

نشریه علمی پدافند غیرعامل

سال سیزدهم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۱، (سالی ۴۹): صص ۵۶-۴۷

علمی - پژوهشی

مقایسه مقاومت ضربه‌ای بتن قلیافعال و بتن معمولی تحت حرارت بالا

بر اساس آزمون XRD و SEM

محمدحسین منصورقناعی^۱، مرتضی بیک لریان^۲، علیرضا مردوخ پور^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۹

چکیده

در چند دهه اخیر سازه‌ها به لحاظ پدافندی در مواجهه با بلایای طبیعی و مصنوعی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده‌اند. لذا نیاز به ساخت سازه‌هایی با استحکام بالا از دغدغه‌های مهندسان در این حوزه بوده است. بتن به‌عنوان یکی از مصالح اصلی مصرفی در سازه‌های بتنی، دارای نقش مؤثری در بهبود و ارتقای استحکام سازه‌ها است. مقاومت بتن در برابر ضربات وزنه افتان به‌عنوان یکی از خواص مکانیکی بتن شناخته می‌شود. در این پژوهش آزمایشگاهی، یک طرح اختلاط از بتن معمولی با عیار سیمان ۴۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب ساخته شد، یک طرح اختلاط نیز از بتن قلیافعال بر پایه سرباره کوره آهن گدازی ساخته شد تا میزان مقاومت ضربه‌ای بتن از نوع افتان تحت دمای محیط و حرارت ۵۰۰ درجه سلسیوس، در سن عمل‌آوری ۹۰ روزه مورد مقایسه و ارزیابی قرار گیرد. در ادامه، آزمون‌های طیف سنجی پراش اشعه ایکس (XRD) و تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) به‌منظور بررسی بیشتر و راستی آزمایشی نتایج آزمون مقاومت ضربه‌ای، در سن عمل‌آوری ۹۰ روزه در دمای محیط و تحت حرارت ۵۰۰ درجه سلسیوس بر روی نمونه‌ها انجام گرفت. در بخش نتایج، میزان انرژی جذب شده در آزمون ضربه‌ای وزنه افتان در دمای محیط، برای بتن معمولی به مقدار ۲۴۴/۲۴ ژول و برای بتن قلیافعال به مقدار ۲۲۳/۸۹ ژول کسب گردید، که این مقادیر تحت اعمال حرارت بالا در بتن، به ترتیب به مقدار ۹۰/۹ و ۷۲/۷۲ درصد افت را از خود نشان داد. میزان شاخص انعطاف‌پذیری در این آزمون تحت دمای محیط، برای بتن معمولی به مقدار ۲/۳۳ ژول و برای بتن قلیافعال به مقدار ۱/۵۸ ژول کسب گردید، که تحت حرارت بالا در بتن، به ترتیب به مقدار ۲۸/۷۵ درصد بهبود و ۹/۴۹ درصد افت را نشان داد. نتایج حاصل از آزمون‌های XRD و SEM ضمن هماهنگی با یکدیگر، در همپوشانی با نتایج حاصل از آزمون مقاومت ضربه‌ای قرار داشت.

کلید واژه‌ها: بتن قلیافعال، سرباره کوره آهن گدازی، وزنه افتان، طیف سنجی پراش اشعه ایکس (XRD)، میکروسکوپ الکترونی روبشی

(SEM)

^۱ دانشجوی دکتری عمران سازه، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد چالوس، چالوس، ایران.

^۲ استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد چالوس، چالوس، ایران - (M.biklaryan@iauc.ac.ir) - نویسنده مسئول

^۳ استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران.

۱- مقدمه

بحران‌های طبیعی و مصنوعی از دیرباز موجب بروز آسیب به ابنیه و سازه‌های دست ساز بشری شده‌اند. جلوگیری و کاهش این خطرات بدون به‌کارگیری از اقدامات نظامی، به‌عنوان پدافند غیرعامل شناخته می‌شود. با توجه به اینکه نوع و کیفیت بتن نقش مؤثری در استحکام سازه‌ها در برابر بارهای ضربه‌ای مختلف دارد، لذا انتخاب نوع مصالح مصرفی و انتخاب طرح اختلاط مناسب در بتن می‌تواند موجب بهبود مقاومت بتن در این راستا گردد. در دهه‌های اخیر بتن معمولی، عمده مصارف مصالح در سازه‌های بتنی را به خود اختصاص داده است. اما در راستای مصرف بتن معمولی، دغدغه‌هایی نظیر آلودگی محیط زیست (به واسطه تولید و انتشار گاز سمی دی‌اکسید کربن)، کمبود مواد معدنی و فسیلی، همچنین نیاز به خواص مکانیکی و دوام برتر در بتن، موجب گردید تا دانشمندان به فکر یافتن ماده‌ای جایگزین با سیمان در بتن معمولی باشند. آن‌ها خاکستر بادی، متاکائولین، سرباره کوره بلند و سایر پوزولان‌ها را به‌عنوان جایگزین‌های مناسب برای سیمان معرفی کردند [۱-۳]. گزارش شده است که به ازای تولید هر تن فولاد، ۳۰۰ کیلوگرم تا یک تن سرباره کوره آهن‌گدازی حاصل می‌گردد که اهمیت به‌کارگیری از این فرآورده‌های ثانویه در صنایع مختلف مشخص می‌شود، بتن‌های حاوی سرباره کوره آهن‌گدازی دارای مقاومت بیشتری در برابر حمله سولفات‌ها هستند [۴]. از طرفی سرباره در مقایسه با سیمان پرتلند، حاوی ذرات ریزتری که دارای سطح ویژه بزرگ‌تر هستند می‌باشد، در نتیجه مساحت سطح واکنش آب بزرگ‌تری را به همراه دارند، علاوه بر این اتصال مواد متشکله با افزودنی‌های ریز و ماسه و سطوح شن نیز بهبود می‌یابد [۵]. در این راستا هر چه آسیاب کردن سرباره بیشتر و ذرات آن ریزتر باشد، برخی از ویژگی‌های آن به خصوص مقاومت و پیوند در بتن بهتر خواهد بود [۵]. جایگزینی سرباره کوره آهن‌گدازی با کل سیمان مصرفی در بتن منجر به تولید بتن قلیافعال می‌گردد. با افزودن سرباره به ترکیب بتن، ساختار منافذ در بتن بهینه‌سازی شده و توزیع اندازه منافذ به‌طور مناسب‌تر خواهد بود، ناحیه انتقال بین سطحی متراکم‌تر، جنبه‌های مکانیکی و دوام بتن به تدریج افزایش می‌یابد، به عبارتی توسعه مقاومت و دوام رابطه نزدیکی با تکامل ساختار حفره و ناحیه انتقال بین سطحی در بتن قلیافعال سرباره‌ای دارد [۶]. ژئوپلیمری (قلیافعال) نامی است که توسط دیویدویترز مطرح شد [۷]. میزان دی‌اکسید کربن تولید شده در فرآیند ژئوپلیمری بسیار کمتر از فرآیند تولید سیمان است [۸]. در مورد مزایای محیط زیستی بتن قلیافعال، ادعا می‌شود که این امر یکی از علل مناسب برای جایگزینی با بتن معمولی است [۹ و ۱۰]. در بتن معمولی، ژل C-S-H از گروه‌های

سیلیکونی می‌باشد، اما در بتن قلیافعال، ژل‌های هیدراته شده از مواد با پلیمریزاسیون بالا و ساختار آلومینوسیلیکات تشکیل شده است [۱۱].

تولید بتن مقاوم در برابر آتش همواره در دستور کار پژوهشگران قرار گرفته است. بتن‌های قلیافعال در مقایسه با بتن معمولی عملکرد مقاومتی بهتری را در دماهای بالاتر ارائه می‌دهند [۱۲]. برتری مقاومت ضربه‌ای از نوع وزنه افتان در بتن قلیافعال نسبت به بتن معمولی در سایر تحقیقات نیز گزارش شده است [۱۵-۱۳]. نوآوری در این پژوهش آزمایشگاهی به واسطه تولید بتن (قلیافعال)، به چند مورد زیر خلاصه می‌گردد:

۱- خواص مکانیکی و ریزساختاری بتن قلیافعال در مقایسه با بتن معمولی بهبود می‌یابد.

۲- کمک به کاهش حجم انتشار گاز سمی CO₂ در مقایسه با تولید بتن معمولی، با توجه به گزارش ارائه شده توسط سایر محققین در این راستا.

۳- کمک به حفظ سلامت محیط زیست به واسطه مصرف (در ترکیب بتن قلیافعال) سرباره‌های انباشته شده در کارخانه‌های ذوب آهن، شناخته شده به‌عنوان مواد مضر محیط زیستی.

۴- حفظ و کاهش مصرف منابع معدنی مصرفی که به‌عنوان مصالح اصلی در طی فرآیند ساخت سیمان معمولی استفاده می‌گردد.

۵- حفظ و کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی که به‌عنوان سوخت مصرفی در کارخانجات تولید سیمان معمولی استفاده می‌گردد.

۲- ساخت نمونه و برنامه آزمایشگاهی

۲-۱- مصالح مصرفی

در این تحقیق آزمایشگاهی، سرباره کوره آهن‌گدازی محصول شرکت ذوب آهن اصفهان، تحت استاندارد C989/C989MASTM مورد مصرف قرار گرفت، مشخصات این محصول در جدول‌های (۱ و ۲) نشان داده شده است. سیمان مصرفی از نوع پرتلند تیپ II، محصول شرکت صنایع سیمان گیلان سبز (دیلمان)، تولید شده تحت استاندارد ISIRI 389 بر اساس مشخصات جدول‌های (۳ و ۴) استفاده گردید. سنگدانه‌های مصرفی محصول کارخانه‌های شن و ماسه شهرستان لاهیجان بوده که به لحاظ کمی و کیفی در محدوده استاندارد ASTM C33 قرار داشتند، سایر مشخصات سنگدانه‌ها در جدول (۵) نشان داده شده است. ابر روان‌کننده مصرفی با مشخصات جدول (۶)، از نوع پلی‌کربوکسیلات نرمال، محصول شرکت دوروچم خاورمیانه با نام تجاری Flowcem R700

پایان ترکیب مصالح، مخلوط بتن در قالب‌های فلزی روغن کاری شده از قبل ریخته شد، این فرآیند برای هر قالب در سه مرحله انجام گرفت و در هر مرحله عملیات تراکم بتن با ۲۵ ضربه توسط میله مخصوص انجام شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط (۲۰ الی ۲۵ درجه سلسیوس)، و فضای خشک نگهداری شدند. در پایان سپری شدن این زمان، نمونه‌های بتنی از قالب جداسازی شدند و نمونه‌های بتن معمولی در آب تحت دمای محیط تا سن عمل‌آوری هدف نگهداری شدند. نمونه‌های بتن قلیافعال پس از جداسازی از قالب، به‌منظور افزایش خواص استحکامی، به مدت ۴۸ ساعت درون کوره الکتریکی تحت دمای ۶۰ درجه سلسیوس، تحت عمل‌آوری حرارتی قرار گرفتند. در این راستا گزارش شده است که مقاومت بتن قلیافعال با افزایش دمای عمل‌آوری افزایش می‌یابد [۱۷]. در پایان زمان عمل‌آوری حرارتی بتن قلیافعال، نمونه‌های بتن پس از خروج از کوره، تا هنگام انجام آزمون، در دمای اتاق و در محیط خشک نگهداری و عمل‌آوری شدند. قبل از انجام آزمون‌های تحت حرارت بالا (۵۰۰ °C) که در سن عمل‌آوری ۹۰ روزه انجام شد، بر اساس استاندارد ISO834، نمونه‌های بتنی به مدت ۱ ساعت در کوره تحت دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند، سپس نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت دیگر در کوره خاموش باقی ماندند تا تحت تأثیر شک دمایی قرار نگیرند، پس از خروج نمونه‌ها از کوره، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق نگهداری شدند تا به تعادل دمایی برسند. در سایر تحقیقات نیز انجام فرآیند دمایی تحت حرارت بالا بر روی بتن‌های قلیافعال، به شکل مشابه گزارش گردیده است [۱۸].

مورد استفاده قرار گرفت. محلول قلیایی مصرفی در ساخت بتن قلیافعال، ترکیبی از هیدرواکسیدسدیم (NaOH) و سیلیکات سدیم (Na₂SiO₃) با نسبت سیلیکات به هیدرواکسید ۲/۵ و غلظت مولاریته ۱۲، وزن مخصوص ترکیبی ۱۴۸۳ کیلوگرم بر متر مکعب است، سایر مشخصات محلول قلیایی مصرفی به تفکیک هر محلول در جدول (۷) نشان داده شده است. آب مصرف شده به‌منظور ساخت طرح‌های اختلاط تحقیق پیش‌رو (در بتن کنترل و ساخت محلول قلیایی)، از آب شرب شهر لاهیجان استفاده گردید، این آب دارای pH در محدوده ۶/۵ الی ۷/۵ و وزن مخصوص ۱۰۰۰ kg/m³ است.

۲-۲ - طرح اختلاط، ساخت و عمل‌آوری نمونه‌ها

استاندارد مجزا برای طرح اختلاط بتن قلیافعال موجود نمی‌باشد، لذا به پیروی از سایر تحقیقات در حوزه بتن ژئوپلیمری [۱۶]، برای ساخت بتن قلیافعال در این پژوهش آزمایشگاهی از استاندارد طرح اختلاط بتن معمولی تحت توصیه کمیته استاندارد ACI 211.1-89 استفاده گردید. مشخصات طرح اختلاط بتن در این تحقیق بر اساس جدول (۸) تنظیم شده است. در راستای ساخت بتن، ابتدا مصالح خشک از قبیل سنگدانه، سیمان و سرباره کوره آهن گدازی به فراخور نیاز هر طرح، داخل مخلوط کن برقی در حال گردش ریخته شد و عملیات ترکیب مصالح، به مدت ۲ دقیقه به طول انجامید. سپس مصالح تر از قبیل آب، محلول قلیایی و ابرروان کننده بر اساس نیاز هر طرح، به داخل دستگاه مخلوط کن در حال گردش ریخته شد و فرآیند ترکیب مصالح، ۲ دقیق دیگر (در مجموع ۴ دقیقه) به طول انجامید. در

جدول (۱): مشخصات شیمیایی سرباره کوره آهن گدازی

نام ماده	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	L.O.I
درصد حضور	۳۶/۷۲	۳۵/۵	۹/۱۷	۷/۴۵	۶/۲۴	۰/۱۲	۱/۲۱	۰/۹۲	۲/۴۹	۰/۱۸	۰/۰۲

جدول (۲): مشخصات فیزیکی و مکانیکی سرباره کوره آهن گدازی

وزن مخصوص (kg/m ³)	سطح مخصوص (Cm ² /gr)	مدول الاستیسیته (Pa)	چگالی ظاهری (kg/m ³)	اندازه ذرات (µm)	رنگ
۲۴۵۰	۲۲۰۰	۱/۲	۹۶۰	۲/۱	کرم

جدول (۳): مشخصات شیمیایی سیمان پرتلند تیپ II

L.O.I	C ₃ A	I.R	Na ₂ O+0.658K ₂ O	SO ₃	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Cl
MAX 1/5	۵/۵-۷/۵	MAX 0/7	MAX 0.6	۲-۲/۳	۱/۴۵Max	۴۲-۴۳	۳/۵-۳/۸	۴/۵-۴/۸	۲۲-۲۱	Max 0/003

جدول (۴): مشخصات فیزیکی و رئولوژیکی سیمان پرتلند تیپ II

وزن مخصوص (kg/m ³)	سطح مخصوص (Cm ² /gr)	گیرش اولیه (min)	گیرش ثانویه (min)
۲۳۵۰	۳۲۰۰-۳۰۰۰	۱۱۵ < ۱۳۰	۱۹۰ < ۲۰۵

جدول (۵): مشخصات سنگدانه‌ها

مصلح دانه‌ای بتن	حداقل قطر	حداکثر قطر (mm)	مدول نرمی (mm)	وزن مخصوص (kg/m ³)	درصد جذب آب
شن	۴/۷۵(mm)	۱۹	۲/۸۵	۲۷۵۰	۲/۲
ماسه	۷۵(μm)	۴/۷۵	۲/۸۵	۲۶۵۰	۲/۹

جدول (۶): مشخصات ابروان کننده پلی کربوکسیلات نرمال

فرمول شیمیایی	حالت فیزیکی	رنگ	وزن مخصوص (kg/m ³)	استاندارد صرف	pH	میزان یون کلر	نقطه اشتعال
پلی کربوکسیلات نرمال	مایع	قهوه	۱۱۰۰	ASTM C494	حدود ۷	ندارد	ندارد

جدول (۷): مشخصات محلول قلیا فعال

نوع محلول	فرمول مولکولی	رنگ	مولاریته (mol/m ³)	چگالی (kg/m ³)	مدول الاستیسیته (p)	دمای ذوب (C)	جرم مولی (gr/mol)	نسبت وزنی (مولار) سیلیکات به سدیم	نسبت وزنی (مولار) سیلیکات به آب
هیدراکسید سدیم	NaOH	سفید	۱۲	۲۱۳۰	۳/۳	۳۱۸	۳۹/۹۹	-	-
سیلیکات سدیم	Na ₂ SiO ₃	سفید	۱۲	۲۴۰۰	-	۱۰۸۸	۱۲۲/۰۶	۲/۴	۴۷

جدول (۸): مشخصات طرح اختلاط بتن

مصلح مصرفی (kg/m ³)							طرح و نوع بتن			
عمل آوری	ابروان کننده	ماسه	شن	سرباره	محلول قلیایی	آب	سیمان	پر تندر	OC	۱
آب	۶/۷۵	۷۶۱/۱۳	۱۰۰۰	۰	۰	۲۰۲/۵	۴۵۰	پر تندر	OC	۱
خشک	۶/۷۵	۸۱۶/۱۰	۱۰۰۰	۴۵۰	۲۰۲/۵	۰	۰	قلیا فعال	GPC	۲

۲-۳- روش‌های آزمون و استانداردها

وزنه ۴۵/۷ سانتی‌متر و اندازه گوی فلزی به قطر ۶/۳۵ سانتی‌متر است، در این راستا نمونه‌های دیسکی با فرا رسیدن سن عمل آوری و طی گذراندن فرآیند حرارتی تعیین شده، در داخل دستگاه ضربه درست در زیر وزنه افتان به نحوی قرار گرفتند که گوی فلزی دقیقاً در مرکز نمونه قرار گیرد، سپس تعداد ضرباتی که به صورت هماهنگ برای بروز اولین ترک (N_1) و گسیختگی نهایی (N_2) توسط شمارنده‌ای که در قسمت فوقانی دستگاه تعبیه شده است ثبت گردید.

انرژی شکست برای بروز اولین ترک (E_1) و گسیختگی نهایی (E_2) بر حسب ژول از طریق رابطه (۱) محاسبه گردید. هر یک از پارامترهای رابطه (۱) به این شرح است:

N : تعداد ضربات برای ایجاد ترک اولیه

W : وزن چکش

H : ارتفاع سقوط.

در ادامه میزان انرژی جذب شده (E_2-E_1) و شاخص انعطاف-پذیری (E_2/E_1) در هر نمونه محاسبه گردید.

$$\text{Impact Energy } (E_n) = N \times W \times H \quad (1)$$

آزمون XRD در سن عمل آوری ۹۰ روزه در دمای محیط و تحت حرارت بالا، توسط دستگاه طیف سنج پراش اشعه ایکس با مدل Philips PW1730 انجام گرفت، در این راستا نمونه‌های خرد شده بر گرفته از مرکز نمونه بتنی در داخل دستگاه XRD قرار داده شد و طی انجام آزمون، نمودار پراش کریستال‌های بتن تهیه گردید. داده‌های حاصل از تفرق اشعه X به صورت شدت فوتون بر حسب زاویه دکتور ۲θ می‌باشد که به صورت لیستی از محل پیک و شدت آن‌ها بر روی گرافها آورده می‌شود.

آزمون SEM در سن عمل آوری ۹۰ روزه در دمای محیط و تحت حرارت بالا، توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی با مدل FEI Quanta200 انجام گرفت، در این راستا نمونه بتنی خرد شده در دستگاه SEM قرار داده شد و تصاویر با بزرگ نمایی مورد نظر ضبط و در ادامه مورد بررسی ریزساختاری قرار گرفت.

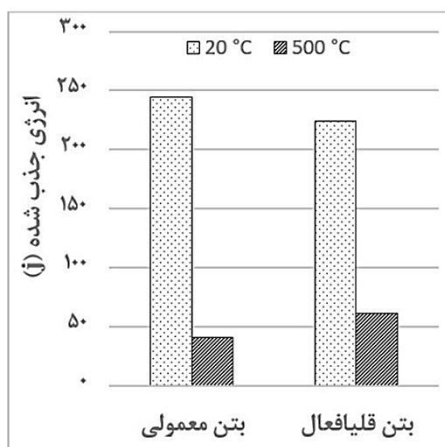
آزمون مقاومت ضربه‌ای از نوع وزنه افتان در سن عمل آوری ۹۰ روزه در دمای محیط و تحت حرارت بالا (500°C)، تحت استاندارد ACI 544.2R بر روی نمونه‌های بتنی انجام گرفت، بر اساس این استاندارد وزن چکش ۴/۵۴ کیلوگرم و ارتفاع سقوط

۳- نتایج آزمایشگاهی و تفسیر نتایج

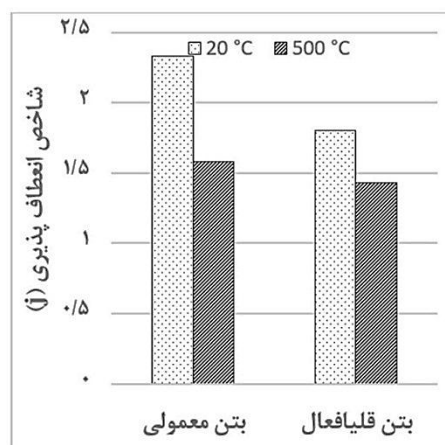
۳-۱- آزمون مقاومت ضربه‌ای وزنه افتان

نتایج حاصل از آزمون مقاومت ضربه‌ای از نوع وزنه افتان در سن عمل‌آوری ۹۰ روزه در دمای محیط (۲۰ °C) و تحت حرارت بالا (۵۰۰ °C)، بر اساس انرژی جذب شده در شکل (۱) و بر اساس شاخص انعطاف‌پذیری در شکل (۲) نشان داده شده است. شکل (۳) نمونه‌های بتنی پس از آزمون مقاومت ضربه‌ای را به نمایش در آورده است. در شکل (۴) نیز دستگاه آزمون وزنه افتان به نمایش در آمده است. در دمای محیط، انرژی جذب شده در بتن معمولی و بتن قلیاف‌فعال به ترتیب به میزان ۲۴۴/۲۴ و ۲۲۳/۸۹ ژول کسب گردید که اختلاف ۸/۳۳ درصدی را تجربه کرد و شاخص انعطاف‌پذیری در این دما برای بتن معمولی و بتن قلیاف‌فعال به ترتیب به مقدار ۲/۳۳ و ۱/۵۸ ژول کسب شد که اختلاف ۳۲/۱۸ درصدی را به خود اختصاص داد. برتری بتن قلیاف‌فعال در میزان انرژی جذب شده و شاخص انعطاف‌پذیری در آزمون ضربه‌ای وزنه افتان ناشی از فعالیت پوزولانی بالای سرباره کوره آهن‌گدازی در ترکیب بتن قلیاف‌فعال است که توانسته است ضمن تسریع در فرآیند ژئوبسپارش، به تولید حجم بالایی از ژل‌های هیدراته نسبت به سیمان پرتلند در بتن معمولی، کمک کند. این ژل‌ها به خوبی توانسته‌اند فضاهای مویینه و حفرات موجود در ماتریس بتن را پر نمایند و از این طریق به افزایش مقاومت ضربه در بتن قلیاف‌فعال کمک کنند.

اعمال حرارت بالا در نمونه‌های بتنی موجب افت در نتایج آزمون ضربه‌ای وزنه افتان گردیده است، در این راستا انرژی جذب شده در بتن معمولی و بتن قلیاف‌فعال به ترتیب تا میزان ۴۰/۷۱ و ۶۱/۰۶ ژول تنزل پیدا کرد که به ترتیب افت ۸۳/۳۳ و ۷۲/۷۲ درصدی را به خود اختصاص داد. میزان شاخص انعطاف‌پذیری در بتن معمولی و بتن قلیاف‌فعال به ترتیب تا مقدار ۳ و ۱/۴۳ ژول رسید که بهبود ۲۸/۷۵ درصدی و افت ۹/۴۹ درصدی را کسب کردند. میزان افت انرژی جذب شده در نمونه‌های بتن قلیاف‌فعال نسبت به نمونه‌های بتن معمولی تحت حرارت بالا، بیشتر است. این عملکرد در تحقیقات سایر محققین نیز گزارش شده است [۱۲]. از طرفی برخی از محققان گزارش کرده‌اند که این کاهش مقاومت عمدتاً به تجزیه هیدرواکسید کلسیم نسبت داده می‌شود و این پدیده معمولاً در محدوده دمایی ۴۵۰ تا ۵۰۰ درجه سلسیوس رخ می‌دهد [۲۰ و ۱۹].



شکل (۱): انرژی جذب شده در آزمون وزنه افتان



شکل (۲): شاخص انعطاف‌پذیری در آزمون وزنه افتان



شکل (۳): نمونه‌ها پس از آزمون وزنه افتان

شده در فرآیند شیمیایی شده است. این ژل‌ها از طریق پر کردن حفرات و بهبود پیوند در نواحی انتقال بین سطحی (ITZ) و بین لایه‌ای، موجب استحکام و افزایش خواص مکانیکی بتن سخت شده شده‌اند. این موضوع یکی از علل اصلی برتری میزان مقاومت ضربه‌ای بتن قلیافعال در مقایسه با بتن معمولی است. در این راستا گزارش شده است که قله قوی در نواحی مختلف به‌عنوان قله مشخص و اثر انگشت بتن قلیافعال (بر پایه سرپاره) شناخته می‌شود [۲۱]. بر اساس تصاویر SEM و نتایج حاصل از پراش اشعه ایکس (XRD)، اعمال حرارت بالا (۵۰۰ °C) در بتن، موجب بروز اثرات مخربی در ترکیب و پیوند شیمیایی بخش ریزساختار بتن معمولی و بتن قلیافعال گردیده است. در دمای بالا، ژل CH دیگر تبدیل به کلسیم کربنات‌های مانند Calcite نمی‌شود، بلکه این ژل به Carbon و C-A تبدیل می‌گردد و این موضوع، علت اصلی ضعف بتن در دمای بالا می‌باشد [۶ و ۲۲]. در سایر تحقیقات انجام گرفته در حوزه بتن قلیافعال، در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، فازهای کریستالی و شبه بلوری کربنات کلسیم، اکسید سیلیکون، پیروکسن، فسفات آلومینیوم و کلسیت مشاهده می‌گردد. علاوه بر این، در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس، اکسید سیلیکون، سیلیکات کربنات آلومینیوم کلسیم سدیم در ترکیب بتن قلیافعال مشاهده شده است [۲۲-۲۴]. در این راستا در ترکیب بتن معمولی در تحقیق حاضر، چهار پیک بیشینه با مقادیر اوج قله ۱۰۰، ۸۹/۱۵، ۸۱/۸۷ و ۳۴/۷۴ درصد در زوایای ۲۰ به ترتیب در محدوده‌های ۲۹، ۲۷، ۲۸ و ۲۶ درجه برای عناصر اتفاق افتاده است و عناصری مانند کربن، دولومیت، سیلیکات آلومینیوم منگنز آهن فسفات هیدراته و سیلیکات آلومینیوم کلسیم هیدراته دارای بیشترین پراکندگی هستند. در ترکیب بتن قلیافعال، پس از اعمال حرارت بالا، با توجه به خروج برخی از عناصر در معرض حرارت، تغییرات در فازهای تشکیل شده جدید مشهود است. با توجه به تغییرات ایجاد شده در ترکیبات بتن و نوع عناصر باقیمانده پس از اعمال حرارت، چهار پیک بیشینه با مقادیر اوج قله‌های ۱۰۰، ۸۸/۴۹، ۸۳/۵۱ و ۶۶/۰۹ درصد در زوایای ۲۰ به ترتیب در محدوده‌های ۲۹، ۲۶، ۲۸ و ۲۹ درجه برای عناصر اتفاق افتاده است.

نتایج بررسی‌های آزمون XRD در این پژوهش آزمایشگاهی حاکی از این موضوع است که بتن قلیافعال با توجه به برتری در ترکیب شیمیایی خود نسبت به بتن معمولی، می‌تواند جهت ساخت سازه‌ها با در نظر گرفتن اهداف پدافند غیرعامل مؤثرتر باشد. بهره‌گیری از بتن با مقاومت ضربه‌ای بالا نسبت به بتن معمولی به‌منظور به‌کارگیری در سازه‌های با اهمیت زیاد (مانند مراکز نظامی، هسته ای و بیمارستان‌ها)، برای جلوگیری از خطرات ناشی از بارهای ضربه‌ای در بسیاری از پژوهش‌های پیرامون پدافند غیرعامل پیشنهاد شده است [۲۷-۲۵].



شکل (۴): دستگاه انجام آزمون وزنه افتان

۲-۳- نتایج آزمون XRD

نتایج حاصل از آزمون طیف سنجی پراش اشعه ایکس (XRD) در سن عمل‌آوری ۹۰ روزه تحت دمای محیط (اتاق) در شکل (۵) و تحت دمای بالا (۵۰۰ °C)، در شکل (۶) به نمایش در آمده است.

در دمای محیط (۲۰ الی ۲۵ درجه سلسیوس) برای بتن معمولی، پنج پیک بیشینه با مقادیر اوج قله ۱۰۰، ۹۱/۸۴، ۶۷/۲۲، ۵۹/۹۴ و ۲۵/۱۴ درصد در زوایای ۲۰ به ترتیب در محدوده‌های ۵۹، ۲۴، ۲۹ و ۲۶ درجه برای عناصر مشخص شده اتفاق افتاده است. در این راستا، عناصر آلومینیوم فسفات (AIPO₄) و بعد از آن کلسیم کربنات (کلسیت) با فرمول مولکولی (CaC₆O₁₈) و کلسیم منگنز کربنات (دولومیت) با فرمول شیمیایی (Ca₇Mg₅C₁₂O₃₆) بیشترین پراکندگی را دارند. برای بتن قلیافعال در دمای محیط، چهار پیک بیشینه با مقادیر اوج قله‌های ۱۰۰، ۶۹/۳۵، ۲۶/۸۳، ۲۱/۸۵ و ۲۰/۸۷ درصد در زوایای ۲۰ به ترتیب در محدوده‌های ۲۹، ۲۶، ۳۹ و ۲۹ درجه برای عناصر اتفاق افتاده است. در این راستا، عناصری مانند سدیم آلومینیوم سیلیکات (NaAlSi₃O₈)، کوارتز (SiO₂) با توجه به واکنش‌های پوزولانی در سرپاره کوره آهن‌گدازی، دارای بیشترین پراکندگی هستند. ذرات سرپاره کوره آهن‌گدازی با توجه به نقش پوزولانی خود، ضمن تسریع در فرآیند ژئوسپارش، موجب تولید حجم زیادی (نسبت به بتن معمولی) از ژل‌های هیدراته

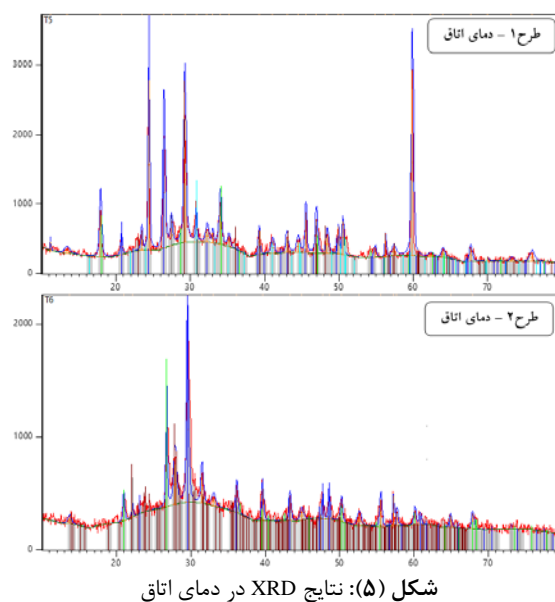
متفاوت به شرح ذیل تشکیل شده است:

۱- فاز اول شامل محصولات هیدراتاسیون^۱ (بسپارش) و ژئوپلیمریزاسیون^۲ (ژئوسپارش) شامل ژل‌های هیدراته که در تصاویر SEM عمدتاً به رنگ تیره هستند، است.

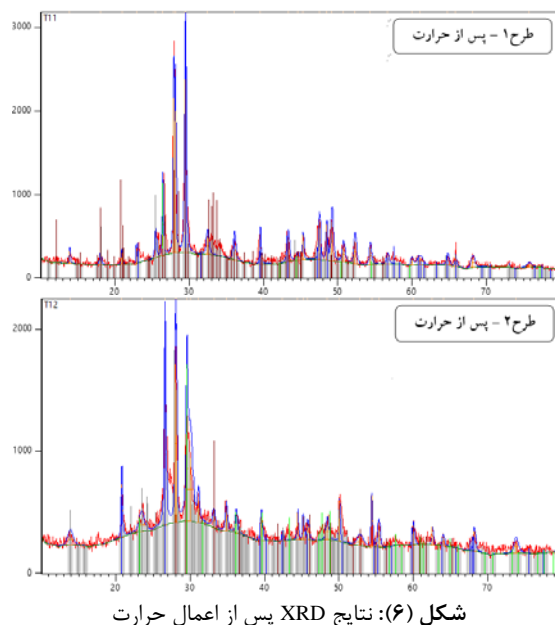
۲- فاز دوم شامل بلورهای واکنش نکرده که در نتیجه ناخالصی‌های موجود در مواد اولیه و یا ذرات واکنش نکرده در فرآیند هیدراتاسیون و ژئوپلیمریزاسیون هستند و در تصاویر SEM عمدتاً به رنگ سفید هستند.

۳- فاز سوم شامل نحوه پیوندهای خمیر سیمان با سنگدانه در ناحیه انتقال بین سطحی^۳ تشکیل شده است.

در تصاویر بتن معمولی تحت دمای محیط، آثاری از بلورهای شش وجهی و سوزنی شکل که ژل‌های اترینگایت^۴ (C-A-S-H) حاصل از واکنش کلسیم آلومینات و کلسیم سیلیکات هستند، دیده نمی‌شود. در این تصاویر ساختار درختی شکل ناشی از غیر همگنی در محصولات هیدراتاسیون (بسپارش) و کریستال‌های کوچک هیدراته نشده به ندرت مشاهده می‌گردد. وجود برخی از کریستال‌های کوچک، سطوح شکست و ذرات کروی سفید رنگ ناشی از کریستال‌های هیدرواکسیدکلسیم هیدراته نشده در ساختار بتن این طرح که در تصاویر مشاهده می‌گردد را می‌توان ناشی از عیار بالای سیمان (450 kg/m^3) که به ایجاد پدیده هسته‌زایی و کلوخه شدن ذرات (ناشی از سرعت بالای فرآیند هیدراتاسیون) دانست. تفسیر این موضوع به این شکل است که وقتی عیار سیمان در بتن افزایش پیدا می‌کند سرعت واکنش شیمیایی در بتن بالا می‌رود، در این بین برخی از ذراتی که نقش مؤثر در بالا بردن چسبندگی در بتن ایفاء می‌کنند، فرصت مشارکت در فرآیند بسپارش را نخواهند داشت، لذا به همان شکل در مخلوط بتن باقی می‌مانند. این امر موجب افت خواص مقاومتی در بتن می‌گردد. در تصاویر بتن قلیافعال در دمای محیط، هیچگونه ساختار درختی که نشان از ضعف در ریزساختار نمونه باشد مشاهده نمی‌گردد. وجود نواحی تیره رنگ در تصاویر نشان از تکمیل فرآیند ژئوپلیمریزاسیون (ژئوسپارش) و تولید ژل‌های هیدراته است. توده‌های سفید رنگ موجود در تصاویر SEM در این طرح را می‌توان به کریستال‌های فعال‌ساز قلیایی که در فرآیند ژئوپلیمریزاسیون مشارکت نکرده‌اند نسبت داد و نقاط بسیار ریز موجود در ریزساختار بتن قلیافعال را می‌توان به ذرات هیدراته نشده سرباره نسبت داد. ریزترک‌های موجود در تصویر را می‌توان به دلیل عمل‌آوری حرارتی تحت



شکل (۵): نتایج XRD در دمای اتاق



شکل (۶): نتایج XRD پس از اعمال حرارت

۳-۳- آزمایش SEM

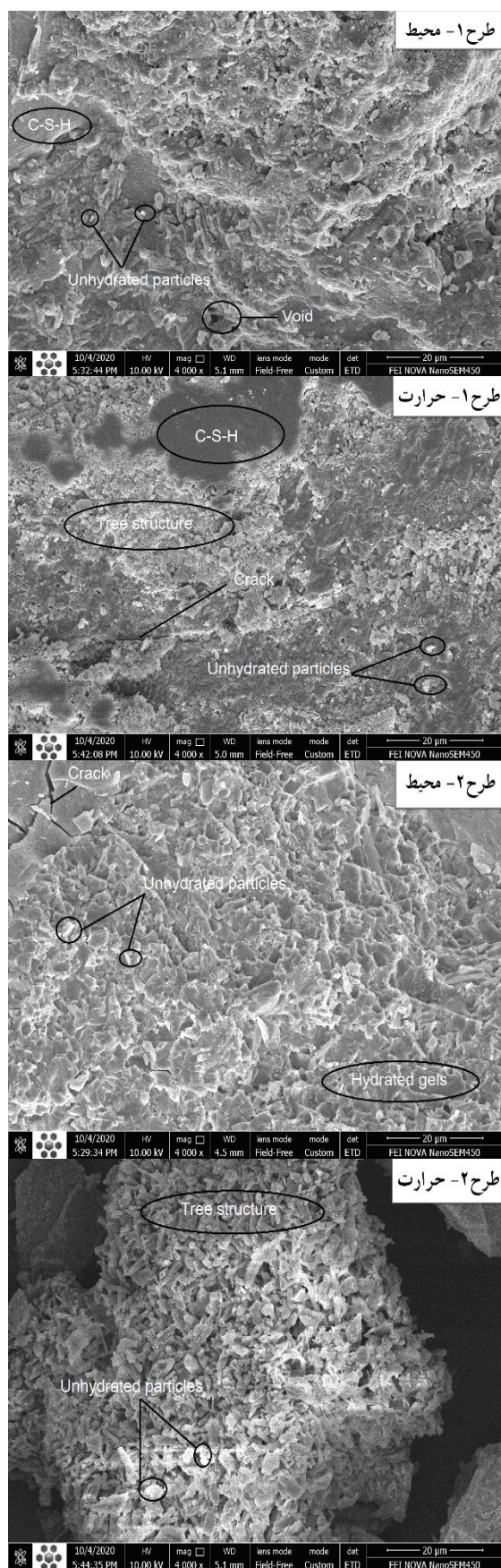
آزمون SEM بر روی نمونه‌های بتنی توسط دستگاه مطابق با شکل (۷) انجام گرفت. نتایج حاصل از آزمون تصویربرداری میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) در سن عمل‌آوری ۹۰ روزه در مقیاس ۲۰ میکرومتر، تحت دمای محیط و تحت حرارت بالا (500°C)، در شکل (۸) به نمایش در آمده است. نتایج به‌دست آمده از میکروسکوپ الکترونی روبشی می‌تواند کمک شایانی در تشخیص ساختار و نحوه رفتار بتن نماید و خصوصیات مکانیکی و فیزیکی ماتریس بتن به شدت به ریزساختار آن بستگی دارد. با توجه به تصاویر اخذ شده از SEM مشاهده می‌گردد که ریزساختار بتن در هر دو طرح اختلاط از سه فاز اساسی مجزا و

¹ Hydrolysis

² Polymerization

³ Interfacial Transition Zone (ITZ)

⁴ Ettringite Gel (C-A-S-H)



شکل (۸): تصاویر SEM

دمای 60°C در بتن قلیافعال دانست، البته این ریزترک‌ها نقش چندان‌ی در کاهش مقاومت ضربه‌ای بتن نخواهند داشت. بهبود مقاومت بتن در برابر حرارت بالا از دیرباز مورد توجه دانشمندان بوده است. در تصاویر حاصل از آزمون SEM مشهود است که اعمال حرارت بالا در بتن موجب تغییرات اساسی در ریزساختار بتن و ماتریس خمیر سیمان پُرتلند و قلیافعال شده است. اثرات دمای بالا بر بتن را می‌توان به هیدراته نشدن خمیر سیمان، افزایش تخلخل، کاهش رطوبت موجود، انبساط حرارتی، تغییر فشار منافذ، کاهش مقاومت، ترک حرارتی ناشی از ناسازگاری، خزش و جداسازی حرارتی نسبت داد. از طرفی تحقیقات نشان داده است که با توجه به فشار زیاد بین حفره‌ای خروج آب از فضای پیوند شیمیایی در ژل سیلیکات کلسیم هیدراته (C-S-H) منجر به خرابی بتن در دمای بیش از 450°C درجه سلسیوس می‌شود [۲۸]. برای تصاویر بتن معمولی تحت حرارت بالا، ریزساختار بتن تحت تأثیر فراوان قرار گرفته و به لحاظ ساختاری تضعیف گردیده است. با توجه به تصاویر، ایجاد ساختار درختی، وجود منافذ مویینه متعدد ناشی از تبخیر آب بین فضاهای مویینه در ژل سیلیکات کلسیم هیدراته (C-S-H) و کاهش میزان ژل هیدراته C-S-H (نواحی تیره رنگ) مشهود است که مبین ضعف در ریزساختار بتن پس از اعمال حرارت بالا در بتن می‌باشد. حرارت دادن نمونه بتن قلیافعال در دمای زیاد، موجب خروج آب از حفرات، منافذ و فضاهای مویینه بین لایه‌ای در ساختار ژل‌های هیدراته گردیده است و بروز حفرات و منافذ متعدد بزرگ در نمونه بتنی را به همراه داشته است. افزایش سطوح شکست در نمونه و کاهش سطوح ژل‌های هیدراته (نواحی با رنگ تیره) از عوارض حرارت دادن نمونه بتنی در این طرح است. تأثیر حرارت بر نمونه‌های بتنی با توجه به تصاویر اخذ شده از میکروسکوپ الکترونی روبشی در نتایج حاصل از آزمون ضربه‌ای وزنه افتان به خوبی مشهود است.



شکل (۷): دستگاه انجام آزمون SEM

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق آزمایشگاهی، مقایسه میزان مقاومت ضربه‌ای در بتن قلیافعال و بتن معمولی بر اساس انجام آزمون مقاومت ضربه‌ای از نوع وزنه افتان و آنالیز نتایج آزمون‌های XRD و SEM در سن عمل‌آوری ۹۰ روزه در دمای محیط (۲۰ الی ۲۵ درجه سلسیوس) و تحت حرارت بالا انجام گرفت. نتایج حاصله حاکی از مقاومت برتر نمونه‌های بتن قلیافعال در مقایسه با نمونه‌های بتن معمولی در این آزمون‌ها است. حرارت بالا در هر دو نمونه بتنی موجب افت نتایج در آزمون‌ها گردید. اهم نتایج حاصل از این مطالعه آزمایشگاهی به شرح زیر ارائه می‌گردد:

- انرژی جذب شده در آزمون ضربه‌ای وزنه افتان در دمای محیط، برای بتن معمولی به مقدار ۲۴۴/۲۴ ژول و برای بتن قلیافعال به مقدار ۲۲۳/۸۹ ژول کسب گردید، که تحت اعمال حرارت بالا در بتن، به ترتیب به مقدار ۹۰/۹ و ۷۲/۷۲ درصد افت را از خود نشان داد.

- شاخص انعطاف‌پذیری در آزمون ضربه‌ای وزنه افتان تحت دمای محیط، برای بتن معمولی به مقدار ۲/۳۳ ژول و برای بتن قلیافعال به مقدار ۱/۵۸ ژول کسب گردید، که تحت اعمال حرارت بالا در بتن، به ترتیب به مقدار ۲۸/۷۵ درصد بهبود و ۹/۴۹ افت را نشان داد.

- در آزمون XRD، عدم حضور عنصر هیدرواکسیدکلسیم $(Ca(OH)_2)$ در اوج قله‌های گراف حاصل از بتن قلیافعال، نشان از فعالیت پوزولانی مناسب سرباره کوره آهن‌گدازی در ترکیب شیمیایی ساختار خمیر قلیافعال می‌باشد. در گراف نمونه‌های تحت حرارت بالا، خروج برخی از عناصر به واسطه افت حرارتی (LOI)^۱ و کاهش ارتفاع اوج قله‌های عناصر، مشهود می‌باشد.

- تصاویر حاصل از آزمون SEM، نشان از افزایش حجم ژل‌های هیدراته و بهبود تراکم در ریزساختار نمونه‌های بتن قلیافعال با حضور سرباره کوره آهن‌گدازی در ترکیب بتن، می‌باشد. اعمال حرارت بالا در نمونه‌های بتنی، ساختار بتن را از حالت متراکم خارج کرده و به‌صورت ساختار درختی و غیر همگن تبدیل نموده است.

- نتایج حاصل از آزمون طیف سنجی پراش اشعه ایکس، ضمن هماهنگی با نتایج حاصل از تصویربرداری میکروسکوپ الکترونی روبشی، در همپوشانی با نتایج حاصل از آزمون مقاومت ضربه‌ای از نوع وزنه افتان قرار گرفت. در این راستا برتری نتایج حاصل از آزمون‌های ذکر شده برای بتن قلیافعال در دمای محیط و تحت حرارت بالا نسبت به بتن معمولی حاصل گردید.

۵- قدردانی

مقاله حاصل از این مطالعه آزمایشگاهی با حمایت دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس انجام گرفته است.

۶- مراجع

- [1] P. Nuaklong, V. Sata, and P. Chindaprasirt, "Influence of Recycled Aggregate on Fly Ash Geopolymer Concrete Properties," J. of Cleaner Production, vol. 112: pp. 2300-2307, 2016.
- [2] Singh, B., Ishwarya, G., Gupta, M., & Bhattacharyya, S. K. Geopolymer concrete: A review of some recent developments. Construction and building materials, 85, 78-90, 2015.
- [3] Zhuang, X. Y., Chen, L., Komarneni, S., Zhou, C. H., Tong, D. S., Yang, H. M., ... & Wang, H. Fly ash-based geopolymer: clean production, properties and applications. Journal of Cleaner Production, 125, 253-267, 2016.
- [4] P. Ganesh, A. Ramachandra Murthy, S. Sundar Kumar, M. Mohammed Saffiq Reheman, and N. R. Iyer, "Effect of Nanosilica on Durability and Mechanical Properties of High-Strength Concrete," Magazine of Concrete Research, vol. 68, no. 5, pp. 229-236, 2016 (In Persian).
- [5] V. Václavík, V. Dirner, T. Dvorský, and J. Daxner, "The Use of Blast Furnace Slag," Metalurgija, vol. 51, no. 4, pp. 461-464, 2012.
- [6] P. Duan, Z. Shui, W. Chen, and C. Shen, "Enhancing Microstructure and Durability of Concrete from Ground Granulated Blast Furnace Slag and Metakaolin as Cement Replacement Materials," J. of Materials Research and Tech., vol. 2, no. 1, pp. 52-59, 2013.
- [7] J. Davidovits, "Soft Mineralogy and Geopolymers," Proc. 1st Int. Conf. on Geopolymers, pp. 19-21, 1988.
- [8] N. Neupane, D. Chalmers, and P. Kidd, "High-strength Geopolymer Concrete Properties, Advantages and Challenges.," Advances in Materials, vol. 7, no. 2, pp. 15-25, 2018.
- [9] J. Davidovits, "Geopolymeric Reactions in the Economic Future of Cements and Concretes.," World-wide Mitigation of Carbon dioxide Emission, pp. 111-122. In: G'99 Geopolymer Int. conf., Saint Quentin, France, 1999.
- [10] P. Duxson, J. L. Provis, G. C. Lukey, and J. S. J. Van Deventer, "The Role of Inorganic

¹ Loss on Ignition

- [20] B. Zhang and N. Bicanic, "Residual Fracture Toughness of Normal-and High-strength Gravel Concrete after Heating to 600 C," *Materials J.*, vol. 99, no. 3, pp. 217-226, 2002.
- [21] J. W. Phair and J. S. Van Deventer, "Effect of the Silicate Activator pH on the Microstructural Characteristics of Waste-based Geopolymers," *Int. J. of Mineral Proc.*, vol. 66, no. 1-4, pp. 121-143, 2002.
- [22] A. M. Rashad, "The Effect of Polypropylene, Polyvinyl-alcohol, Carbon and Glass Fibres on Geopolymers Properties," *Materials Sci. and Tech.*, vol. 35, no. 2, pp. 127-146, 2019.
- [23] Mustakim, S. M., Das, S. K., Mishra, J., Aftab, A., Alomayri, T. S., Assaedi, H. S., & Kaze, C. R. Improvement in fresh, mechanical and microstructural properties of fly ash-blast furnace slag based geopolymer concrete by addition of nano and micro silica. *Silicon*, 13(8), 2415-2428., 2021.
- [24] J. M. Their and M. Özakaça, "Developing Geopolymer Concrete by Using Cold-bonded Fly Ash Aggregate, Nano-silica, and Steel Fiber," *Construction and Building Materials*, vol. 180, pp. 12-22, 2018.
- [25] M. Kholghifard and E. Badakhshan Nejad, "Seismic Vulnerability Assessment of Yasooj Hospitals from the Perspective of Passive Defense and ATC Methods," *Passive Defense Quarterly*, vol. 12, no. 1, pp. 1-12, 2021 (In Persian).
- [26] M. Abdollahzadeh, A. Bali, and I. Soltani, "The Presentation of Strategies for the Security of Hospitals in Metropolises in Critical Situations with the Passive Defense Approach," *Passive Defense Quarterly*, vol. 12, no. 4, pp. 81-93, 2022 (In Persian).
- [27] Y. esmaizadeh, "Presenting Passive Defense Strategies in the Architecture of Medical Centers; Case Study: Shahid Beheshti Medical Training Center in Qom," *Passive Defense Quarterly*, vol. 12, no. 2, pp. 19-31, 2021 (In Persian).
- [28] R. Siddique and D. Kaur, "Properties of Concrete Containing Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS) at Elevated Temperatures," *J. of Advanced Research*, vol. 3, no. 1, pp. 45-51, 2012.
- Polymer Technology in the Development of Greenconcrete," *Cem. Con. Res.*, vol. 37, pp. 1590-7, 2007.
- [11] H. Du, S. Du, and X. Liu, "Durability Performances of Concrete with Nano-silica", *Construction and Building Materials*, vol. 73, pp. 705-712, 2014.
- [12] F. Aslani, "Thermal Performance Modeling of Geopolymer Concrete", *J. of Materials in Civil Eng.*, vol. 28, no. 1, pp. 0401-5062, 2016 (In Persian).
- [13] M. G. Alberti, A. Enfedaque, and J. C. Gálvez, "Improving the Reinforcement of Polyolefin Fiber Reinforced Concrete for Infrastructure Applications," *Fibers*, vol. 3, no. 4, pp. 504-522, 2015.
- [14] R. Olivito and F. Zuccarello, "An Experimental Study on the Tensile Strength of Steel Fiber Reinforced Concrete," *Composites Part B: Engineering*, vol. 41, no. 3, pp. 246-255, 2010.
- [15] Islam, A., Alengaram, U. J., Jumaat, M. Z., Ghazali, N. B., Yusoff, S., & Bashar, I. I. Influence of steel fibers on the mechanical properties and impact resistance of lightweight geopolymer concrete. *Construction and Building Materials*, 152, 964-977, 2017.
- [16] P. Deb, P. Nath, and P. Sarker, "Drying Shrinkage of Slag Blended Fly Ash Geopolymer Concrete Cured at Room Temperature," *Proc. Eng.*, vol. 125, pp. 594-600. 2015.
- [17] A. Ehsani, M. Nili, and K. Shaabani, "Effect of Nanosilica on the Compressive Strength Development and Water Absorption Properties of Cement Paste and Concrete Containing Fly Ash," *KSCE J. of Civil Eng.*, vol. 21, no. 5, pp.1854-1865, 2017.
- [18] D. L. Kong and J. G. Sanjayan, "Effect of Elevated Temperatures on Geopolymer Paste, Mortar and Concrete," *Cement and Concrete Research*, vol. 40, no. 2, pp. 334-339, 2010.
- [19] D. P. Bentz, "Fibers, Percolation, and Spalling of High-performance Concrete," *Materials J.*, vol. 97, no. 3, pp. 351-359, 2000.

Comparing the Impact Strength of Alkali Activated Concrete and Normal Concrete Under High Heat Based on XRD and SEM Tests

M. H. Mansour Qanaei, M. Beik Lerian *, A. Mardokhpour

Abstract

In recent decades, structures have been of special importance in terms of defense against natural and man-made disasters. Therefore, the need to build structures with high strength has been one of the concerns of engineers in this field. Concrete as one of the main materials used in concrete structures, has an effective role in improving and enhancing the strength of structures. Concrete resistance to falling weight is known as one of the mechanical properties of concrete. In this laboratory research, a mixing design was made of ordinary concrete with a cement grade of 450 kg / m³. 500 degrees Celsius, compared and evaluated at 90 days of processing age. Next, X-ray diffraction (XRD) spectroscopy and scanning electron microscopy (SEM) tests were performed to further evaluate and validate the impact resistance test results at 90 days of processing time at ambient temperature and 500 ° C. Samples were taken. In the results section, the amount of energy absorbed in the impact test of weight drop at ambient temperature was 244.24 joules for ordinary concrete and 223.89 joules for quilted concrete, which were subjected to high heat application in concrete. They showed a decrease of 90.9% and 72.72%, respectively. The flexibility index in this test under ambient temperature was 2.33 joules for ordinary concrete and 1.58 joules for reinforced concrete, which under high heat in concrete, improved by 28.75%, respectively. They showed a drop of 9.49%. The results of XRD and SEM tests were in coordination with each other and overlapped with the results of impact resistance test.

Key Words: *Alkali Active Concrete, Blast Furnace Slag, Drop Weight, X-Ray Diffraction (XRD) Spectroscopy, Scanning Electron Microscope (SEM)*

*Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, Iran.
(m.biklaryan@iauc.ac.ir)- Writer-in-Charge