رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۳۳-۴۵

بررسی مشخصات مکانیکی بتن های خودتراکم حاوی الیاف شیشه و زئولیت

سعید حضرتی[۱]، میرعلی محمد میرگذار لنگرودی[*۲]

[۱] کارشناسی ارشد مهندسی سازه، گروه مهندسی عمران، واحد فومن و شفت، دانشگاه آزاد اسلامی، فومن و شفت، ایران

[*۲] مربی، گروه مهندسی عمران، واحد فومن و شفت، دانشگاه آزاد اسلامی، فومن و شفت، ایران (Ali.mirgozar@fshiau.ac.ir)

(تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۱۱/۱۰، تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۰۳/۱۱)

چکیده

امروزه استفاده از مواد پوزولانی یکی از راهکارهای بهبود مقاومت بتن می باشد. واکنشهای پوزولانی موجب پرشدن حفرات موجود در بتن و در نتیجه افزایش مقاومت مکانیکی بتن میشود. زئولیت یکی از پوزولانهای طبیعی است که در ایران به وفور یافت میشود و به راحتی قابل استخراج و فرآوری است. در این تحقیق آزمایشگاهی به بررسی ۲ پارامتر مربوط به خواص مکانیکی یعنی مقاومت فشاری و کششی بتن های خود تراکم حاوی زئولیت و الیاف شیشه پرداخته شده است. برای این منظور متغیرهای مورد بررسی شامل میزان زئولیت و الیاف شیشه ی مصرفی می باشد؛ بر این اساس و با توجه به تحقیقات انجام شده در زمینه ی بتن های حاوی زئولیت و الیاف شیشه و بررسی خصوصیات مربوط به آنها ،میزان جایگزینی زئولیت به میزان ۰، ۱۰ و ۲۰ درصد وزنی سیمان و میزان الیاف شیشه نیز برابر ۰، ۰/۵ و ۱ درصد وزنی سیمان در نظر گرفته شده است؛ بدین ترتیب و با توجه مقادیر اشاره شده تعداد ۹ طرح اختلاط مختلف ساخته شد و پس از انجام آزمایش های مربوط به بتن سخت شده شامل آزمایش های مقاومت فشاری و مقاومت کششی که برروی نمونه های مورد نظر انجام گردید، نتایج حاصل نشان داد که استفاده از زئولیت در بتن خودتراکم سبب افزایش که مقاومت فشاری بتن در مقایسه با نمونه های بدون زئولیت در تمامی حالت ها شده است؛ بطوریکه در بیشترین و کمترین حالت مقاومت فشاری نمونه های حاوی زئولیت به ترتیب به میزان ۱۳/۲۴ و ۸/۸۲ درصد نسبت به نمونه های بدون زئولیت افزایش یافته است. همچنین استفاده از ۱۰ درصد زئولیت در مقایسه با ۲۰ درصد زئولیت نقش اثر گذارتری برروی مقاومت فشاری ۲۸ روزه ی بتن های خودتراکم حاوی زئولیت و الیاف شیشه دارد؛ از سوی دیگر مقایسه ی درصد تغییرات مقاومت کششی ۲۸ روزه نمونه ها با هدف بررسی اثر الیاف نشان می دهد که استفاده از ۱ درصد الیاف در بتن های حاوی الیاف شیشه و زئولیت در مقایسه با استفاده از ۰/۵۰ درصد الیاف شیشه تاثیرگذارتر بوده است؛ بطوریکه سبب شده مقاومت کششی بتن به طور قابل توجهی افزایش یابد.

کلمات کلیدی

بتن خود متراکم، زئولیت، الیاف شیشه، مقاومت فشاری، کششی بتن.

Archive of SID
www.SID.ir

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۳۳-۴۵

Study Mechanical Properties of Self Compacting Concrete (SCC) Containing Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) and Zeolite

Saeed Hazrati [1], Mir Ali Mohammad Mirgozar Langroudi [2]*

[1] M.Sc. of Structural Engineering, Department of Civil Engineering, Fouman abd Shaft Branch, Islamic Azad University, Fouman and Shaft, Iran

[2] Lecturer, Department of Civil Engineering, Fouman abd Shaft Branch, Islamic Azad University, Fouman and Shaft, Iran (Ali.mirgozar@fshiau.ac.ir)*

(Date of received: 30/01/2019, Date of accepted: 01/06/2019)

ABSTRACT

Nowadays, utilization of pozzolanic materials is one of the usual method for improvement of concrete strength. Pozzolanic reactions cause to voids in concrete materials filled and in continue strength and bearing capacity increased. Zeolite is one of the natural pozzolan is found in Iran and can be extracted and processed simply. In present laboratory research, compressive and tensile strength of self-compacting concrete (SCC) contains zeolite and glass fiber reinforced polymer (GFRP) were evaluated. For this purpose, zeolite content 0, 10 and 20 percentage (in weight) and GFRP value 0, 0.5 and 1 % (in weight) of cement amount were considered. Therefore, nine mix design for specimens prepared and compressive strength and Brazilian tests performed. Results of present study showed that zeolite in SCC can increase compressive strength. So that, maximum and minimum bearing capacity values in specimens with zeolite respectively 13.24 and 8.82 percentage are more than unimproved condition. Also, 10% zeolite in specimens (improved by zeolite and GFRP) with 28 days curing is more effectiveness than 20% in compressive strength. In the other side, Variations of tensile strength in improved SCC specimens from the point of view GFRP effectiveness illustrated 1 % GFRP significantly increase tensile strength in specimens (improved by zeolite and GFRP).

Keywords:

Self-compacting concrete, Zeolite, GFRP, Compressive strength, Tensile strength.

Archive of SID

www.SID.ir

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۳۳-۴۵

۱- مقدمه

در زمینه استفاده از مصالح نوین در بتن، وجود بتن های خود تراکم بیش از پیش احساس می شود. این نوع از بتن با توجه به اینکه ویژگی های مطلوب دارد میتواند در بتن ریزی های حجیم مورد استفاده قرار می گیرد. یکی از پوزولانهای طبیعی که در ایران به وفور یافت میشود و به راحتی قابل استخراج و فرآوری است زئولیت است[۱]. زئولیتها به خاطر ویژگی های خاص خود امروزه کاربرد گسترده ای در فنّآوری پیدا کرده اند. به دلیل ماهیت جریان پذیری بتن خودتراکم، می بایستی اطمینان از پایداری و روانی این نوع بتن حاصل شود [۲]. از این رو و با توجه به اهمیت این موضوع، استفاده از پوزولان طبیعی زئولیت در بتن خودتراکم به دلیل نقش تاثیر گذار آن بر خواص بتن خودتراکم و همچنین به دلیل کاهش هزینه های تولید سیمان که موجب کاهش مشکلات زیست محیطی ناشی از تولید بتن برای دستیابی به مفهوم توسعه پایدار میتواند مفید واقع گردد. همچنین استفاده از الیاف شیشه که استحکام و سختی مناسبی دارند و خواص مکانیکی خود را در دماهای بالا حفظ می کنند میتواند در بهبود مشخصات مکانیکی بتن های خودتراکم حاوی زئولیت میتواند تاثیر گذار باشد. هدف از انجام این مطالعه استفاده از زئولیت و الیاف شیشه به صورت مجزا و ترکیبی جهت رسیدن به طرح اختلاط بهینه ضمن رعایت ضوابط بتن خودتراکم می باشد. از مهمترین اهداف کاربردی این تحقیق دستیابی به بتنی با مقاومتی مناسب جهت کاربرد در محیط های سازه ای دانست. از مهمترین معایب این نوع بتن مقاومت کششی کم آن است که به همین دلیل برای رفع این عیب از تسلیح بتن توسط میلگردهای فولادی استفاده می شود و چون استفاده از میلگرد در همه جا امکانپذیر نمیباشد و یا باعث هزینه های زیادی می شود مانند:)پوسته کانال های آب، روسازی، فرودگاه ها و.... (، از اینرو برای رفع این مشکل در چند دهه اخیر از رشته های الیاف که به صورت یکنواخت در حجم بتن پراکنده استفاده میگردد که ایده آن به قرن ها قبل بشکل استفاده از کاه یا موی دم اسب در خشت های گلی برمی گردد [۳].

۲- مروری بر مطالعات انجام شده

در مطالعه ای رحمت مدندوست و همکاران (۱۳۹۲) بر روی تاثیر استفاده ترکیبی از دودۀ سیلیس و زئولیت بر خواص بتن تازه و سخت شده خودتراکم مورد بررسی قرار دادند و نتایج حاصل از انجام آزمایشات حاکی از آن است که افزودن دودۀ سیلیس باعث افزایش مقاومت فشاری اولیه و نهایی بتن خودمتراکم حاوی زئولیت می گردد [۴]. در پژوهشی دیگری اسماعیل نیا و همکاران (۱۳۹۳)، رابطۀ مقاومت فشاری با مقاومت کششی و ضریب کشسانی در بتن خودتراکم حاوی سنگ دانه بازیافتی و زئولیت طبیعی را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش امکان استفاده از زئولیت به عنوان یک پوزولان طبیعی و همچنین سنگدانه بازیافتی بتن به عنوان یک ماده بازیافتی در بتن خودتراکم مطالعه شده است .برای این منظور از طرح اختلاط بهینه بتن خود تراکم بازیافتی استفاده شده و نقش جایگزینی درصدهای متفاوت از سیمان با زئولیت (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد) بر روی خواص مقاومتی و مکانیکی آن ارزیابی شده است. در نهایت بر اساس مقاومت فشاری، مقاومت کششی و ضریب کشسانی اندازه گیری شده در بتن خودتراکم حاوی سنگدانه بازیافتی و زئولیت، رابطه ای تجربی بین مقاومت فشاری با دو پارامتر یاد شده به دست آمده است [۵]. در پژوهش دیگری صدرممتازی و همکاران(۱۳۹۲) برای ساخت نمونه های بتن الیافی از ۹ نوع نسبت الیاف به سیمان ۰، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ ،۱ تا ۵ درصد با یک طرح اختلاط یکسان استفاده شده که پس از عمل آوری، نمونه ها تحت آزمایش های فشاری وخمشی قرار گرفتند. نتایج حاصل نشان می دهد که با افزایش نسبت الیاف به سیمان درمحدودۀ صفرتا یک درصد، مقاومت فشاری بتن افزایش یافته و در محدودۀ یک تا پنج درصد نیز مقاومت فشاری کاهش و مقاومت خمشی نمونه بتنی افزایش پیدا می کند. در نهایت نیز با توجه به نتایج و نمودارهای بدست آمده ،یک طرح بهینه که ارتباط مناسبی بین مقاومت های فشاری و خمشی درآن برقراراست، ارائه گردید [۶]. در تحقیقی دیگر نجیمی (۱۳۹۱) به بررسی خواص بتن های حاوی پوزولان زئولیت پرداخت. در این

Archive of SID
www.SID.ir

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۳۳-۴۵

مطالعه بتن های حاوی زئولیت با نسبت های ۱۰ و ۱۵ درصد با نسبت آب به سیمان ۰/۵ ساخته شد و مشاهده گردید که مقاومت فشاری مخلوط های بتنی حاوی زئولیت بعد از ۷ روز عمل آوری نسبت به مخلوط شاهد کاهش پیدا کرده است، در حالی که بعد از ۲۸ روز عمل آوری مقدار مقاومت فشاری آنها برابر با مقداری کمتر از مخلوط شاهد بوده است .به کمک آنالیز ترموگراویمتری مقدار مصرف $Ca(OH)_2$ را توسط زئولیت اندازه گیری نمود. در این تحقیق مخلوط ساخته شده برای آزمایش با نسبت ۵۰٪ زئولیت و ۵٪ سیمان و مقدار کافی آب ساخته شد که نتایج این آزمایش با چهار نوع پوزولان طبیعی ایران مقایسه گردید که نتایج این مقایسه در جدول (۱) ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می شود، زئولیت دارای بیشترین مقدار فعالیت پوزولانی در بین سایر پوزولان ها می باشد [۷].

جدول۱: نتایج آزمون ترموگراویمتری (ASTM-1999).

فعالیت پوزولان	۸ روز	۲۰ روز
تراس (منطقه جاجرود)	۳۴	۴۰/۵
بومیس I (منطقه کاشان)	۳۶	۳۸/۵
بومیس II (منطقه سهند)	۱۶/۵	۲۸/۵
توف (منطقه آبیک)	۳۴	۳۲/۵
زئولیت کلینوپتیلولیت(مناطق شمالی)	۴۵/۸	۵۴/۳

در تحقیقات دیگری از سال ۱۹۶۲ تا ۱۹۹۵ به این امر اشاره گردید که فعالیت پوزولانی زئولیت، که ماده کریستالی است، نسبت به سایر پوزولان های طبیعی آمورف، دارای برتری می باشد [۸-۱۰]. در پژوهش هایی که توسط چانگ ۲۰۰۶ و سروشیان ۱۹۸۶ صورت گرفت به نتایجی مشترکی مبنی بر این که اضافه کردن الیاف شیشه به بتن به شدت بر کاهش کارایی بتن تازه تأثیر می‌گذارد. بنابراین باید از روانسازهای مناسب استفاده کرد و شیوه ی مناسب اختلاط را نیز تجربه کرد [۱۱-۱۲]. در اکثر بتن ها برای بدست آوردن مشخصات مورد نیاز لازم است که از مواد افزودنی استفاده شود؛ هر کدام از این مصالح با کیفیت و کمیت خود می توانند بر بتن تاثیر گذاشته و کیفیت بتن تازه و سخت شده را تحت تاثیر قرار دهند.

۳- بررسی آزمایشات انجام یافته

تاکنون هیچ روش استانداردی برای طرح اختلاط بتن خودتراکم ارائه نشده و تمام مراکز تحقیقاتی و شرکت های تولید کننده بتن بر اساس روش های پیشنهادی خود اقدام به ساخت بتن خود تراکم می نمایند. در تهیه بتن خودتراکم طرح اختلاط بایستی طوری تعریف شود و اجزا به صورتی با یکدیگر ترکیب شوند که بتن بدون هرگونه جداشدگی سنگدانه ها و آب انداختگی به مشخصات از پیش تعیین شده برای بتن تازه و سخت شده دست یابد. برای بدست آوردن بتن با خصوصیات و عملکرد مورد نظر، اولین قدم انتخاب اجزای مصالح است. مواد مورد استفاده برای تهیه نمونه های بتنی مورد مطالعه عبارتند از سیمان، سنگدانه (شن و ماسه)، آب، الیاف شیشه، پوزولان زئولیت، آب و فوق روان کننده می باشد. قدم بعدی روندی است که به تعیین اختلاط موسوم است و توسط آن ترکیب صحیح اجزای بتن بدست می آید. تعیین نسبت های اختلاط بتن، مرحله ای است که با آن می توان به ترکیب مناسب سیمان، سنگدانه ها، آب و مواد افزودنی برای ساخت بتن از طریق مشخصات مربوطه رسید. پس از تهیه مصالح و تعیین مشخصات مورد نیاز، طرح اختلاط بتن به روش ACI-211-89 صورت پذیرفت. متغیرهای مورد بررسی در مطالعه ی آزمایشگاهی

Archive of SID
www.SID.ir

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۳۳-۴۵

حاضر به ترتیب شامل میزان زئولیت مصرفی و میزان الیاف شیشه می باشد؛ بر این اساس و با توجه به تحقیقات انجام شده در زمینه ی بتن های حاوی زئولیت و الیاف شیشه و بررسی خصوصیات مربوط به آنها، مقدار زئولیت به ترتیب میزان ۰، ۱۰ و ۲۰ درصد وزنی سیمان و میزان الیاف شیشه نیز به ترتیب برابر ۰، ۰/۵ و ۱ درصد وزنی سیمان در نظر گرفته شده است؛ بدین ترتیب و با توجه مقادیر اشاره شده ۹ طرح اختلاط مختلف ساخته شده است و آزمایش های مربوط به بتن سخت شده که در بخش های قبلی به آنها اشاره گردید، برروی آنها انجام گردیده است. سن نمونه های مورد بررسی ۲۸ روز می باشد. در این جدول منظور از Z زئولیت مورد استفاده منظور از F الیاف شیشه می باشد .

جدول۲: طرح اختلاط مورد استفاده در مطالعه ی حاضر.

Mix cod	$\frac{W}{C+Z}$	C (kg/m^3)	Z (kg/m^3)	Water (kg/m^3)	G (kg/m^3)	S (kg/m^3)	F/C (kg/m^3)	الیاف شیشه (kg/m^3)	Z %	Super Plasticizer
Z0F0	۰/۴۵	۴۰۰	۰	۱۸۰	۸۶۰	۸۶۰	۰	۰	۰	۱
Z10F0	۰/۴۵	۳۶۰	۴۰	۱۸۰	۸۶۰	۸۶۰	۰	۰	۱۰	۱
Z20F0	۰/۴۵	۳۲۰	۸۰	۱۸۰	۸۶۰	۸۶۰	۰	۰	۲۰	۱
Z0F0.5	۰/۴۵	۴۰۰	۰	۱۸۰	۸۶۰	۸۶۰	۰/۵۰	۲	۰	۱/۵
Z10F0.5	۰/۴۵	۳۶۰	۴۰	۱۸۰	۸۶۰	۸۶۰	۰/۵۰	۲	۱۰	۱/۵
Z20F0.5	۰/۴۵	۳۲۰	۸۰	۱۸۰	۸۶۰	۸۶۰	۰/۵۰	۲	۲۰	۱/۵
$Z_0 F_1$	۰/۴۵	۴۰۰	۰	۱۸۰	۸۶۰	۸۶۰	۱	۴	۰	۲
Z10F1	۰/۴۵	۳۶۰	۴۰	۱۸۰	۸۶۰	۸۶۰	۱	۴	۱۰	۲
Z20F1	۰/۴۵	۳۲۰	۸۰	۱۸۰	۸۶۰	۸۶۰	۱	۴	۲۰	۲

پس از ارائه ی توضیحات لازم پیرامون نحوه ی انجام آزمایشات مربوط به بتن خودتراکم و معرفی نمونه های مورد بررسی، به ارزیابی نتایج حاصل پرداخته شد. همان طور که اشاره شد، مهم ترین هدف مطالعه ی حاضر، بررسی خواص مهندسی بتن های خودتراکم حاوی زئولیت و الیاف شیشه می باشد؛ از این رو و با توجه به این هدف، متغیرهای مورد بررسی به ترتیب شامل میزان زئولیت ۰، ۱۰ و ۲۰ درصد وزنی سیمان و میزان الیاف شیشه ی مصرفی ۰ ، ۰/۵ و ۱ درصد وزنی سیمان می باشند. همچنین نمونه های مورد بررسی در سن ۲۸ روز مورد بررسی قرار گرفتند. در ادامه نتایج مربوط به بتن سخت شده آزمایش های مقاومت فشاری، مقاومت کششی برای نمونه های مورد بررسی به صورت جداگانه مورد ارزیابی قرار می گیرد.

Archive of SID
www.SID.ir

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۳۳-۴۵

۳-۱- آزمایش مقاومت فشاری

معمول ترین آزمایشی که بر روی بتن سخت شده انجام می شود آزمایش مقاومت فشاری است این آزمایش بدلیل سادگی انجام و بدلیل اینکه بسیاری از ویژگی های بتن به مقاومت فشاری آن مربوط میشوند مورد توجه است. بتن با مقاومت معمولی در محدوده نمونه های بتنی مورد استفاده در آزمایش ها در ۹ قالب مکعبی به ابعاد ۱۵×۱۵×۱۵ سانتی متری تهیه شدند و قبل از بتن ریزی در داخل قالب ها، آنها را روغنکاری نمودیم تا هیچ گونه چسبندگی بین قالب و بتن بوجود نیاید. پس از آن بتن در قالب های روغن کاری شده صورت پذیرفت. در حین عمل بتن ریزی با کوبه ی مخصوص به بدنه ی قالب ضربه زده شد تا خمیر بتن در قالب جا بگیرد و نمونه کرمو نشود. پس از پر شدن قالب ها سطح آنها را با ماله مخصوص صاف کرده و قالب ها در یک محل به مدت ۲۴ ساعت نگه داری شدند. بعد از گذشت این مدت، قالب ها را به آرامی باز نموده و نمونه ها را در درون حوضچه آب قرار دادیم.در نهایت بعد از گذشت ۲۸ روز نمونه ها جهت آزمایش مقاومت فشاری مورد ارزیابی قرار گرفتند. بدین منظور نمونه به ترتیب داخل دستگاه جک بتن شکن قرار گرفتند، که در ادامه به نتایج حاصل از آن پرداخته شده است.

۳-۲- آزمایش مقاومت کششی

به منظور تعیین مقاومت کششی نمونه های مورد بررسی از آزمایش کشش غیرمستقیم استفاد شده است. در این آزمایش که تحت عنوان تست برزیلی معروف است، در واقع یک تنش کششی تک محوری حاصل از شکست کششی حاصل می شود. مراحل آزمایش عبارتند از آن است که ابتدا نمونه مورد آزمایش به صورت استوانه ای با قطر ۱۵ و ارتفاع ۳۰ سانتیمتر می باشد و سر و ته نمونه کاملا" صاف شده و نمونه را زیر دستگاه فشاری به صورت افقی قرار داده می شود. پس از قرار دادن نمونه در مقر کروی، دو صفحه بارگذاری به موازات یکدیگر بر روی نمونه قرار داده می شود. محاسبات و نتایج از طریق رابطه زیر بدست می‌آید:

$$S_f = \frac{2p}{\pi DL} \quad (۱)$$

در این رابطه S_f مقاومت کششی، P باوارده و D قطر و L طول نمونه می باشد.

۴- نتایج آزمایشات

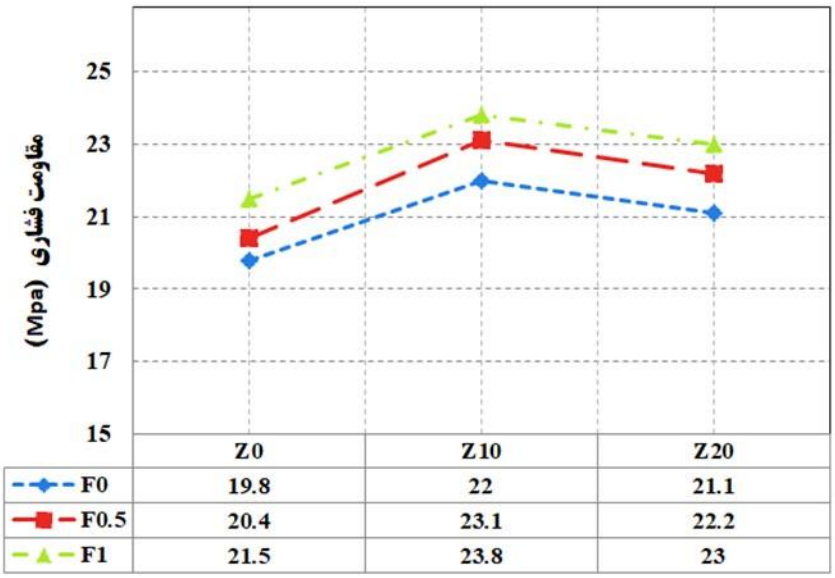
۴-۱- نتایج آزمایش فشاری

در این تحقیق، آزمایش مقاومت فشاری نمونه ها بر اساس استاندارد ASTM C39 انجام شد. نمونه ها بعد از عمل آوری در محیط عادی از آب خارج شد و به مدت یک روز در دمای محیط قرار گرفت. در مرحله ی بعدی نمونه ها پس از ۲۸ روز در دستگاه بتن شکن قرار گرفتند و نیروی لازم جهت گسیخته شدن نمونه از روی دستگاه قرائت شده و ثبت گردید. در شکل(۱) مقادیر مقاومت فشاری حاصل شده برای ۹ حالت مختلف مورد بررسی با هدف ارزیابی اثر زئولیت بر مقاومت فشاری بتن های خودتراکم حاوی الیاف شیشه و زئولیت پرداخته شده است. همان طور که مشاهده می شود مقاومت فشاری ۲۸ روزه ی نمونه های مکعبی بدون زئولیت)صفر درصد(که حاوی ۰، ۰/۵ و ۱ درصد الیاف شیشه می باشند، به ترتیب برابر ۱۹/۸۰، ۲۰/۴۰ و ۲۱/۵۰ مگاپاسکال شده است. از سوی دیگر مقاومت فشاری ۲۸ روزه ی نمونه های مکعبی دارای ۱۰ درصد زئولیت که حاوی ۰، ۰/۵ و ۱ درصد الیاف شیشه می باشند، به ترتیب برابر ۲۲، ۲۳/۱۰ و ۲۳/۸۰ مگاپاسکال شده است. همچنین مقاومت فشاری ۲۸ روزه ی نمونه های مکعبی دارای ۲۰ درصد زئولیت که حاوی ۰، ۰/۵ و ۱ درصد الیاف شیشه می باشند، به ترتیب برابر ۲۱/۱۰، ۲۲/۲۰ و ۲۳ مگاپاسکال شده است.

Archive of SID
www.SID.ir

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۳۳-۴۵

با توجه به مقادیر اشاره شده مشاهده گردید که استفاده از زئولیت در بتن خودتراکم سبب شده است که مقاومت فشاری بتن در مقایسه با نمونه های بدون زئولیت در تمامی حالت ها افزایش یابد؛ بطوریکه مطابق با نمودار مقایسه ای شکل) ۴-۲(در بیشترین و کمترین حالت مقاومت فشاری نمونه های حاوی زئولیت به ترتیب به میزان ۱۳/۲۴ و ۸/۸۲ درصد نسبت به نمونه های بدون زئولیت افزایش یافته اند. از سوی دیگر با توجه به نمودارهای شکل های (۱) و (۲) ملاحظه می گردد که استفاده از ۱۰ درصد زئولیت در مقایسه با ۲۰ درصد زئولیت نقش اثر گذارتری بر روی مقاومت فشاری ۲۸ روزه ی بتن های خودتراکم حاوی زئولیت و الیاف شیشه دارد؛ بطوریکه بیشترین مقاومت فشاری در حالت استفاده از ۱۰ درصد زئولیت و ۰/۵۰ درصد الیاف شیشه (Z10F0.5) حاصل شده که مقدار آن برابر ۲۳/۱۰ مگاپاسکال شده است. بنابراین با توجه به مقادیر و توضیحات اشاره شده و در نظر گیری طرح های اختلاط بکاربرده شده، می توان به این نتیجه دست یافت که استفاده از ۱۰ درصد زئولیت در کنار ۰/۵ درصد الیاف شیشه می تواند منجر به دستیابی به بهینه ترین طرح از جنبه مقاومت فشاری در بتن های حاوی الیاف شیشه و زئولیت شود .همچنین با توجه به تغییرات مقاومت فشاری ایجاد شده، می توان به این نتیجه دست یافت که بکاربردن زئولیت و الیاف شیشه به صورت ترکیبی می تواند نقش اثرگذارتری بر افزایش مقاومت فشاری بتن در مقایسه با استفاده از زئولیت به تنهایی داشته باشد.

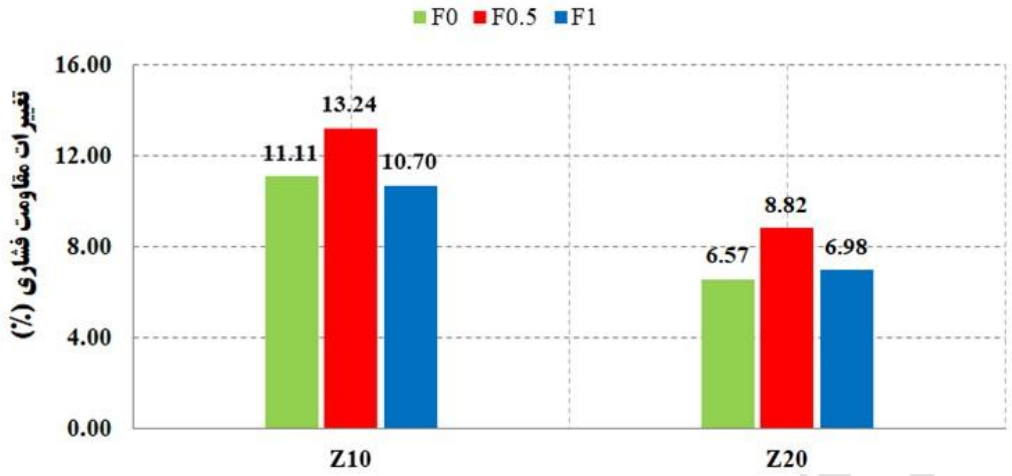


	Z0	Z10	Z20
F0	19.8	22	21.1
F0.5	20.4	23.1	22.2
F1	21.5	23.8	23

شکل ۱: مقایسه مقادیر مقاومت فشاری نمونه های مکعبی ۲۸ روزه با هدف بررسی اثر زئولیت.

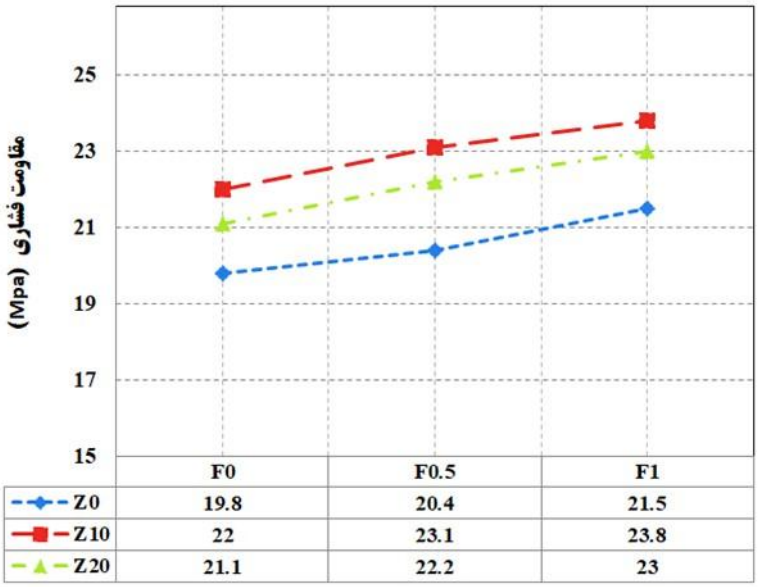
www.SID.ir

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۳۳-۴۵



شکل ۲: درصد تغییرات مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه ها با هدف بررسی اثر زئولیت.

در شکل(۳) به مقایسه ی مقادیر مقاومت فشاری ۲۸ روزه ی بتن در نمونه های ساخته شده با هدف بررسی اثر الیاف شیشه پرداخته شده است. همان طور که در این نمودار مشاهده می گردد، با افزایش درصد الیاف شیشه مقاومت فشاری نمونه های بتنی افزایش یافته است؛ بطوریکه با توجه به نمودار مقایسه ای شکل (۴) ملاحظه می گردد که استفاده از الیاف شیشه سبب شده است که مقاومت فشاری نمونه های بتنی خودتراکم حاوی زئولیت و الیاف شیشه در بیشترین و کمترین حالت به ترتیب به میزان ۹ و ۳/۰۳ درصد افزایش یابد.

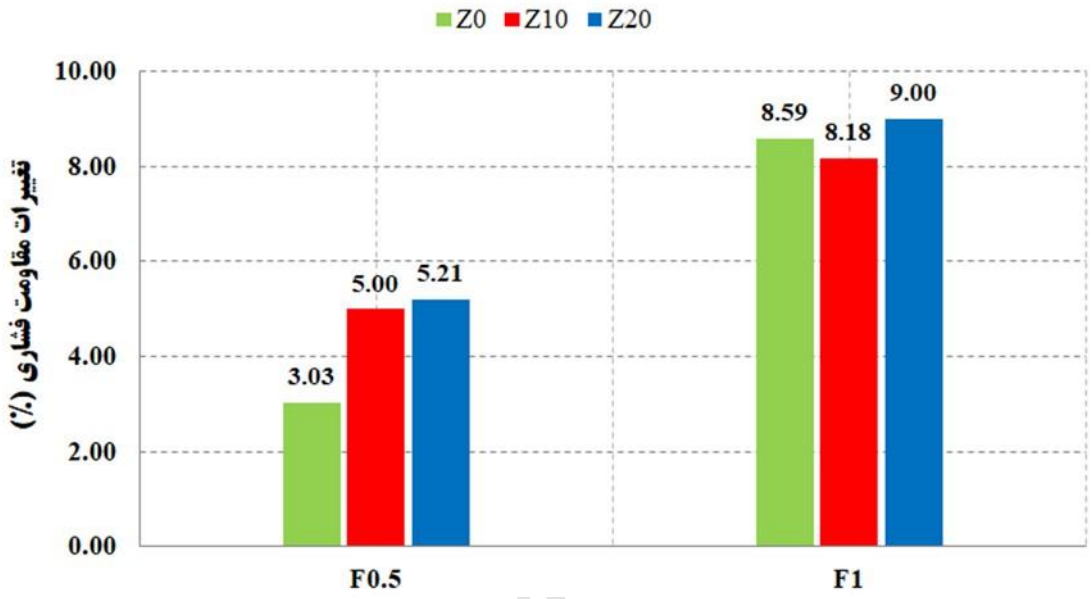


شکل ۳: مقایسه مقادیر مقاومت فشاری نمونه های مکعبی ۲۸ روزه با هدف بررسی اثر الیاف شیشه.

www.SID.ir

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۳۳-۴۵

نتیجه ی دیگری که با توجه به نمودارهای مقایسه ای شکل های (۳) و (۴) می توان اشاره نمود آن است که در بتن های خود متراکم حاوی زئولیت و الیاف شیشه به ازای مقدار زئولیت مصرفی ثابت، استفاده از مقدار الیاف شیشه ی بیشتر سبب خواهد شد که مقاومت فشاری بتن افزایش یابد.



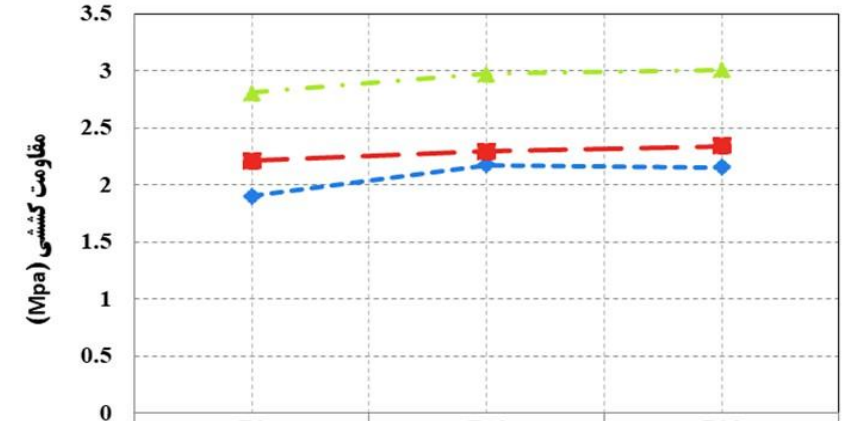
شکل ۴: درصد تغییرات مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه ها با هدف بررسی اثر الیاف.

۴-۲- نتایج آزمایش کششی

در این قسمت به بررسی مقاومت کششی نمونه های مورد بررسی پرداخته شده است. برای این منظور در نمودار مقایسه ای شکل(۵) به بررسی اثرگذاری زئولیت بر مقاومت کششی بتن های حاوی الیاف شیشه و زئولیت پرداخته شده است .همان طور که از این نمودار مشخص می باشد مقاومت کششی ۲۸ روزه ی نمونه های مکعبی بدون زئولیت (صفر درصد) که حاوی ۰، ۰/۵ و ۱ درصد الیاف شیشه می باشند، به ترتیب برابر ۱/۹۰۴، ۲/۲۱ و ۲/۸۱ مگاپاسکال شده است. از سوی دیگر مقاومت کششی ۲۸ روزه ی نمونه های مکعبی دارای ۱۰ درصد زئولیت که حاوی ۰، ۰/۵ و ۱ درصد الیاف شیشه می باشند ،به ترتیب برابر ۲/۱۷۴، ۲/۲۹۵ و ۲/۹۷۶ مگاپاسکال شده است. همچنین مقاومت کششی ۲۸ روزه ی نمونه های مکعبی دارای ۲۰ درصد زئولیت که حاوی ۰، ۰/۵ و ۱ درصد الیاف شیشه می باشند، به ترتیب برابر ۲/۱۵۵، ۲/۳۴۱ و ۳/۰۰۹ مگاپاسکال شده است. با توجه به مقادیر اشاره شده می توان به این نتیجه دست یافت که استفاده از زئولیت در بتن های خود متراکم حاوی الیاف شیشه و زئولیت، منجر به افزایش مقاومت کششی خواهد شد، بطوریکه میزان افزایش مقاومت کششی نمونه های حاوی زئولیت در بیشترین حالت به میزان ۱۴/۱۸ درصد و در کمترین حالت به میزان ۳/۸۵ درصد نسبت به نمونه های بدون زئولیت افزایش یافته است.

Archive
www.SID.ir

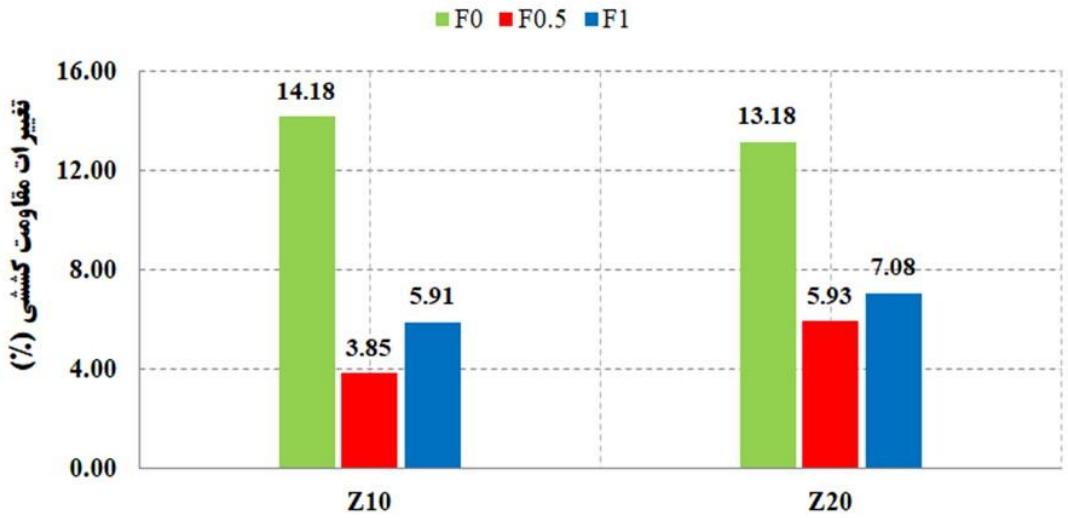
رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۳۳-۴۵



	Z0	Z10	Z20
F0	1.904	2.174	2.155
F0.5	2.21	2.295	2.341
F1	2.81	2.976	3.009

شکل ۵: مقایسه مقادیر مقاومت کششی نمونه های مکعبی ۲۸ روزه با هدف بررسی اثر زئولیت.

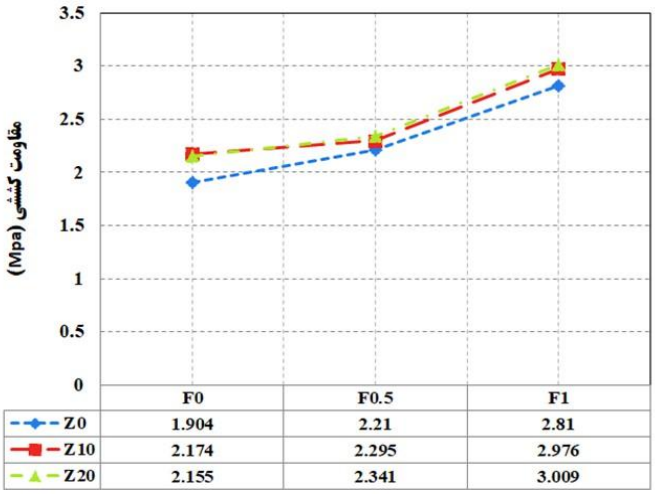
نکته ی دیگری که با توجه به نمودار مقایسه ای شکل(۶)می توان اشاره نمود آن است که در بتن های فاقد الیاف شیشه، هنگامی که زئولیت از ۱۰ به ۲۰ درصد افزایش پیدا می کند، نرخ افزایش مقاومت کششی از ۱۴/۱۸ به ۱۳/۱۸ درصد کاسته می شود؛ اما هنگامی که در بتن های حاوی الیاف شیشه، مقدار زئولیت از ۱۰ به ۲۰ درصد افزایش می یابد، نرخ افزایش مقاومت کششی بیشتر می شود؛ اگرچه افزایش زئولیت در بتن حاوی الیاف شیشه منجر به افزایش نرخ مقاومت کششی شده است، اما باید به این موضوع توجه نمود که نرخ افزایش مقاومت کششی بتن های حاوی الیاف شیشه در مقایسه با بتن های فاقد الیاف شیشه کمتر شده است.



شکل ۶: درصد افزایش مقاومت کششی 28 روزه نمونه های حاوی زئولیت نسبت به نمونه های فاقد زئولیت.

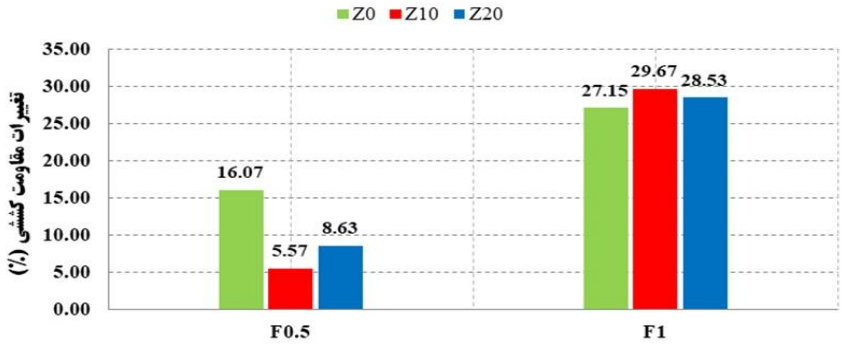
www.SID.ir

در نمودار مقایسه ای شکل (۷) به مقایسه مقادیر مقاومت کششی نمونه های مکعبی ۲۸ روزه با هدف بررسی اثر الیاف شیشه پرداخته شده است. همان طور که در این نمودار ملاحظه می گردد استفاده از الیاف شیشه به ازای زئولیت مصرفی ثابت ،منجر به افزایش مقاومت کششی شده است. همچنین در شکل(۸) به مقایسه ی درصد تغییرات مقاومت کششی ۲۸ روزه نمونه ها با هدف بررسی اثر الیاف پرداخته شده است. با توجه به نمودار مقایسه ای اشاره شده، می توان به این نتیجه دست یافت که استفاده از ۱ درصد الیاف در بتن های حاوی الیاف شیشه و زئولیت در مقایسه با استفاده از ۰/۵۰ درصد الیاف تاثیرگذارتر بوده است؛ بطوریکه سبب شده مقاومت کششی بتن به طور قابل توجهی افزایش یابد. به عنوان مثال در بتنی که از ۰/۵۰ درصد الیاف و ۱۰ درصد زئولیت استفاده شده است، نرخ افزایش مقاومت کششی ۵/۵۷ درصد شده است؛ این درحالیست در بتنی که از ۱ درصد الیاف و ۱۰ درصد زئولیت استفاده شده است، نرخ افزایش مقاومت کششی ۲۹/۶۷ درصد شده است.



	F0	F0.5	F1
Z0	1.904	2.21	2.81
Z10	2.174	2.295	2.976
Z20	2.155	2.341	3.009

شکل ۷: مقایسه مقادیر مقاومت کششی نمونه های مکعبی ۲۸ روزه با هدف بررسی اثر الیاف شیشه ای مورد استفاده.



شکل ۸: درصد تغییرات مقاومت کششی ۲۸ روزه نمونه ها با هدف بررسی اثر الیاف.

www.SID.ir

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
ISSN PRINT: 2588-6886 ISSN ONLINE: 2588-7122، دوره سوم، شماره ۱، ۱۳۹۸، صفحه: ۳۳-۴۵

۵- جمع بندی و نتیجه گیری

مقاومت فشاری ۲۸ روزه ی نمونه های مکعبی بدون زئولیت (صفر درصد) که حاوی ۰، ۰/۵ و ۱ درصد الیاف شیشه می باشند، به ترتیب برابر ۱۹/۸۰، ۲۰/۴۰ و ۲۱/۵۰ مگاپاسکال شده است. از سوی دیگر مقاومت فشاری ۲۸ روزه ی نمونه های مکعبی دارای ۱۰ درصد زئولیت که حاوی ۰، ۰/۵ و ۱ درصد الیاف شیشه می باشند، به ترتیب برابر ۲۲، ۲۳/۱۰ و ۲۳/۸۰ مگاپاسکال شده است. همچنین مقاومت فشاری ۲۸ روزه ی نمونه های مکعبی دارای ۲۰ درصد زئولیت که حاوی ۰، ۰/۵ و ۱ درصد الیاف شیشه می باشند، به ترتیب برابر ۲۱/۱۰، ۲۲/۲۰ و ۲۳ مگاپاسکال شده است. استفاده از زئولیت در بتن خودتراکم سبب شده است که مقاومت فشاری بتن در مقایسه با نمونه های بدون زئولیت در تمامی حالت ها افزایش یافته است؛ بطوریکه در بیشترین و کمترین حالت مقاومت فشاری نمونه های حاوی زئولیت به ترتیب به میزان ۱۳/۲۴ و ۸/۸۲ درصد نسبت به نمونه های بدون زئولیت افزایش یافته اند.

استفاده از ۱۰ درصد زئولیت در مقایسه با ۲۰ درصد زئولیت نقش اثر گذارتری برروی مقاومت فشاری ۲۸ روزه ی بتن های خودتراکم حاوی زئولیت و الیاف شیشه دارد؛ بطوریکه بیشترین مقاومت فشاری در حالت استفاده از ۱۰ درصد زئولیت و ۰/۵۰ درصد الیاف شیشه (Z10F0.5) حاصل شده که مقدار آن برابر ۲۳/۱۰ مگاپاسکال شده است .

با توجه به مقادیر مقاومت فشاری بدست آمده و در نظر گیری طرح های اختلاط بکاربرده شده، می توان به این نتیجه دست یافت که استفاده از ۱۰ درصد زئولیت در کنار ۰/۵ درصد الیاف شیشه می تواند منجر به دستیابی به بهینه ترین طرح از جنبه مقاومت فشاری در بتن های حاوی الیاف شیشه و زئولیت شود. همچنین با توجه به تغییرات مقاومت فشاری ایجاد شده ،می توان به این نتیجه دست یافت که بکاربردن زئولیت و الیاف شیشه به صورت ترکیبی می تواند نقش اثر گذارتری بر افزایش مقاومت فشاری بتن در مقایسه با استفاده از زئولیت به تنهایی داشته باشد. مقایسه ی مقادیر مقاومت فشاری ۲۸ روزه ی نمونه های ساخته شده با هدف بررسی اثر الیاف شیشه نشان می دهد که با افزایش درصد الیاف شیشه مقاومت فشاری نمونه های بتنی افزایش یافته است؛ بطوریکه استفاده از الیاف شیشه سبب شده است که مقاومت فشاری نمونه های بتنی خودتراکم حاوی زئولیت و الیاف شیشه در بیشترین و کمترین حالت به ترتیب به میزان ۹ و ۳/۰۳ درصد افزایش یابد. همچنین در بتن های خود متراکم حاوی زئولیت و الیاف شیشه به ازای مقدار زئولیت مصرفی ثابت، استفاده از مقدار الیاف شیشه ی بیشتر سبب خواهد شد که مقاومت فشاری بتن افزایش یابد. مقاومت کششی ۲۸ روزه ی نمونه های مکعبی بدون زئولیت)صفر درصد(که حاوی ۰، ۰/۵ و ۱ درصد الیاف شیشه می باشند، به ترتیب برابر ۱/۹۰۴، ۲/۲۱ و ۲/۸۱ مگاپاسکال شده است. از سوی دیگر مقاومت کششی ۲۸ روزه ی نمونه های مکعبی دارای ۱۰ درصد زئولیت که حاوی ۰، ۰/۵ و ۱ درصد الیاف شیشه می باشند، به ترتیب برابر ۲/۱۷۴، ۲/۲۹۵ و ۲/۹۷۶ مگاپاسکال شده است. همچنین مقاومت کششی ۲۸ روزه ی نمونه های مکعبی دارای ۲۰ درصد زئولیت که حاوی ۰، ۰/۵ و ۱ درصد الیاف شیشه می باشند، به ترتیب برابر ۲/۱۵۵، ۲/۳۴۱ و ۳/۰۰۹ مگاپاسکال شده است. در بتن های فاقد الیاف شیشه، هنگامی که زئولیت از ۱۰ به ۲۰ درصد افزایش پیدا می کند، نرخ افزایش مقاومت کششی از ۱۴/۱۸ به ۱۳/۱۸ درصد کاسته می شود؛ اما هنگامی که در بتن های حاوی الیاف شیشه، مقدار زئولیت از ۱۰ به ۲۰ درصد افزایش می یابد، نرخ افزایش مقاومت کششی بیشتر می شود؛ اگرچه افزایش زئولیت در بتن حاوی الیاف شیشه منجر به افزایش نرخ مقاومت کششی شده است، اما باید به این موضوع توجه نمود که نرخ افزایش مقاومت کششی بتن های حاوی الیاف شیشه در مقایسه با بتن های فاقد الیاف شیشه کمتر شده است .

مقایسه مقادیر مقاومت کششی نمونه های مکعبی ۲۸ روزه با هدف بررسی اثر الیاف شیشه نشان می دهد استفاده از الیاف شیشه به ازای زئولیت مصرفی ثابت، منجر به افزایش مقاومت کششی شده است. مقایسه ی درصد تغییرات مقاومت کششی ۲۸ روزه نمونه ها با هدف بررسی اثر الیاف نشان می دهد که استفاده از ۱ درصد الیاف در بتن های حاوی الیاف شیشه و زئولیت در مقایسه با استفاده از ۰/۵۰ درصد الیاف تاثیرگذارتر بوده است؛ بطوریکه سبب شده مقاومت کششی بتن به طور قابل توجهی افزایش یابد. به

Archive of SID
www.SID.ir

عنوان مثال در بتنی که از ۰/۵۰ درصد الیاف و ۱۰ درصد زئولیت استفاده شده است، نرخ افزایش مقاومت کششی ۵/۵۷ درصد شده است؛ این درحالیست در بتنی که از ۱ درصد الیاف و ۱۰ درصد زئولیت استفاده شده است، نرخ افزایش مقاومت کششی ۲۹/۶۷ درصد شده است. تغییرات مقاومت کششی نمونه های بتنی مورد بررسی نشان می دهد که در بتن های خود متراکم حاوی الیاف شیشه و زئولیت، اثر گذاری الیاف شیشه بر مقاومت کششی نمونه های بتنی مورد بررسی در مقایسه با اثرگذاری زئولیت بمراتب بیشتر می باشد. بنابراین می توان بیان نمود که بکاربردن الیاف شیشه با توجه به دارای بودن مقاومت کششی نسبتا بالا و جلوگیری از ایجاد ترک، می تواند منجر به افزایش مقاومت کششی در بتن های خودتراکم حاوی الیاف شیشه و زئولیت گردد .

۶- مراجع

[۱]-احمدی، ج.، عزیزی، ح.، کوهی، م.، ۱۳۹۴، **بررسی تأثیر زئولیت در عیارهای مختلف سیمان بر روی مقاومت و نفوذ پذیری بتن**، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات بتن، دوره ۸، شماره، زمستان، ص ۵-۱۸.

[۲]- رنجبر تکمیلی، م. م.، مدندوست، ر.، ملک دوست، ج.، ۱۳۹۱، **مطالعه ی مقایسه ای تغییرات مقاومت بتن های خودتراکم و معمولی در دیوارهای بتنی**، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه گیلان، دانشکده فنی و مهندسی.

[۳]- صدر ممتازی، ع.، کهنی خشکبیجاری، ر.، لطفی عمران، ا.، ۱۳۹۴، **خواص مهندسی و دوام بتن خود تراکم حاوی ذرات نانو سیلیس با رویکرد دستیابی به درصدهای بهینه الیاف** ، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات بتن ، دوره ۸، شماره ۲، زمستان، ص ۱۹-۳۴.

[۴]-مدندوست، ر.، رنجبر، م. م.، موسوی، ی.، ۱۳۹۲، **بررسی تاثیر استفاده ترکیبی از دودۀ سیلیس و زئولیت بر خواص بتن تازه و سخت شده خودتراکم**، فصلنامه علمی و پژوهشی تحقیقات بتن، دوره ۶، شماره ۱، ص ۵۳-۷۱.

[۵]- اسماعیل نیا، ع.، فریدی، م. م.، ۱۳۹۳، **رابطۀ مقاومت فشاری با مقاومت کششی و ضریب کشسانی در بتن خودتراکم حاوی سنگ دانه بازیافتی و زئولیت طبیعی**، فصلنامه علمی و پژوهشی تحقیقات بتن، دوره ۷، شماره ۱، ص ۷-۲۲.

[۶]- ممتازی، ص.، بی ریا، ا.، باقری، ک.، ۱۳۹۲، **بررسی ومطالعه آزمایشگاهی بتن های مسلح به الیاف شیشه (GFRC)**، هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، زاهدان.

[۷]- نجیمی م.، ۱۳۹۱، **بررسی خواص بتن های حاوی پوزولان زئولیت**، گزارش شماره ۸۹، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران.

[8]- Sersale R., 1980, **Structure and characterization of pozzolans and fly ashes**, In: Proceedings

[9]- Malquori G., 1962, **Portland-Pozzolana cement. In: Proceedings of the 4th international symposium on chemistry of cement**, Washington, US Department of Commerce; pp.983-.6001

[10]- Zhang, Z., Guo. J., and Liang, C., 1995, **Contribution of zeolite to the hydration of cement**, In: Mumpton FA Ed. Proceedings of the 4th international conference on occurrence, properties, utilization of natural zeolites. New York; pp.221-.3

[11]-Li, H., Zhang, M. H. and Ou, J., 2006, **Abration resistance of concrete containing nano-particle s for pavement**, Water, pp 1262-.6621

[12]- Soroushian, P., 1986, **Secondary Reinforcement Adding Cellulose Fibers**, ACI, Concrete International, 28-83.

Archive of SID
www.SID.ir