح به الیاف شیشه ای نمونه با ۳ درصد حجمی الیاف بیشترین مقدار و نمونه با ۲ درصد حجمی الیاف کمترین مقدار ضریب طاقت خمشی را دارد. در نمونه‌های مسلح به الیاف شیشه‌ای با طول ۳ میلیمتر از مقایسه نتایج مشخص شد که در طول‌های مساوی الیاف ضریب طاقت فشاری بتنی بیشتر است که میزان درصد حجمی الیاف آن بیشتر بوده است.

کلید واژگان: بتن الیافی، ضریب طاقت، الیاف شیشه.

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

بتن یکی از مصالح پر مصرف در صنعت ساختمان می‌باشد و دارای مزایای متعددی از قبیل دوام، شکل‌پذیری و مقاومت مکانیکی مناسب است که این مزایا بتن را به ماده‌ای مناسب در صنعت ساخت وساز تبدیل می‌کند، اما بتن دارای معایبی از قبیل مقاومت کششی و ظرفیت کرنشی پایین می‌باشد[۱-۳]. تکنولوژی بتن در چهار دهه گذشته پیشرفت چشمگیری داشته و انواع جدیدی از بتن‌ها با مشخصات متعددی توسعه داده شده است. از جمله این نوع بتن‌ها می‌توان به بتن توانمند و بتن فوق توانمند که دارای مقاومت اولیه و نهایی بالایی می‌باشند اشاره کرد. با افزایش مقاومت فشاری تردی بتن افزایش و شکل‌پذیری آن کاهش می‌یابد. یکی از رایج‌ترین راه‌های افزایش شکل‌پذیری بتن استفاده از الیاف می‌باشد. با توجه به اینکه بتن ماده‌ای ترد است، امروزه کاربرد بتن الیافی با نرمی بالاتر به گونه‌ای که بتواند تغییر شکل‌های زیاد را بدون شکست تحمل نماید، مورد توجه محققین و مهندسین است. تحقیقات درباره تأمین نرمی لازم در بتن با الیاف مختلف و حتی دربرخی موارد حذف آرماتور، در حال انجام است .هدف کلی از کاربرد الیاف در بتن افزایش میزان جذب انرژی بتن و کنترل گسترش ترک است تا قطعه بتنی بتواند در مقابل بارهای وارده در یک مقطع ترک خورده، تغییر شکل‌های بیشتری را پس از ایجاد اولین ترک تحمل نماید. بتن مسلح به الیاف متفاوت در سال‌های اخیر در سازه‌های چون روسازی راه‌ها و فرودگاه‌ها، پل‌های عظیم با تغییرشکل‌های زیاد و به ویژه در پوشش بتنی تونل‌ها به کار رفته است. محققین مختلفی اثر استفاده از الیاف‌های با هندسه و جنس متفاوت را در بتن مورد بررسی قرار داده‌اند[۴-۷]. افزودن الیاف به ماتریکس بتن تاثیر چشمگیری بر خواص بتن دارد. مطالعات مختلفی نشان داده‌اند که افزون الیاف باعث بهبود خواص مختلفی از جمله مقاومت کششی، خمشی، ضربه‌ای ،طاقت و شکل پذیری می شود[۳-۸]. با این حال، تاثیر الیاف بر مقاومت فشاری بتن همچنان مورد بحث قرار دارد، زیرا برخی محققان افزایش مقاومت فشاری را مشاهده کردند و برخی دیگر کاهش مقاومت را گزارش داده‌اند[۹-۱۵]. بعضی از محققان [۱۶،۱۷] حتی نتیجه گرفتند که افزودن الیاف اثر ناچیزی بر مقاومت فشاری دارد. انواع مختلف الیاف مانند آزبست، سلولز، فولاد، پلی پروپیلن، کربن، بازالت، آرامید، پلی اتیلن و شیشه برای تقویت محصولات سیمان استفاده شده است[۱۸]. پاندرامولی و همکارانش به بررسی اثر الیاف شیشه پرداختند و گزارش دادند که الیاف شیشه باعث افزایش ۲۰ تا ۲۵ درصدی مقاومت فشاری و ۱۵ تا ۲۰ درصدی مقاومت خمشی و کششی شده است[۱۹]. لابل گزارش داد که با افزایش مقدار الیاف شیشه طاقت، مقاومت خمشی و کششی افزایش چشگیری می یابد[۲۰]. با توجه به موارد فوق، هدف از این تحقیق، بررسی افزودن ۱ تا ۳ درصدی الیاف شیشه با دو طول ۳ و ۶ میلیمتر بر خواص مکانیکی و طاقت بتن است.

۲- ساخت نمونه‌ها و آزمایش‌ها

۲-۱- مواد و مصالح مورد استفاده:

مصالح مورد استفاده در این تحقیق عبارت بودند از ماسه باحداکثر بعد ۴/۷۵ میلیمتر و نخودی باحداکثر بعد ۹/۵ میلیمتر (شکل ۱). این مصالح از معادن اطراف شهر یزد تهیه شدند. همچنین وزن مخصوص درشت‌دانه‌ها و ریزدانه‌ها به ترتیب ۲۶۱۰ و۲۶۴۰ کیلوگرم بر مترمکعب است. سیمان مصرفی در این تحقیق از نوع سیمان پرتلند معمولی بدون ذرات نانو و میکرو سیلیس کارخانه بهروک مهریز در استان یزد و طبق استاندارد ایران (ISIRI 389) می‌باشد. آنالیز شیمیایی سیمان و خواص مکانیکی ملات سیمان در جدول ۱ و ۲ آورده شده است.

جدول ۱- آنالیز شیمیایی سیمان مصرفی

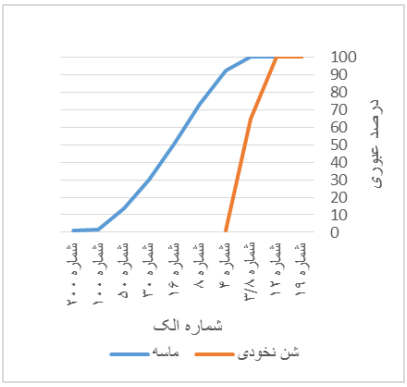
مشخصات	درصد
SiO2	۲۱/۲
Fe2O3	۳/۸
Al2O3	۴/۶
CaO	۶۲
MgO	۱/۴
SO3	۲/۴۵
Na2O	۰/۲۸
K2O	۰/۵۹
LOI	۱/۰۲
سطح مخصوص	۰/۳۱۴

جدول ۲- خواص مکانیکی ملات سیمان مصرفی

توضیحات	سطح مخصوص (سانتی‌متر مربع بر گرم)	انبساط اتوکلاو (درصد)	زمان گیرش		مقاومت فشاری (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)			حرارت هیدراسیون ۷ روزه (کالری بر گرم)
			اولیه	نهایی	۳ روزه	۷ روزه	۲۸ روزه	
مقدار در استاندارد ۳۸۹	>۲۸۰۰	<۰/۸	(دقیقه)	(ساعت)				<۷۰
			>۴۵	>۶	>۱۰۰	>۱۷۵	>۳۱۵	

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- منحنی دانه‌بندی سنگدانه‌ها

الیاف شیشه مورد استفاده در این تحقیق از شرکت MISOON تهیه شد. خواص فیزیکی و مکانیکی الیاف شیشه در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- خواص فیزیکی و مکانیکی الیاف شیشه

مقطع	قطر الیاف میکرومتر	طول الیاف میلیمتر	مدول الاستیسیته گیگا پاسکال	مدول کشسانی گیگا پاسکال	وزن مخصوص گرم بر سانتی‌متر مکعب
دایره	۱۹-۱۷	۶و۳	۳۵	۱/۵	۲/۵

شکل ۲- الیاف مورد استفاده

جدول ۴ - درصد حجمی الیاف و طول الیاف در یک مترمکعب بتن

نوع الیاف	حجم الیاف درصد	طول (mm)	علامت اختصاری
شیشه	۱	۳	CG1,3
		۶	CG1,6
	۲	۳	CG2,3
		۶	CG2,6
	۳	۳	CG3,3
		۶	CG3,6

۲-۲-روش اختلاط

روش مخلوط کردن مصالح به این صورت است که در ابتدا ریزدانه‌ها و درشت‌دانه‌ها به مدت ۳۰ ثانیه باهم مخلوط شدند. سپس یک‌سوم وزنی آب اختلاط به مخلوط اضافه‌شده و به مدت ۳۰ ثانیه باهم مخلوط شدند . در ادامه سیمان و یک‌سوم الیاف شیشه به مخلوط اضافه‌شده و به مدت ۲ دقیقه مخلوط شدند. در پایان بقیه آب و الیاف شیشه به مخلوط اضافه و به مدت ۱,۵ دقیقه مخلوط شدند. تراکم بتن در قالب‌ها با استفاده از میز ویبره آزمایشگاه انجام شد .برای ایجاد تراکم، بتن در دو مرحله در قالب ریخته و متراکم شد .پس از قالب‌گیری بتن تازه، قالب‌های حاوی بتن تازه در آزمایشگاه قرار داده شده و روی آن‌ها گونی تر و روی گونی تر نایلون کشیده شد تا عمل‌آوری نمونه‌ها به‌طور کامل انجام شود . قالب‌های نمونه‌های بتن پس از ۲۴ ساعت بازشده و پس از نام‌گذاری در محلول آب‌آهک اشباع تا ۲۸ روز نگه‌داشته شدند.در این تحقیق با به‌کارگیری ۶ طرح اختلاط مختلف، که حاوی الیاف شیشه با درصدهای ۱ و ۲ و ۳ و با طول‌های ۳ و ۶ میلیمتر ، نمونه‌هایی بتنی برای تعیین طاقت فشاری و خمشی ساخته شد که نتایج در بخش‌های بعد تشریح می‌شوند .

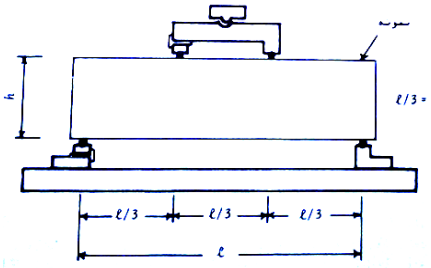
۲-۳-آزمایش ضریب طاقت خمشی

طاقت خاصیتی از یک جسم است که مقاومت اجسام ترد را در برابر شکست نشان می‌دهند. طاقت شکست یک روش محاسباتی برای شکست ترد است زمانی که در ماده ترک وجود داشته باشد. اگر طاقت شکست یک ماده کم باشد، آن ماده به‌صورت ترد می‌شکند و هرچه طاقت شکست بالاتر رود احتمال شکست نرم افزایش می‌یابد. طاقت خمشی مساحت زیر منحنی خیز -نیرو هست که میزان انرژی جذب‌شده را توسط نمونه‌های بتنی نشان می‌دهد بررسی طاقت خمشی مخلوط‌های ساخته شده مطابق آیین‌نامه JSCE-SF4 (1986) انجام‌گرفته است[۲۱]. روش بارگذاری در این آزمایش به شکل ۱/۳ دهانه است. شکل ۳ نمای شماتیک از نحوه بارگذاری را نشان می‌دهد.

جدول ۵- طرح اختلاط بتن

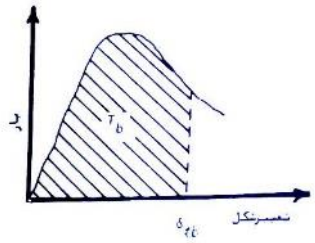
الیاف	سیمان	شن	ماسه	نسبت آب به سیمان
	Kg/m³	Kg/m³	Kg/m³	
متغیر	۳۵۰	۱۰۵۰	۷۰۰	۰/۵۵

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳- نمای شماتیک از نحوه بارگذاری آزمایش خمش[۲۱]

نمونه‌های که برای آزمایش مقاومت خمشی و طاقت خمشی مورداستفاده قرار می‌گیرد طبق آیین‌نامه JSCE-SF2 (1986) باید دارای سطح مقطع مربعی باشند. اگر طول الیاف بیشتر از ۴ سانتیمتر باشد عرض و ارتفاع نمونه ۱۵ سانتیمتر و اگر کمتر یا مساوی ۴ سانتیمتر باشد ابعاد نمونه ۱۰ سانتیمتر خواهد بود. همچنین طول نمونه حداقل ۸ سانتیمتر بیشتر از ۲ برابر ارتفاع نمونه باشد. (طول دهانه تیر باید سه برابر ارتفاع تیر باشد). طاقت خمشی بدین‌صورت محاسبه می‌شود که وقتی تغییر شکل در امتداد یا وسط دهانه به ۱/۱۵۰ طول نمونه رسید، سطح زیر نمودار بار–تغییرشکل را تا سه رقم اعشار محاسبه و به‌عنوان طاقت خمشی در نظر می‌گیرند شکل۴.



شکل ۴- نمونه نمودار بار- تغییرشکل به دست‌آمده از آزمایش خمش[۲۱]

ضریب طاقت خمشی نیز با رابطه ۱ محاسبه می‌شود:

$$\sigma_b = \frac{T_b \times L}{b \times h^2 \times \delta_{tb}} \qquad (۱)$$

که در آن σ_b ضریب طاقت خمشی برحسب $\frac{kg}{cm^2}$ یا $\frac{N}{mm^2}$

T_b طاقت خمشی برحسب $kg.cm$ یا j

L طول نمونه برحسب cm یا mm

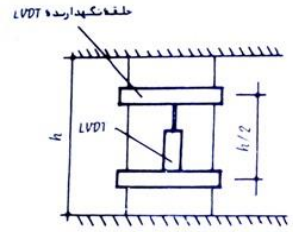
δ_{tb} : تغییر شکل ۱/۱۵۰ طول دهانه برحسب cm یا mm وقتی طول دهانه ۳۰ سانتیمتر است برابر با ۲ میلیمتر و اگر ۴۵ سانتیمتر باشد برابر با ۳ میلیمتر است.

h ارتفاع نمونه برحسب cm یا mm ; b عرض نمونه برحسب cm یا mm

اگر نمونه قبل از رسیدن به تغییر شکل ویژه δ_{tb} دچار گسیختگی شد سطح قبل از گسیختگی باید به‌عنوان طاقت در نظر گرفته شود به‌شرط اینکه کمتر از ۱/۱۵۰ طول دهانه L نباشد.

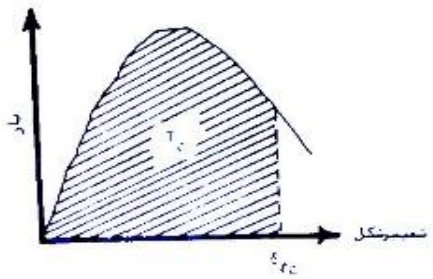
۲-۴- روش محاسبه ضریب طاقت فشاری

نمونه‌هایی که برای تعیین ضریب طاقت فشاری به کار می‌روند طبق آیین‌نامه JSCE-SF2 (1986) باید به شکل استوانه‌ای باشد که ارتفاع آن ۲ برابر قطرش باشد همچنین اگر طول الیاف بیشتر از ۴۰ میلیمتر باشد قطر نمونه ۱۵ سانتیمتر و اگر کمتر یا مساوی ۴۰ میلیمتر باشد قطر نمونه ۱۰ سانتی‌متر خواهد بود. وسیله اندازه‌گیری تغییر شکل نمونه دستگاهی است که تغییر شکل را در امتداد نیرو اندازه‌گیری کند این دستگاه باید مجهز به دو وسیله اندازه‌گیری مکانیکی و الکتریکی نوع LVDT با دقت ۱/۱۰۰۰ میلیمتر باشد که بتواند تغییر شکل را به دقت اندازه بگیرد. وسیله اندازه‌گیری تغییر شکل باید مستقیماً تغییرشکل را در وسط نمونه اندازه‌گیری کند و نباید با وسیله‌ای که تغییر شکل بین دو فک را اندازه می‌گیرد جانشین شود. سرعت بارگذاری در این آزمایش باید چنان باشد که افزایش تنشی برابر با ۲ تا ۳ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در ثانیه را بر نمونه وارد کند.



شکل ۵- نمای شماتیک از نحوه بارگذاری آزمایش فشار[۲۱]

طاقت فشاری از سطح زیر منحنی بار–تغییرشکل در آزمایش فشار به دست می‌آید حداکثر تغییر شکلی که در این منحنی انتخاب می‌شود تغییر شکل نسبی۰/۷۵ درصد است، نمونه منحنی بار– تغییر شکل در شکل زیر مشهود هست.



شکل ۶- نمودار بار–تغییرشکل به‌دست آمده از آزمایش فشار

Archive of SID

www.SID.ir

طبق شکل ۶ ضریب طاقت فشاری از رابطه ۲ تا سه رقم اعشار به دست می‌آید :

$$\sigma_c = 4.\frac{T_c}{\pi d^2.\delta_{tc}} \qquad (۲)$$

که در آن σ_c ضریب طاقت فشاری برحسب $\frac{N}{mm^2}$ یا $\frac{kg}{cm^2}$

T_c طاقت فشاری برحسب $kg.cm$ یا j

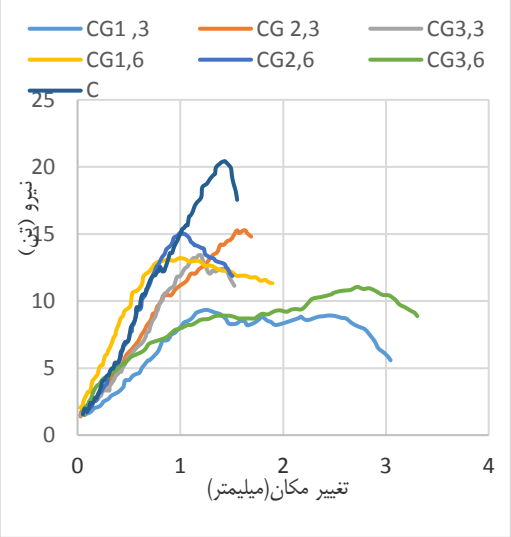
δ_{tc} : تغییر شکل مربوط به معکوس ۰/۷۵ درصد تغییر شکل نسبی برحسب cm یا mm که برابر است با ۰/۷۵میلیمتر وقتی ابعاد نمونه ۲۰×۱۰ سانتیمتر باشد و ۱/۲۵ سانتیمتر وقتی ابعاد نمونه ۳۰×۱۵ سانتیمتر باشد. اگر نمونه قبل از رسیدن به تغییر شکل ویژه δ_{tc} دچار گسیختگی شد سطح قبل از گسیختگی باید به‌عنوان طاقت فشاری T_c در نظر گرفته شود و همچنین مقدار تغییر شکل، معکوس ۰/۷۵ درصد تغییرشکل نسبی خواهد بود.

۳- بررسی نتایج

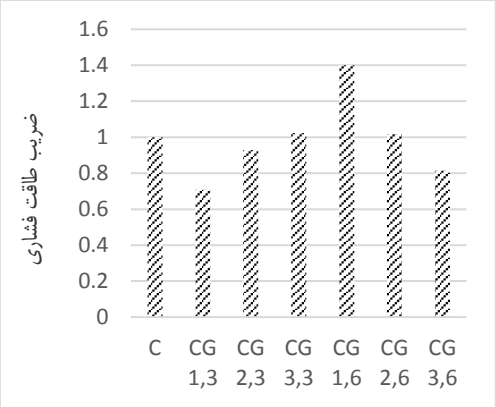
در این بخش نتایج آزمایش‌های طاقت خمشی و فشاری تحلیل و بررسی شده‌اند.

۳-۱- طاقت فشاری

نمودار نیرو تغییرمکان و ضریب طاقت نمونه‌های بتن حاوی الیاف شیشه در اشکال ۷ و ۸ آورده شده است. همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می شود با افزودن الیاف شیشه مقاومت فشاری کاهش‌یافته ولی شکل‌پذیری افزایش‌یافته است . الیاف شیشه به دلیل نرم و منعطف بودن به خوبی نمی‌توانند نقش سنگدانه را در ماتریس سیمانی ایفا کنند درنتیجه سبب کاهش مقاومت فشاری می‌شوند.همان‌طور که در شکل۸ مشخص است با افزودن ۱ درصد الیاف شیشه‌ای به طول ۳ میلیمتر مقدار ضریب طاقت فشاری بتن ۴۱ درصد کاهش‌یافته است. مشخص است با افزودن ۲ درصد الیاف شیشه‌ای به طول ۳ میلیمتر مقدار ضریب طاقت فشاری بتن ۷ درصد کاهش‌یافته است. همچنین با افزودن ۳ درصد الیاف شیشه‌ای به طول ۳ میلیمتر مقدار ضریب طاقت فشاری بتن ۱ درصد افزایش‌یافته است. با افزودن ۱ درصد الیاف شیشه‌ای به طول ۶ میلیمتر مقدار ضریب طاقت فشاری بتن ۴۰ درصد افزایش‌یافته است. افزودن ۲ درصد الیاف شیشه‌ای به طول ۶ میلیمتر مقدار ضریب طاقت فشاری بتن ۱ درصد افزایش‌یافته است. افزودن ۳ درصد الیاف شیشه‌ای به طول ۶ میلیمتر مقدار ضریب طاقت فشاری بتن ۲۵ درصد کاهش‌یافته است. همان‌طور که در شکل ۸ مشخص است در درصدهای حجمی ۱ و ۲ درصد ، با افزایش طول الیاف مقدار ضریب طاقت فشاری بتن افزایش‌یافته ولی در نمونه با ۳ درصد الیاف مقدار آن کاهش‌یافته است. در نمونه‌های مسلح به الیاف شیشه‌ای با طول ۳ میلیمتر از مقایسه نتایج مشخص شد که در طول‌های مساوی الیاف ضریب طاقت فشاری بتنی بیشتر است که میزان درصد حجمی الیاف آن بیشتر بوده است. در نمونه‌های مسلح به الیاف شیشه‌ای با طول ۶ میلیمتر از مقایسه نتایج مشخص شد که در طول‌های مساوی الیاف ضریب طاقت فشاری بتنی بیشتر است که میزان درصد حجمی آن کمتر بوده است.



شکل ۷- نمودار نیرو تغییر شکل مخلوط‌ها

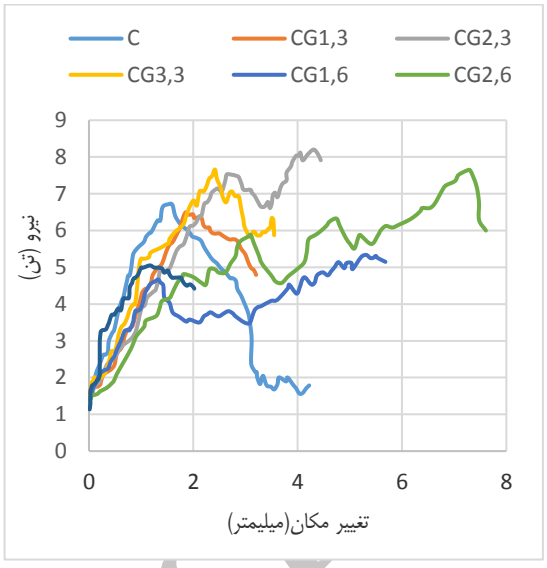


شکل ۸- ضریب طاقت فشاری مخلوط‌ها

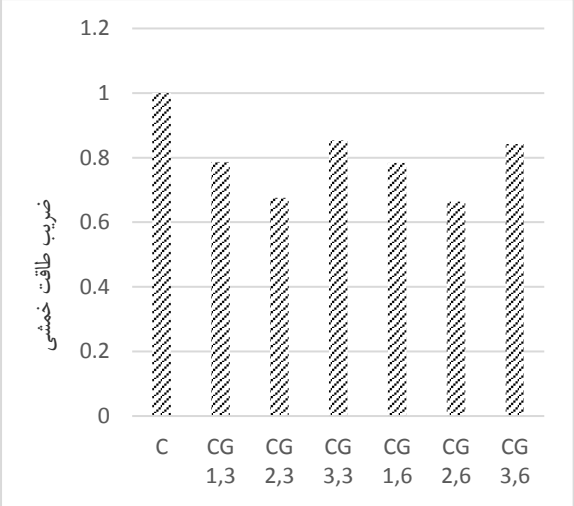
۳-۲- طاقت خمشی

همان‌طور که در شکل ۱۰ مشخص است با افزودن ۱ درصد الیاف شیشه‌ای به طول ۳ میلیمتر مقدار ضریب طاقت خمشی بتن ۲۷ درصد کاهش یافته است. همچنین با افزودن ۲ درصد الیاف شیشه‌ای به طول ۳ میلیمتر مقدار ضریب طاقت خمشی بتن ۴۸ درصد کاهش‌یافته است. در ۳ درصد الیاف شیشه‌ای به طول ۳ میلیمتر مقدار ضریب طاقت خمشی بتن ۱۷ درصد کاهش یافته است. در مخلوط‌های حاوی ۲،۱ و ۳ درصد الیاف شیشه‌ای به طول ۶ میلیمتر مقدار ضریب طاقت خمشی بتن به ترتیب برابر ۳۳،۲۱ و ۱۵ درصد کاهش یافته است. با افزایش طول الیاف شیشه‌ای تغییر قابل ملاحظه‌ای در مقدار ضریب طاقت خمشی بتن رخ نداده است. در نمونه‌های مسلح به الیاف شیشه‌ای نمونه با ۳ درصد حجمی الیاف بیشترین مقدار و نمونه با ۲ درصد حجمی الیاف کمترین مقدار ضریب طاقت خمشی را دارد.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۹- نمودار نیرو تغییر شکل مخلوطها



شکل ۱۰- ضریب طاقت خمشی مخلوطها

۴- نتیجه‌گیری

بر اساس آزمایش‌های صورت گرفته ،نتایج زیر قابل‌ذکر می‌باشد:

۱- با افزودن الیاف شیشه به طول ۳ میلیمتر و مقدار ۱ و ۲ درصد حجمی بتن، ضریب طاقت فشاری بتن ۴۱ و ۷ درصد کاهش یافته است.

۲- افزودن الیاف شیشه به طول ۳ میلیمتر و مقدار ۳ درصد حجمی بتن، ضریب طاقت فشاری بتن یک درصد افزایش‌یافته است.

۳- افزودن الیاف شیشه به طول ۶ میلیمتر و مقدار ۱ و ۲ درصد حجمی بتن، ضریب طاقت فشاری بتن به ترتیب ۴۰ و ۱ درصد افزایش‌یافته است.

۴- در الیاف شیشه به طول ۶ میلیمتر به مقدار ۳ درصد حجمی بتن، ضریب طاقت فشاری بتن ۲۵ درصد کاهش‌یافته است.

۵- با افزایش درصد حجمی الیاف از ۱ درصد به ۳ درصد، ضریب طاقت فشاری بتن در نمونه‌های با طول ۳ میلیمتر ۲۳ درصد کاهش و در نمونه‌های با طول ۶ میلیمتر ۳۰ درصد افزایش‌یافته است.

۶- با افزایش درصد حجمی الیاف از ۲ درصد به ۳ درصد، ضریب طاقت خمشی بتن در نمونه‌ها با طول ۳ میلیمتر ۲۶ درصد افزایش و در نمونه‌ها با طول ۶ میلیمتر ۲۵ درصد افزایش‌یافته است.

۷- با افزایش طول الیاف شیشه از ۳ میلیمتر به ۶ میلیمتر تغییر قابل‌ملاحظه‌ای در مقدار ضریب طاقت خمشی بتن رخ نداده است.

۵- منابع و مراجع

1- S.T. Tassew, A.S. Lubell, Mechanical properties of glass fiber reinforced ceramic concrete, Construct. Build. Mater. 51 (2014) 215–224.

2- U.A.S. Faiz, Review of mechanical properties of short fiber reinforced geopolymer composites, Construct. Build. Mater. 43 (2013) 37–49.

3- C. Jiang, K. Fan, F. Wu, D. Chen, Experimental study on the mechanical properties and microstructure of chopped basalt fibre reinforced concrete, Mater. Des. 58 (2014) 187–193.

4- Y. Uchida, N. Kurihara, K. Rokugo, W. Koyanagi, Determination of tension softening diagrams of various kinds of concrete by means of numerical analysis, in: F.H. Wittmann (Ed.), Fracture Mechanics of Concrete Structures, Aedificatio Publishers, Freiburg, Germany, 1995, pp. 17–30.

5- D.Y. Yoo, Y.S. Yoon, N. Banthia, Predicting the post-cracking behavior of normal- and high-strength steel-fiber-reinforced concrete beams, Constr. Build. Mater. 93 (2015) 477–485.

6- Y. S_ahin, F. Köksal, The influences of matrix and steel fibre tensile strengths on the fracture energy of high-strength concrete, Constr. Build. Mater. 25 (4) (2011) 1801–1806.

7- D.Y. Yoo, J.H. Lee, Y.S. Yoon, Effect of fiber content on mechanical and fracture properties of ultra-high performance fiber reinforced cementitious composites, Compos. Struct. 106 (2013) 742–753.

8- K.P. Mehta, P.J.M. Monteiro, Concrete-Microstructure, Properties and Materials, 3rd ed., McGraw-Hill, 2006.

9- W. Yao, J. Li, K. Wu, Mechanical properties of hybrid fiber-reinforced concrete at low volume fraction, Cem. Concr. Res. 33 (2003) 27–30.

10- P.S. Song, S. Hwang, Mechanical properties of high-strength steel fiberreinforced concrete, Construct. Build. Mater. 18 (2004) 669–673.

11- B.X. Li, M.X. Chen, F. Cheng, L.P. Liu, The mechanical properties of polypropylene-fiber reinforced concrete, J. Wuhan Univ. Technol. 11 (19) (2004) 68–71.

12- D.P. Dias, C. Thaumaturgo, Fracture toughness of geopolymeric concretes reinforced with basalt fibers, Cem. Concr. Compos. 27 (2005) 49–54.

Archive of SID

www.SID.ir

13- J. Thomas, A. Ramaswamy, Mechanical properties of steel fiber-reinforced concrete, J. Mater. Civil Eng. 19 (2007) 385–392.
14- C.D. Atis, O. Karahan, Properties of steel fiber reinforced fly ash concrete, Construct. Build. Mater. 23 (2009) 392–399.
15- A. Sivakumar, M. Santhanam, Mechanical properties of high strength concrete reinforced with metallic and non-metallic fibres, Cem. Concr. Compos. 29
(2007) 603–608.
16- L.S. Hsu, C.T.T. Hsu, Stress-strain behavior of steel-fiber high-strength concrete under compression, ACI Struct. J. 91 (4) (1994) 448–457.
17- N. Banthia, R. Gupta, Hybrid fiber reinforced concrete (HyFRC): fiber synergy in high strength matrices, Mater. Struct. 37 (10) (2004) 707–716.
18- D.J. Hannant, Fibre reinforced concrete, in: J. Newman, B.S. Choo (Eds.),
Advanced Concrete Technology-processes, An Imprint of Elsevier, Oxford,
2003, pp. 146–16
19- K. Chandramouli, R.P. Srinivasa, N. Pannirselvam, S.T. Seshadri, P. Sravana, Strength properties of glass fibre concrete, J. Eng. Appl. Sci. 5 (4) (2010) 1–6.
20- S.T. Tassew, A.S. Lubell, Mechanical properties of glass fiber reinforced ceramic concrete, Construct. Build. Mater. 51 (2014) 215–224.
21- JSCE Standard SF-4. Method of test for flexural strength and flexural toughness of fibre reinforced concrete. Japan Society of Civil Engineers (JSCE); 1984.

Archive of SID

www.SID.ir

Investigating the Effect of Glass Fiber on the Toughness of Fiber Reinforced Concrete

Mahammad Ali Dashti rahmat abadi
Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Yazd Branch, Yazd, Iran
said zeinali
Master of Science in Civil Engineering, Islamic Azad University, Yazd Branch, Yazd, Iran
Seiyed Hamid Shahabifar
Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Ferdows Branch, Ferdows, Iran
Alireza Rasekhisahneh
Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Qeshm Branch, Qeshm, Iran

Archive of SID

Abstract:

Fiber reinforced concrete (FRC) has been used widely due to its advantages over plain concrete such as high energy absorption, post cracking behavior, flexural and impact strengths, arresting shrinkage crack. Toughness is the amount of energy that a concrete can withstand by impact forces before rupturing. Toughness is obtained from the area under the force - deflection curve in flexural and compressive test and is characterized by a coefficient called the toughness ratio. In this study, the effect of 3 percentage of glass fiber (1,2 and 3%) with two different size of 3 and 6 millimeter on flexural and compressive toughness of FRC were investigated. The flexural and compressive toughness were carried out in accordance with the JSCE-SF4. The results indicate that by increasing the length of glass fiber, there is no significant change in the amount of flexural toughness. Mixtures with 3% glass fibers has the highest flexural toughness and mixtures with 2% glass fibers has the lowest flexural toughness. Among mixtures with the same length, the mixture with the higher percentage of glass fiber had the highest compressive toughness.

Keyword: Fiber concrete, Glass fiber, Toughness

www.SID.ir