تحقیقات بتن
سال یازدهم، شمارهٔ دوم
تابستان ۹۷
ص ۱۰۳ – ۹۵
تاریخ دریافت: ۹۵/۵/۲۱
تاریخ پذیرش: ۹۶/۹/۲۰

تأثیر غلظت مولاریته محلول سود سوزآور و نسبت مقدار آب شیشه به سود بر مقاومت فشاری و جذب آب حجمی بتن فعال شده قلیایی بر پایه سرباره کوره آهنگدازی

محمد حسین نوفلاح
کارشناس ارشد سازه، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی – تهران مرکزی
محمد حسن رامشت*
استادیار دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی – تهران مرکزی

چکیده

بتن فعال شده قلیایی یک ماده جدید و نوین در صنعت ساخت و ساز دارای عملکرد و کارایی مطلوب بوده که با مصرف پوزولان‌های طبیعی و پسماندهای صنعتی حاوی آلومیناسیلیکات، سازگار با محیط زیست می‌باشدو می‌تواند به عنوان یک ماده جایگزین در مقابل انتشار آلودگی ناشی از تولید سیمان‌های پرتلند برای تولید بتن مورد استفاده قرار گیرد. از سوی دیگر خصوصیات مکانیکی و دوامی این بتن تحقیقات بیشتر در مورد عوامل موثر بر این دو مشخصه را حائز اهمیت گردانیده است. در این مقاله سعی بر مطالعه‌ی ساخت بتن های پر مقاومت بر پایه سرباره کوره آهنگدازی با استفاده از محلول قلیایی فعال کننده پایه سدیم گردیده است که در آن سه غلظت مختلف ۱۸/۷۵ ،۱۵و ۱۱/۲۵ مولار محلول هیدروکسید سدیم و سه نسبت ترکیبی سیلیکات سدیم به هیدروکسید سیدیم برابر با ۲ ، ۲/۵ و۳ مورد بررسی قرار گرفته اند. همچنین نسبت آب به مواد بیندر در کلیه طرح ها ثابت در نظر گرفته شده است.در این تحقیق عمل‌آوری نمونه‌ها به صورت مستغرق در آب در دمای محیط بوده وآزمونه‌های هر طرح در سنین ۱، ۳، ۷، ۱٤ ، ۲۱ ، ۲۸ و ٤۲ روزه شکسته شده اند که نشان می‌دهد با کاهش غلظت محلول هیدروکسید سدیم به۱۱/۲۵ مولار خواص مکانیکی و این بتن کاهش می‌یابد و این در حالی است که با کاهش غلظت مولاریته محلول هیدروکسید سدیم از ۱۸/۷۵به ۱۵ تغییرات چشمگیری در مقاومت مشاهده نمی‌گرددو آزمایش جذب آب حجمی در سن ۲۸ روزگی بر روی نمونه‌های هر طرح مخلوط صورت گرفته است. آزمایش جذب آب ۳۰ دقیقه ای، جذب آب ٢٤ ساعته و جذب آب نهایی بر روی نمونه‌ها نشان دهنده آن است که افزایش غلظت هیدروکسید سدیم منجر به کاهش جذب آب این بتن‌ها می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بتن فعال شده قلیایی ، سرباره کوره اهنگدازی، غلظت مولاریته، هیدروکسید سدیم ، سیلیکات سدیم، جذب آب حجمی.

* نویسنده مسئول: mhramesht@yahoo.com

۱- مقدمه

رشد روز افزون صنعت ساخت و ساز در حوزهٔ سازه‌های بتنی که موجب شده است این ماده به‌عنوان یکی از پرمصرف‌ترین مواد در قرن اخیر شناخته شود، افزایش میزان تقاضا برای تولید و مصرف سیمان‌های پرتلند را در پی داشته است [۱]، این در حالی است که از یک سو تولید سیمان‌های پرتلند علاوه بر مصرف منابع طبیعی چون سنگ آهک ، مصرف سوخت‌های فسیلی و انرژی الکتریکی، سبب انتشار مقدار قابل‌توجهی از گازهای گلخانه‌ای و در نتیجه آلودگی زیست‌محیطی می‌شوند و از سویی دیگر امروزه تفکر، توجه و تلاشی جدی در راستای حفظ محیط زیست امری اجتناب ناپذیر و غیر قابل انکار می‌باشد [۲و۳]. از این رو در دو دهه‌ی اخیر بتن فعال شده قلیایی با عمکردی بالا وهزینه‌ی ساخت پایین به عنوان دوست‌دار محیط زیست با قابلیت جای‌گزینی برای بتن‌های ساخته شده با سیمان معمولی مطرح شده است [۴، ۵ و ۶].

در گزارش تحقیقات انجام شده درباره ساختار محصول فعال‌سازی سرباره کوره آهنگدازی یک اجماع بر سر این موضوع وجود دارد که محصول اصلی این واکنش یک نوع ژل (CASH) با جای‌گزینی آلومینیوم با مقداری توبرموریت (سیلیکات کلسیم هیدارته) شبیه به نوع ساختار CSHاست [۷، ۸ و ۹].

مصالح غیر آلی آلومیناسیلیکاتی [۱۰] می‌توانند دریک فرآیند شیمیایی [۵] گسترهٔ وسیعی از پسماندهای صنعتی مانند سرباره کوره آهنگدازی ، خاکستر بادی، خاکستر مواد سوختی، خاکستر پوستهٔ برنج، متاکائولن، پوزولان‌های طبیعی و هر منبعی که دارای آلومیناسیلیکات آمورف باشد[۷] را به تولیدات ساختمانی تبدیل کند [۱۱ و ۱۲].

بتن‌های فعال شده قلیایی همچنین از خواص مکانیکی بسیار خوبی همچون مقاومت فشاری بالا، مقاومت سایشی بالا، مقاومت در برابرحمله‌های سولفاتی و اسیدی، گیرش سریع، مقاومت در برابر دمای بالا، عدم شرکت در واکنش با سنگدانه‌های مصرفی ونفوذ پذیری پایین ، محافظت بالا از فولاد در برابر خوردگی برخوردار می‌باشد [۱۳ و ۱۴].

ساختار و ترکیب محصول (CSAH) گونه که بر اثر فعال‌سازی سرباره به‌دست می‌اید به شدت تحت‌تأثیر خواص فعال‌کننده مصرفی قرار دارد. CSAHتولید شده از ترکیب واکنش سرباره در محلول (NAOH) دارای نسبت کلسیم به سیلیس بیشتر بوده و ساختار منظم‌تری نسبت ژل (CSAH) ساخته در فعال‌سازی سرباره به وسیلهٔ سیلیکات‌ها دارد و این موضوع به‌دلیل افزایش سیلیکات-های موجود در محلول فعال‌کننده سیلیکاتی است [۱۵ و ۱۶].

محلول فعال کنندهٔ قلیایی_سلیکاتی شامل یک محلول هیدروکسید قلیایی همچون سدیم هیدروکسید (NaOH) ، پتاسیم هیدروکسید (KOH)و کلسیم هیدروکسید ($Ca(oH)_2$) به تنهایی، یا یک محلول دوترکیبی شامل یک هیدروکسید قلیایی به همراه محلول سلیکاتی مثل سدیم سیلیکات (Na_2SiO_3) یا پتاسیم سیلیکات (K_2SiO_3) با نسبت‌های مولی و وزنی مشخص می‌شد .مطالعات نشان می‌دهد نوع هیدروکسید قلیایی (MOH)(که M نوع کاتیون قلیایی می‌باشد) ، غلظت آن(مولاریته)و همچنین نسبت‌های محلول دوترکیبی که شامل نسبت وزنی M_2SiO_3 / MOH یا نسبت مولی SiO_2/M_2O می‌باشد، نقش بسیار مهمی را بر ویژگی‌های شیمیایی و مکانیکی و دوامی این بتن ها دارد[۱۷ و ۱۸].

تغییر در خواص بتن‌های فعال شده قلیایی تنها به محلول فعال کننده‌ها محدود نمی‌شود، مقادیر واکنش پذیرSi و Alموجود در پودر، مقدارمولکول‌های آب و نسبت‌های مولی کل همچون SiO_2/Al_2O_3و $M_2O/SiO2$و H_2O/M_2O در تشکیل ژل ساختار(M-A-S-H M کاتیون قلیای، A اکسید آلومنیوم، S اکسید سلیس، H آب)تأثیر نهایی را می‌گذارند [۵، ۱۹ و ۲۰].

این مواد به‌عنوان یک مادهٔ جدید با مزیت‌های آنچه که ذکر شد برای شناخت بیشتر و توسعهٔ بهتر همچنان نیاز به تحقیقات گسترده دارد چرا که نتایج به‌دست آمده هنوز قاطع و نهایی نیستند و از نگاهی دیگر ارائه، انتشار و گسترش آن با مواد و مصالح بومی و موجود در کشورمان در راستای توسعهٔ این تکنولوژی نوین، تحقیق امری ضروری به‌نظر می‌رسد.از این سبب در پژوهش انجام شده طرح‌ها با غلظت‌های مولاریته ۱۸/۷۵ ،۱۵ و ۱۱/۲۵ که معادل محلول هیدروکسید سدیم با غلظت ماده جامد ۵۰ ٪ ،۴۰٪ و ۳۰٪ می‌باشد و همچنین نسبت‌های ۲ ، ۲/۵ و ۳ مقدار محلول سیلیکات سدیم به هیدروکسید سدیم مورد بررسی قرار گرفته اند.و باقی پارامترهای مؤثر از قبیل آب به ذرات چسباننده(بیندر) نسبت حجم محلول فعال‌کننده به ذرات چسباننده و ... ثابت حفظ شده تا تأثیر پارامترهای مذکور در ابتدا بررسی شود.

۲- برنامه آزمایشگاهی

۲-۱- مواد و مصالح

۲-۱-۱- بیندر

از سرباره کوره آهنگدازی به‌عنوان منبع آلومینو سیلیکاتی برای این بتن استفاده گردید. این سرباره پسماند تولید فولاد شرکت ذوب آهن اصفهان بوده که در کارخانه سیمان سپاهان آسیاب گردیده و به بلین برابر با ۴۵۰۰ رسیده است. آنالیز شیمیایی این سرباره توسط دستگاه XRF انجام گردیده که در جدول شماره ۱ قابل ملاحظه می‌باشد.

جدول ۱- آنالیز شیمیایی سرباره کوره آهنگدازی(درصد وزنی)

نوع اکسید	درصد وزنی
SiO2	۳۲
Al2O3	۱۵
Fe2O3	۲
CaO	۳۹
MgO	۹
SO3	۲
K2O	۰/۵
Na2O	۰/۴

۲-۱-۲- محلول قلیایی-سیلیکاتی

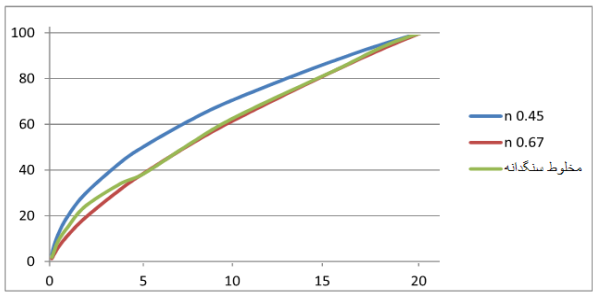
محلول قلیایی-سیلیکاتی این بتن متشکل از سیلیکات سدیم با غلظت ۵۰ درصد ماده جامد و مدول آن برابر با ۲/۳ می‌باشد.(نسبت اکسید سدیم به اکسید سیلیسوم) چگالی اندازه‌گیری شده سیلسکات سدیم برابر۱۵۰۲کیلوگرم بر متر مکعب باشد. همچنین هیدروکسید مصرفی طرح‌ها تهیه شده از هیدروکسید مایع تولیدی صنایع پتروشیمی بندر اما با درصد ماده خشک ۵۰٪ بوده که معادل با غلظت مولاریته ۱۸/۷۵ می‌باشد و خلوص کل محلول در حدود ۹۸٪ تخمین زده شده است.

۲-۱-۳ - آب

آب مصرفی برای ساخت بتن آب شرب تهران بوده است.

۲-۱-٤- سنگدانه

سنگ‌دانه مصرفی برای ساخت بتن تهیه شده با نسبت ماسه به شن ۱/۵ می‌باشد و نسبت شن درشت‌دانه به شن ریزدانه برابر با ۱ می‌باشد.(۶۰٪ ماسه ، ۲۰ ٪ شن بادامی و ۲۰ ٪ شن نخودی) مدول نرمی ماسه برابر با ۵/۱۹ می‌باشد و حداکثر سایز سنگ‌دانه برابر با ۱۹ میلیمتر می‌باشد. دانه‌بندی سنگ‌دانه مصرفی بین منحنی‌های با توان ۰/۴۵ و ۰/۶۷ فرمول فولر-تامسون اصلاح شده قرار دارد.



شکل ۱- دانه‌بندی سنگ‌دانه

۲-۲- اختلاط مواد و ساخت بتن

در این پژوهش عیار سرباره برای تمامی طرح‌ها برابر با ۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب در نظر گرفته شده است.نسبت آب به بیندر(تمامی مواد پودری اعم از سرباره کوره آهنگدازی و مقدار ماده خشک موجود درمحلول قلیایی-سیلیکاتی که در عمل واکنش شرکتمی کنند) برابر با ۰/۳۵در نظر گرفته شده است. نسبت جرمی محلول فعال‌کننده قلیایی-سیلیکاتی به سرباره برابر با ۰/۵۶در نظر گرفته شده است. و با تغییر غلظت مولار محلول هیدروکسید سدیم از۱۸/۷۵ (حالت خالص) که محلولی با غلظت ۵۰٪ هیدروکسید جامد در واحد حجم می‌باشد به ۱۵ و۱۱/۲۵ مول بر لیتر که به ترتیب معادل ۴۰٪ و ۳۰ ٪ ماده خشک می‌باشد تغییر میزان غلظت در مشخصات بتن مورد بررسی قرار گرفت. از سوی دیگر با تغییر نسبت سیلیکات سدیم به هیدروکسید سدیم مقدار محلول سیلیکاتی تغییر کرده تا نتایج این تغییر بر ساختار بتن بررسی گردد.

برای محلول‌های هیدروکسید سدیم با غلظت‌های کمتر با اضافه کردن آب سرد به محلول خالص تهیه گردیده است و پس از شفاف شدن محلول هم دما شدن با محیط در ساخت بتن مورد استفاده قرار گرفته اند. . محلول هیدروکسید سدیم و سیلیکات سدیم هریک در ظروف جدا نگهداری شده و در زمان اختلاط به صورت مجزا به بتن اضافه گردیدند.

۲-۲-۱- مراحل ساخت بتن

برای ساخت بتن ابتدا سنگ‌دانه و مواد پودری به آرامی با یکدیگر به‌مدت ۶۰ ثانیه مخلوط شده و سپس محلول فعال‌کننده و پس از آن

آب به‌عنوان آخرین جز به بتن اضافه گردید. بتن به مدت زمان ۳- ۴ دقیقه جهت تشکیل بتن یکنواخت و همگن در خلاطه مخلوط گردیده است. برای نمونه‌گیری از بتن از مکعب‌های ۱۰ سانتیمتری چدنی استفاده گردیده است. شایان ذکر است که استفاده از قالب‌های آلومینیومی از جهت واکنش پذیری با بتن و اسیب دیدن قالب‌ها و از سوی دیگر تغییر احتمالی در خواص بتن به هیچ عنوان توصیه نمی-گردد. باتوجه به سرعت بالای گیرش و سخت شدن این بتن پس از طی ۱ ساعت اماکن باز کردن قالب‌ها از نمونه‌ها وجود دارد.

۲-۲-۲- طرح مخلوط نمونه‌ها

در جدول ۲ نسبت‌ها و مقادیر طراح مخلوط‌ها قابل ملاحظه می‌باشد.

۲-۲-۳- شرایط عمل آوری

نمونه‌ها پس از باز شدن از قالب برای حفظ رطوبت و ایجاد شرایط عمل آوری رطوبتی-دمایی یکسان برای تمامی طرح‌ها به‌صورت مستغرق در اب عمل آوری شده اند.

۳- آزمایش ها و نتایج تحلیل داده‌ها

۳-۱- آزمایش بتن تازه

۳-۱-۱- روانی بتن تازه و مقدار پخش شدگی

میزان روانی بتن قبل از نمونه‌گیری به دلیل روانی بالا طرح‌های اجرا شده توسط آزمایش اسلامپ فلو طبق استاندارد ASTM C-1611 سنجیده شده و بازه روانی تمامی طرح‌ها در بازه ۶۳-۶۵ سانتی‌متر بازشدگی با زمان ۳/۵ تا ۴/۵ثانیه قرار دارند.

۳-۲- آزمایش بتن سخت شده

۳-۲-۱- مقاومت فشاری

آزمایش مقاومت فشاری نمونه‌ها در سنین ۱ (۲۴ ساعت)، ۳، ۷، ۱۴ ،۲۱، ۲۸ و ۴۲ روزه توسط جک مکانیکی با سرعت بارگذاری ۴۶۰ کیلوگرم بر ثانیه بر روی نمونه‌ها انجام گردیده که از هر نمونه تعداد ۲ آزمونه شکسته شده درو میانگین نتایج در شکل ۲ قابل ملاحظه است.

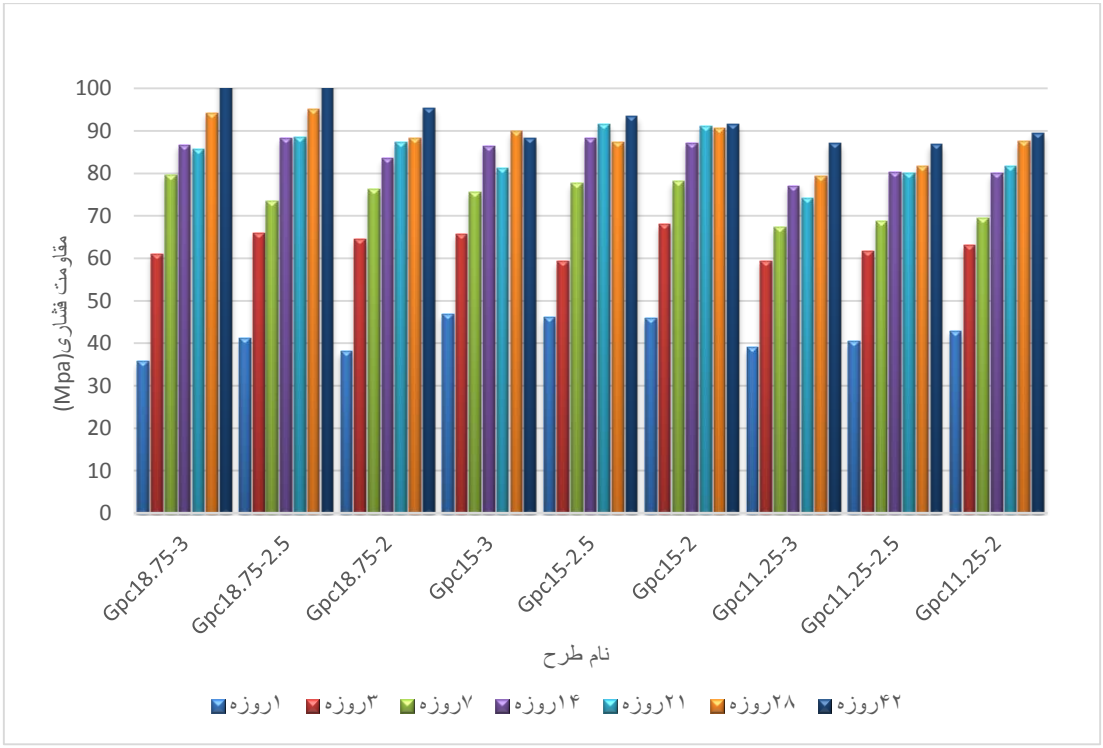
۳-۲-۲- جذب آب حجمی

جهت انجام آزمایش جذب آب حجمی از نمونه‌های ۱۰*۱۰* ۱۰ سانتی‌متری استفاده گردید که تمامی نمونه‌ها در شرایط برابر عمل-آوری شده و آزمایش جذب آب حجمی پس از گذشت ۲۸ روز از سن نمونه‌ها انجام گردیده است. ابتدا سطح تمامی نمونه‌ها تمیز گشته و سپس در داخل اون ۱۱۰ درجه قرار گرفته تا زمانی‌که تمامی نمونه‌ها به وزن ثابت برسند و کاملا خشک شوند. وزن نمونه‌های خشک اندازه‌گیری شده و سپس در داخل آب در دمای محیط مستغرق شده اند و پس از گذشت ۰/۵ و ۲۴ ساعت از آب خارج شده،آب سطحی آن‌ها جمع آوری و توزین میگردند و سپس به داخل آب بازگردانده شده به وزن ثابت برسند و میزان جذب آب نهایی آن‌ها مشخص گردد. حجم نمونه‌های اشباع با سنجش وزن غوطه وری حجم آن‌ها محاسبه گردیده است و نتایج زیر حاصل گردیده است.

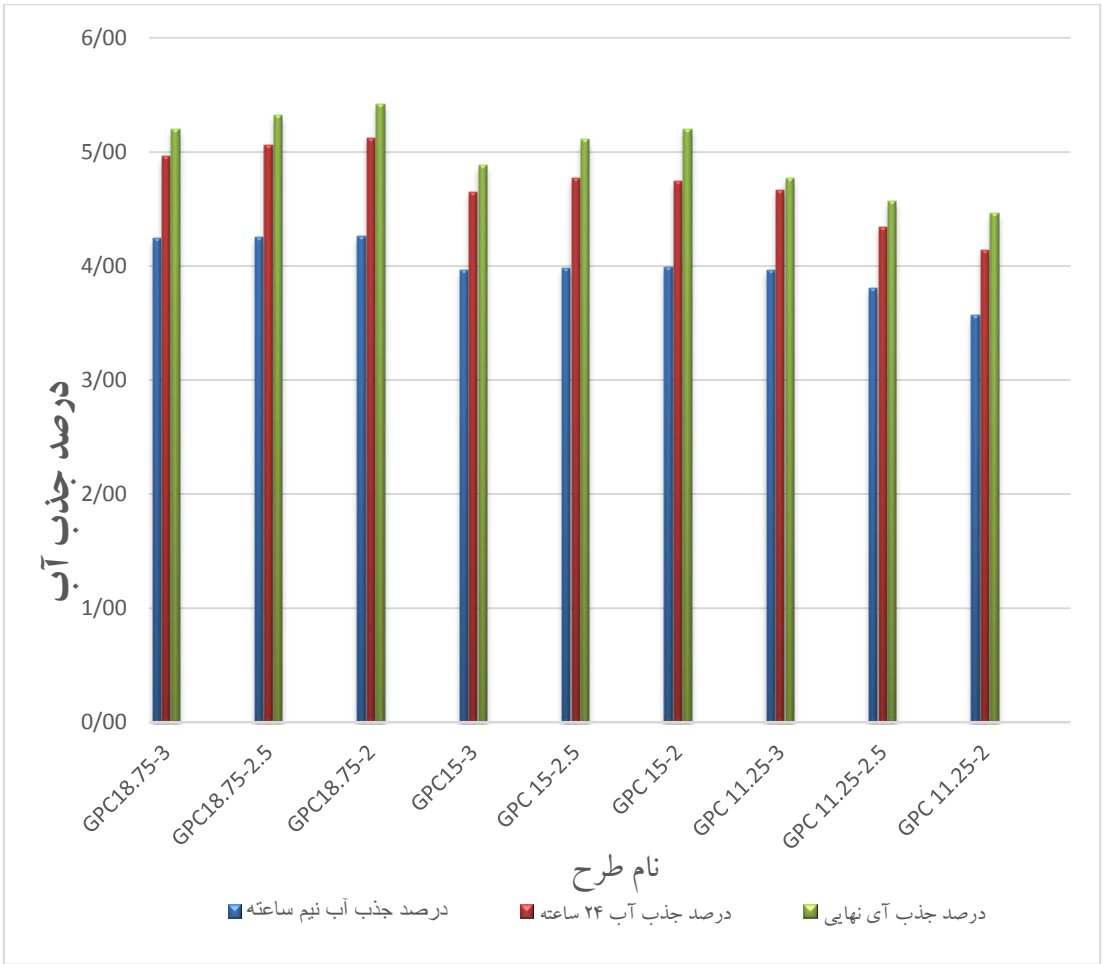
جدول ۲- طرح مخلوط بتن‌های ساخته شده

نام طرح	عیار سرباره (kg)	جرم محلول فعال کننده (kg)	غلظت مولار هیدروکسید سدیم (مولار)	نسبت مقدار سیلیکات سدیم به هیدروکسید سدیم	مقدار هیدروکسید سدیم (kg)	مقدار سیلیکات سدیم (kg)
Gpc18.75-3	۴۰۰	۲۲۴	۱۸/۷۵	۳	۵۰	۱۵۰
Gpc18.75-2.5	۴۰۰	۲۲۴	۱۸/۷۵	۳	۵۷	۱۴۳
Gpc18.75-2	۴۰۰	۲۲۴	۱۸/۷۵	۳	۶۷	۱۳۳
Gpc15-3	۴۰۰	۲۲۴	۱۵	۲/۵	۵۰	۱۵۰
Gpc15-2.5	۴۰۰	۲۲۴	۱۵	۲/۵	۵۷	۱۴۳
Gpc15-2	۴۰۰	۲۲۴	۱۵	۲/۵	۶۷	۱۳۳
Gpc11.25-3	۴۰۰	۲۲۴	۱۱/۲۵	۲	۵۰	۱۵۰
Gpc11.25-2.5	۴۰۰	۲۲۴	۱۱/۲۵	۲	۵۷	۱۴۳
Gpc11.25-2	۴۰۰	۲۲۴	۱۱/۲۵	۲	۶۷	۱۳۳

* در نام‌گذاری طرح‌ها عدد اول نشان‌دهنده غلظت محلول هیدروکسید سیدم و عدد دوم مقدار نسبت سیلیکات سدیم به هیدروکسید سدیم می‌باشد.



شکل ۲- نتایج مقاومت فشاری نمونه‌ها در سنین مختلف



شکل ۳- مقادیر جذب آب نمونه‌ها

٤- آنالیز و تحلیل نتایج

٤-١- مقاومت فشاری

مشاهده می‌شود که بتن‌های فعال شده قلیایی پایه سرباره مقاومت فشاری بالایی در سنین نخستین کسب می‌کنند و پس از گذشت ۲۴ ساعت از زمان نمونه‌گیری تمام نمونه‌ها به مقاومتی بیش از ۳۵ مگاپاسکال دست یافته و آماده بار گذاری می‌شوند. از سوی دیگر نتایج نشان دهنده آن است که نمونه‌ها پس از گذشت ۷ روز از زمان ساخت رشد مقاومتی در حدود ۷۰ مقاومت نهایی خود را کسب می‌کنند. و این روند رشد همچنان با گذشت زمان ادامه می‌یابد.

در سنین بین ۱۴ تا ۲۱ روزگی این بتن نرخ رشد به سمت صفر میل کرده و می‌توان گفت که افزایش مقاومت متوقف می‌شود.

محدودهٔ کلی مقاومت‌های فشاری نمونه‌ها در حدود ۸۰ تا ۱۰۰ مگاپاسکال می‌باشد که نشان دهنده آن است که عامل اصلی در میزان مقاومت فشاری نسبت آب به بیندر کل می‌باشد.

نتایج نشان می‌دهند که که تغییر غلظت محلول هدروکسید سدیم باعث ایجاد تغییر در مقاومت فشاری نمونه‌ها شده است. با کاهش غلظت از ۱۸/۷۵ به ۱۵ مولار مقاومت نمونه‌ها مقدار ناچیزی کاهش یافته است که این کاهش در حدود ۵ درصد می‌باشد. این در حالی است که تفاوت غلطت در این دو طرح در حدود ۲۰ درصد مقدار بیشینه می‌باشد. و همچنین در مقایسه بتن‌های ساخته شده با غلظت ۱۵ مولار با بتن‌های دسته سوم با غلظت مولاریته برابر با ۱۱/۲۵ مقاومت فشاری تغییر بیشتری را نشان می‌دهند. که میزانی در حدود ۱۵-۲۰ ٪ کاهش مقاومت را سبب گردیده است. کاهش غلظت مولاریته از ۱۸/۷۵ به ۱۱/۲۵ باعث کاهش ۴۰ درصدی غلظت محلول اولیه شده و این کاهش غلظت تأثیر بسزایی در قیمت تمام شده بتن ساخته شده می‌گذارد.

در تحلیل تأثیر نسبت محلول سیلیکات سدیم به محلول هیدروکسید سدیم این نکته حائز اهمیت است که در طرح‌های دسته اول و دوم که غلظت محلول هیدروکسید زیاد بوده کاهش این نسبت تأثیر چندانی در مقاومت فشاری نمونه‌ها را سبب نگردیده در حالی‌که در دسته سوم با کاهش این نسبت افزایش مقاومت را خواهیم داشت که نشان دهنده آن است که کم بودن میزان هیدروکسید سدیم بسان عاملی محدود کننده عمل کرده ومقاومت را متأثر می‌سازد.

در تمامی طرح‌ها ملاحظه می‌شود که رشد مقاومت در سن ۱۴ تا ۲۱ روزگی متوقف گریده است. در برخی موارد مشاهده می‌شود که مقاومت نمونه‌ها در سن ۲۱ روزگی از مقاومت آنها در ۱۴ روزگی کمتر گردیده است که این موضوع بر اثر خطای اندازه-گیری در آزمایش لحاظ گردیده است.

٤-٢- جذب آب حجمی

همانطور که در نتایج ملاحظه می‌شود جذب آب نیم ساعته تمامی نمونه‌ها بالا بوده و درصد زیادی از مقدار آب جذب شده را در این زمان جذب می‌نمایند. از سوی دیگر پس از گذشت ۲۴ ساعت از زمان مستغرق نمودن نمونه‌ها در آب بیش از ۹۰ درصد میزان ظرفیت جذب آب نمونه‌ها اشباع گردیده و این مقدار فرق ناچیزی با میزان جذب آب نهایی نمونه‌ها دارد.

از سوی دیگر در مقایسه بتن‌های ساخته شده با یکدیگر شاهد آن هستیم که با کاهش غلظت مولاریته محلول هیدروکسید سدیم(سود) میزان جذب آب نمونه‌ها کاهش پیدا کرده است.

جذب آب نیم ساعته طرح‌های ساخته شده با غلظت مولاریته برابر تقریبا یکسان بوده و نشان می‌دهد که تغییر نسبت سیلیکات سدیم به هیدروکسید سدیم در طرح مخلوط آن‌ها تأثیر ناچیزی بر جذب آب اولیه نمونه‌ها دارد.

٥- نتیجه گیری

براساس مشاهدات و نتایج به‌دست آمده در این پژوهش این نتیجه حاصل می‌گردد که:

۱-بتن‌های فعال شده قلیایی بر پایهٔ سرباره کوره آهن گدازی دارای گیرشی سریع و مقاومت مطلوبی بوده که در همان روزهای نخستین مقاومت بالایی را از خود نشان می‌دهند و قابلیت آن را دارند که بتوانند به‌عنوان یک مادهٔ جدید، جای‌گزینی برای بتن‌های ساخته شده با سیمان‌های پرتلند باشند.

۲- روند رشد کسب مقاومت بتن فعال شده قلیایی بر پایه سرباره در روزهای نخستین بسیار سریع بوده و این بتن مقاومتی در حدود ۷۰ درصد مقاومت فشاری نهایی خود را در ۷ روزه ابتدایی استحکام بتن کسب می‌نماید.

۳-رشد مقاومتی این بتن در سن ۱۴ الی ۲۱ روزگی بتن تقریبا متوقف گردیده است.اما طبق نتایج مشاهده می‌شود که بتن تا سن

۲۸ روزگی مجدد شروع به سخت شدن می‌نماید و افزایش مقاومت را شاهد می‌باشیم.

۴ -در این مطالعه با ثابت نگه داشتن نسبت آب به ذرات چسباننده دربتن مشاهده می‌گردد که با کاهش غلظت مولاریته محلول هیدروکسید سدیم از ۱۸/۷۵به ۱۵ مول بر لیتر مقاومت فشاری کاهش کمی پیدا کرده اما با کاهش این متغیر به ۱۱/۲۵ مول بر لیترکاهش مقاومت محسوس‌تر می‌گردد.

۵- کاهش نسبت مقدار سیلیکات سدیم به هیدروکسید سدیم در غلظت ۱۱/۲۵مولار باعث افزایش مقاومت می‌شود اما در غلظت‌های مولاریته ۱۵ و ۱۸/۷۵ تأثیر چندانی ندارد.

۶- ساخت بتن‌های فعال شده قلیایی از نقطه نظر مهندسی و مشخصه‌های مکانیکی بسیار توجیح پذیر بوده اما از نقطه‌نظر اقتصادی به دلیل پایین بودن قیمت سیمان پرتلند در کشور هزینه تمام شده بالا تری را برای ساخت تحمیل می‌کند. زین سبب می‌توان با کاهش غلظت محلول هیدروکسید سدیم بدون کاهش چشمگیر در مقاومت مکانیکی هزینه ساخت این بتن را تا حدود ۱۷ درصد کاهش داد.

۷- جذب آب نیم ساعته تمامی نمونه‌ها بالا بوده و درصد زیادی از مقدار آب جذب شده را در این زمان جذب می‌نمایند

۸- جذب آب نیم ساعته طرح‌های ساخته شده با غلظت مولاریته برابر به استثنای غلظت ۱۱/۲۵تقریبا یکسان بوده و نشان می‌دهد که تغییر نسبت سیلیکات سدیم به هیدروکسید سدیم در طرح مخلوط آن‌ها تأثیر ناچیزی بر جذب آب اولیه نمونه‌ها دارد.

۹- پس از گذشت ۲۴ ساعت از زمان مستغرق نمودن نمونه‌ها در آب بیش از ۹۰ درصد میزان ظرفیت جذب آب نمونه‌ها اشباع گردیده و این مقدار فرق ناچیزی با میزان جذب آب نهایی نمونه‌ها دارد.

۱۰- در دو غلظت ۱۸/۷۵ و ۱۵ مولار مشاهده می‌شود که با کاهش نسبت سیلیکات سدیم به هیدروکسید سدیم میزان جذب آب کاهش می‌یابد اما در غلظت مولاریته ۱۱/۲۵ هیدروکسید سدیم کاهش نسبت مقدار سیلیکات سدیم به هیدروکسید سدیم باعث افزایش میزان جذب آب نمونه‌ها گشته است.

٦- مراجع

[1] Ramesht, M.H., 2013, "Technology of Concrete "

[2] Peter Duxson, John L. Provis, Grant C. Lukey, Jannie S.J. van Deventer (2007)," The role of inorganic polymer technology in the development of ' green concrete' ", Cement and Concrete Research 37 , 1590 – 1597.

[3] A. Buchwald, M. Schulzb (2005) , "Alkali-activated binders by use of industrial by-products", Cement and Concrete Research 35 , 968–973.

[4] Provis,John L."alkali-activated materials." Cement and Concrete Reasearch (2017)

[5] Zhu Pan, Jay G. Sanjayan , Frank Collins (2014) ." Effect of transient creep on compressive strength of geopolymer concrete for elevated temperature exposure", Cement and Concrete Research 56 , 182–189.

[6] Caijun Shi , A. Fernández Jiménez , Angel Palomo (2011)." New cements for the 21st century: The pursuit of an alternative to Portland cement" , Cement and Concrete Research 41 ,750–763.

[7] Wang, S.D., Pu, X.C., Scrivener, K.L., Pratt, P.L.: Alkali-activated slag cement and concrete:a review of properties and problems. Adv. Cem. Res. 7 (27), 93–102 (1995).

[8] Zhou, H., Wu, X., Xu, Z., Tang, M.: Kinetic study on hydration of alkali-activated slag. Cem.Concr. Res. 23 (6), 1253–1258 (1993).

[9] Myers, R.J., Bernal, S.A., San Nicolas, R., Provis, J.L.: Generalized structural escription of calcium-sodium aluminosilicate hydrate gels: the cross linked substituted tobermorite model. Langmuir 29 (17), 5294–5306 (2013).

[10] Davidovits, J., (1991)," Geopolymer chemistry and application", Joseph Davidovits, Institut Géopolymère, SaintQuentin, France, 2008, ISBN 9782951482050 (3rd ed., 2011).

[11] K.Parthiban , K.Saravanarajamohan , S.Shobana , A.Anchal Bhaskar ,(2013)" Effect of Replacement of Slag on the Mechanical Properties of Flyash Based Geopolymer Concrete" , International Journal of Engineering and Technology (IJET) , Vol 5 No 3 Jun-Jul 2013.

[12] Hui Xu, Weiliang Gong , Larry Syltebo, Werner Lutze, Ian L. Pegg ,(2014)," DuraLith geopolymer waste form for Hanford secondary waste: Correlating setting behavior to hydration heat evolution" , Journal of Hazardous Materials 278 (2014) 34–39.

[13] Kang Gao,Kae-Long Lin,DeYing Wang,Chao-Lung Hwang,Hau-Shing Shiu,Yu-Min Chang,Ta-Wui Chenge(2014),. Effects SiO2/Na2O molar ratio on mechanical properties and the microstructure of nano-SiO2 metakaolin-based geopolymers,. Construction and Building Materials 53 , 503–510.
[14] William D.A. Rickard a, Jadambaa Temuujin, Arie van Riessen. (2012),"Thermal analysis of geopolymer pastes synthesised from five fly ashes of variable composition" ; Journal of Non-Crystalline Solids 358 , 1830–1839.
[15] Escalante-Garcia, J., Fuentes, A.F., Gorokhovsky, A., Fraire-Luna, P.E., Mendoza-Suarez, G.: Hydration products and reactivity of blast-furnace slag activated by various alkalis. J. Am. Ceram. Soc. 86 (12), 2148–2153 (2003).
[16] Fernández-Jiménez, A., Puertas, F., Sobrados, I., Sanz, J.: Structure of calcium silicate hydrates formed in alkaline-activated slag: infl uence of the type of alkaline activator. J. Am.Ceram. Soc. 86 (8), 1389–1394 (2003).
[17] M. S. Morsy · S. H. Alsayed · Y. Al-Salloum ·T. Almusallam(2014)," Effect of Sodium Silicate to Sodium Hydroxide Ratios on Strength and Microstructure of Fly Ash Geopolymer Binder" Arab J Sci Eng , 39:4333–4339.
[18] Behzad Nematollahi, Jay Sanjayan ,(2014)," Effect of different superplasticizers and activator combinations on workability and strength of fly ash based geopolymer", Materials and Design 57, 667–672.
[19] Elie Kamseu , Maria Cannio, Esther A. Obonyo , Fey Tobias , Maria Chiara Bignozzi , Vincenzo M. Sglavo , Cristina Leonelli,(2014), Metakaolin-based inorganic polymer composite: Effects of fine aggregate composition and structure on porosity evolution,microstructure and mechanical properties, Cement & Concrete Composites 53 ,258–269.
[20] Sakonwan Hanjitsuwan , Sitchai Hunpratub , Prasit Thongbai , Santi Maensiri , Vanchai Sata ,Prinya Chindaprasirt,(2014), Effects of NaOH concentrations on physical and electrical properties of high calcium fly ash geopolymer paste, Cement & Concrete Composites 45 , 9–14.

Effect of sodium Hydroxide solution concentration and sodium silicate to sodium hydroxide ratio on the compressive strength and water absorption of slag based alkali-activated concrete

M. H. Nofallah
M.Sc. Structural Engineering, the Faculty of civil and Structural Engineering- Islamic Azad University - Central Tehran Branch
M. H. Ramesht*
Assistant Professor of the Faculty of civil and Structural Engineering- Islamic Azad University - Central Tehran Branch

Abstract

Alkali-activated cement is a new and innovative material in the construction industry and with desirable performance that by use of natural Pozzolans and industrial waste containing aluminosilicate can be used as an eco-friendly substitute material for Portland cement. On the other hand, mechanical and durability properties of concrete has made it important to research on the factors influence on these two characteristics. In this paper, it has tried to study and manufacturing high performance concrete based on ground blast furnace slag by using sodium base alkaline solution. Three concentrations 18.75,15 and 11.25 and three ratios of Na_2SiO_3 to NaOH have been used. The ratio of water to the binder material is considered constant in all mix designs. In this study, for curing samples were submerged in water at ambient temperature samples. Compressive test results show that by decreasing the NaOH concentration to11.25 Molar, mechanical strength of this material decreases and while by decreasing this parameter from 18.75 to 15 this parameter almost stay constant. Water absorption test was done on samples at 28 days age. This test shows that increasing of NaOH concentration reduces water absorption of samples.

Keywords: Alkali-activated concrete, ground blast furnace slag, Molarity concentration, sodium hydroxide, sodium silicate, water absorption.

* Corresponding Author: mhramesht@yahoo.com