اولین کنفرانس بین‌المللی و چهارمین کنفرانس ملی تجهیزات و فناوری‌های آزمایشگاهی

ILRC 2023

۲۰ و ۲۱ شهریور ماه ۱۴۰۲

امکان سنجی استفاده از پودر سرباره تولیدی شرکت سیمان کویر کاشان و خاکستر باگاس نیشکر به عنوان جایگزین بخشی از سیمان

علیرضا پاچناری[1*]، علی احمدیان[2]، سید حسین مهاجری[3]

[1] گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

[2] کارشناس ارشد مهندسی سازه، دانشکده مهندسی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

[3] گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه خوارزمی، کرج، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: pachenaria@kashanu.ac.ir

چکیده فارسی

صنایع سیمان، فولاد و نیشکر در زمره صنایع مهم کشور و در عین حال دارای آلایندگی قابل توجه هستند. با کاهش مصرف سیمان از طریق جایگزینی بخشی از آن با موادی از قبیل پودر سرباره کوره آهن گدازی و یا باگاس نیشکر فرآوری شده می توان از آلودگی های زیست محیطی صنایع مذکور کاسته و برای پسماندهای ناشی از آنها ارزش افزوده ایجاد کرد. هدف از این مقاله امکان سنجی استفاده از نمونه پودر سرباره ارسالی شرکت سیمان کویر کاشان و نیز خاکستر باگاس نیشکر به عنوان جایگزین بخشی از سیمان مصرفی در صنعت ساختمان است. بدین منظور، ابتدا باگاس در کوره آزمایشگاهی با دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۹۰ دقیقه سوزانده شد. سپس نمونه های ملات بر پایه سیمان، در قالب ۳ سری طرح اختلاط، ساخته شده و پارامترهای مقاومت فشاری و شاخص فعالیت در سنین ۷ و ۲۸ روز اندازه گیری گردید. ارزیابی نتایج نشان داد که اگرچه پودر سرباره و خاکستر باگاس مورد بررسی هر دو دارای واکنش پذیری قابل قبول هستند اما پودر سرباره با داشتن ترکیبات شیمیایی مناسب، نرمی بالا و مقاومت فشاری ۲۸ روزه در حد ۹۱.۸ درصد نمونه شاهد، به عنوان گزینه بهتر معرفی گردید. ضمنا در طی این پروژه، کوره پرتابل گازی ساخته شده و برای بهینه سازی تولید خاکستر در آزمایش های تکمیلی آتی راه اندازی گردید.

مقدمه

بتن یکی از پرکاربردترین مصالح ساختمانی است. با این وجود برای تولید سیمان مورد نیاز جهت ساخت آن، آلایندگی زیادی به محیط زیست تحمیل می شود[۱]. از سوی دیگر، موادی مثل سرباره کوره آهنگدازی و باگاس نیشکر در احجام بسیار زیاد به عنوان یک محصول فرعی کم کاربرد و نسبتا ارزان به ترتیب در کارخانه های تولید فولاد و صنایع نیشکر در دسترس هستند. پودر سرباره و خاکستر باگاس فرآوری شده (به جای درصدی از سیمان مصرفی) می توانند به بهبود برخی از مشخصات بتن منجر شده و سایر خواص را نیز در حد قابل قبول نگه دارند [۲-۴]. همچنین کاربرد پودر سرباره، خاکستر باگاس نیشکر و یا ترکیبی از آنها در محصولات بر پایه سیمان، اثرات مثبتی بر مواردی از جمله ریز ساختار، دوام و کارایی به همراه داشته است [۸-۵]. در شرایط کنونی، ایجاد ارزش افزوده برای پسماندهای صنعتی و محصولات فرعی کارخانجات ضرورت دارد. با توجه به وجود شواهدی از کیفیت سرباره کوره ۳ ذوب آهن، در این پژوهش استفاده از درصد جایگزینی بالایی از پودر سرباره ارسالی کارخانه سیمان کویر کاشان در تولید ملات امکان سنجی می شود. ضمنا توضیحاتی درباره آغاز فرآوری باگاس نیشکر با هدف جایگزین آن با بخشی از سیمان مصرفی در صنعت ساختمان ارائه می گردد.

روش تحقیق

در این پژوهش از سیمان پرتلند تیپ ۱-۴۲۵ دلیجان استفاده شده است. سرباره از شرکت سیمان کویر کاشان تهیه و باگاس نیشکر در طی ۹۰ دقیقه در دمای حدود ۵۵۰ درجه سانتی گراد به خاکستر باگاس تبدیل گردید. در شکل ۱، نمایی از مصالح مصرفی و در جدول ۱، جزئیات طرح اختلاط به تصویر کشیده شده است. نمونه های ملات ساخته شده به طور کلی شامل دو دسته شاهد و حاوی مواد جایگزین با خاصیت شبه پوزولانی می باشند. جزئیات طرح اختلاط در جدول ۱ ذکر شده است. در نمونه های M-S50-B0و M-S0-B20، سرباره و خاکستر باگاس به ترتیب به میزان ۵۰ و ۲۰ درصد وزنی جایگزین سیمان مصرفی در ملات شده اند [۱۰و ۹]. پس از آماده سازی خاکستر، نمونه هایی مکعبی برای طرح های اختلاط مورد نظر ساخته شد. پس از عمل آوری، مقاومت فشاری در سنین ۷ و ۲۸ روزه اندازه گیری گردید[۱۱]. با تقسیم مقاومت فشاری ملات حاوی مواد با خاصیت پوزولانی (سرباره یا خاکستر باگاس) بر مقاومت فشاری ملات شاهد، شاخص فعالیت تعیین شده و کیفیت ماده جایگزین سیمان تعیین گردید. در شکل ۲ نمایی از کوره ها و جک ملات شکن نمایش داده شده است.

جدول ۱: مقدار مواد مصرفی برای ساخت یک سری از هر یک از طرح‌های اختلاط (گرم)

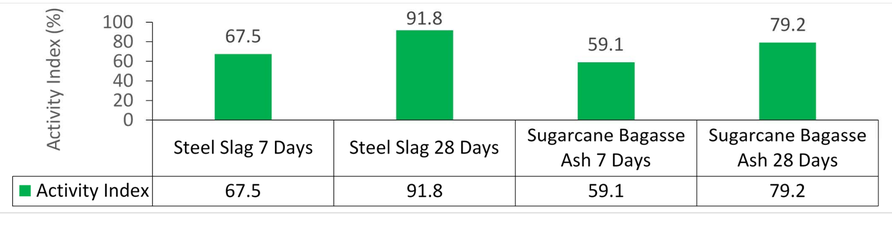
نام طرح	ماسه	سیمان	سرباره	خاکستر باگاس	آب
M-S0-B0	۱۳۷۵	۵۰۰	۰	۰	۲۴۳
M-S50-B0	۱۳۷۵	۲۵۰	۲۵۰	۰	۲۹۰.۵
M-S0-B20	۱۳۷۵	۴۰۰	۰	۱۰۰	۲۹۰.۵

شکل ۱: نمایی از پودر سرباره، باگاس و خاکستر باگاس مصرفی

شکل ۲: از راست به چپ: جک ملات شکن، کوره الکتریکی، کوره گازی آجری و کوره گازی پرتابل برای بهینه سازی فرآیند تولید خاکستر

نتایج و بحث

در شکل ۳ شاخص فعالیت سرباره فولاد و خاکستر پسماند نیشکر در سنین ۷ و ۲۸ روزگی نمایش داده شده است. شاخص مذکور برای پودر سرباره از ۶۷.۵ درصد در سن ۷ روزگی به ۹۱.۸ درصد در سن ۲۸ روزگی رسیده است که این موضوع نشان دهنده قابلیت بالای سرباره مورد آزمایش در انجام فعالیت های پوزولانی و تکمیل واکنش های هیدراتاسیون خصوصا در نزدیکی سن ۲۸ روزگی می باشد. این موضوع را می توان علاوه بر ترکیبات شیمیایی مناسب سرباره مورد بررسی به نرمی بالای پودر آن حتی در قیاس با سیمان های متداول نسبت داد. پایین تر بودن شاخص فعالیت در نمونه های حاوی خاکستر باگاس نشان می دهد که واکنش های مقاومت زا حتی در سنین اولیه نیز نتوانسته اند به طور کامل شکل بگیرند. ضمنا ادامه واکنش ناقص هیدراتاسیون سیمان باعث شده که در سن ۲۸ روزگی نیز اختلاف با مقاومت فشاری نمونه شاهد در قیاس با نمونه حاوی سرباره فاصله بیشتری پیدا کند. از آنجا که روشن شدن رنگ خاکستر باگاس در کوره علامت مهمی از فعال شدن خاصیت واکنش پذیری آن است [۶]، احتمال بروز یکی از حالات زیر دور از ذهن نیست: پخش غیر یکنواخت ذرات خاکستر در کل نمونه، درشت بودن ذرات خاکستر، نیاز به فرآوری کامل تر خاکستر باگاس در کوره (از طریق اعمال دمای بالاتر یا مدت زمان مانایی بیشتر) و یا تغییر در نوع کوره مورد استفاده.



شکل ۳: شاخص فعالیت سرباره و خاکستر پسماند نیشکر در سنین ۷ و ۲۸ روز

English Abstract

Cement, steel and sugarcane industries are among the most important industries but cause considerable pollution. Replacing cement by materials such as blast furnace slag and sugarcane bagasse ash not only reduces environmental issues, but also creates value added for these by-products. This paper aims to investigate the feasibility of using slag powder samples sent by Kavir Kashan Cement Company and sugar cane bagasse ash as a substitute for a part of cement used in the construction industry. In this way, the bagasse was first burned in a furnace at 550°C for 90 minutes. Cement-based mortar samples were then constructed in 3 series of mixing designs. Compressive strength and activity index were then measured at 7 and 28 days of age. Evaluation of the results showed that although both slag powder and bagasse ash have acceptable reactivity, slag powder was introduced as a better option due to its suitable chemical composition, high softness and 28-day compressive strength about 92 percent of the control specimen. Additionally, during this project, a portable gas furnace was built to optimize ash production in future experiments.

Keywords: Cement mortar, furnace, Steel slag powder, Sugarcane bagasse ash, Compressive strength, Activity index

نتیجه گیری

در این مقاله، سه سری طرح اختلاط ملات شامل نمونه های ۷ و ۲۸ روزه شاهد، حاوی ۵۰ درصد پودر سرباره تولیدی شرکت سیمان کویر کاشان و دارای ۲۰ درصد خاکستر باگاس نیشکر ساخته شده و پارامترهای مقاومت فشاری و شاخص فعالیت نمونه های استاندارد تعیین و مورد بحث قرار گرفت. فرآوری خاکستر باگاس شامل استفاده از کوره الکتریکی با دمای حدود ۵۵۰ درجه و به مدت ۹۰ دقیقه و سپس انجام آسیاب بوده است. بر پایه یافته ها، اهم نتایج حاصله به شرح زیر می باشند:

- هر ۲ ماده پودر سرباره مورد بررسی و خاکستر باگاس تهیه شده دارای قابلیت کاربرد به عنوان جایگزین بخشی از سیمان مصرفی در بتن را دارا هستند.
- پودر سرباره مورد بررسی به دلیل داشتن ترکیبات شیمیایی مناسب همراه با نرمی بالا، به شاخص فعالیت ۲۸ روزه حدود ۹۱.۸ درصد منجر گردید.
- مقاومت فشاری و شاخص فعالیت نمونه های حاوی خاکستر باگاس در قیاس با نمونه های حاوی پودر سرباره کمتر بوده و برای تجاری سازی استفاده از آنها نیاز به بهبود و تکمیل فرآیند تولید خاکستر و پخش آنها در نمونه های ساخته شده وجود دارد. از این رو فرآیند ساخت کوره گازی پرتابل در آزمایشگاه دانشگاه کاشان تکمیل گردیده و نتایج آزمایش های صورت گرفته با آن ان شاء الله به زودی منتشر خواهد شد.

سپاسگزاری

لازم است تا مراتب قدردانی صمیمانه مولفین از آقای دکتر حمیدرضا ذوالفقارپور که پروژه تجاری سازی کاربرد پسماندهای نیشکر در بتن با همفکری و مساعدت های مستمر ایشان در حال پیگیری است اعلام شود. همچنین از مدیران محترم شرکت سیمان کویر کاشان و شرکت کشت و صنعت کارون برای تهیه و حمل مصالح مورد نیاز و از آقای مهندس امیرعلی آریانا بابت نقش آفرینی در ساخت کوره پرتابل گازی تشکر می گردد.

منابع

[۱] Behera M, Bhattacharyya SK, Minocha AK, Deoliya R, Maiti S. Recycled aggregate from C&D waste & its use in concrete–A breakthrough towards sustainability in construction sector: A review. Construction and building materials. 2014 Oct 15;68:501-16.

[۲] Qasrawi H. The use of steel slag aggregate to enhance the mechanical properties of recycled aggregate concrete and retain the environment. Construction and Building Materials. 2014 Mar 15;54:298-304.

[۳] Khalil MJ, Aslam M, Ahmad S. Utilization of sugarcane bagasse ash as cement replacement for the production of sustainable concrete–A review. Construction and Building Materials. 2021 Feb 8;270:121371.

[۴] Li B, Hang MY, Dong SF. Experimental study of slag powder fineness effect on concrete performance. Applied Mechanics and Materials. 2013 Dec 5;405:2631-4.

[۵] Liu J, Guo R. Applications of steel slag powder and steel slag aggregate in ultra-high performance concrete. Advances in Civil Engineering. 2018;2018:1-8.

[۶] Bayapureddy Y, Muniraj K, Mutukuru MR. Sugarcane bagasse ash as supplementary cementitious material in cement composites: strength, durability, and microstructural analysis. Journal of the Korean Ceramic Society. 2020 Sep;57:513-9.

[۷] Kumar DS, Chethan K, Kumar BC. Effect of elevated temperatures on sugarcane bagasse ash-based alkali-activated slag concrete. Sugar Tech. 2021 Apr;23(2):369-81.

[۸] Martins AC, De Carvalho JM, Costa LC, Andrade HD, de Melo TV, Ribeiro JC, Pedroti LG, Peixoto RA. Steel slags in cement-based composites: An ultimate review on characterization, applications and performance. Construction and Building Materials. 2021 Jul 12;291:123265.

[۹] ASTM C989, Standard Specification for Slag Cement for Use in Concrete and Mortars.

[۱۰] ASTM C618, Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete.

[۱۱] ASTM C109, Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens).