تغییرات واکنش قلیایی سیلیکاته(ASR) با تغییر مقدار سنگدانه‌های سیلیسی و کنترل واکنش

فائزه مجیدی[۱]، محمد فتح اللهی*[۲]، حبیب رحیمی منبر[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوشیمی، گروه علوم زمین، دانشکده علوم پایه، دانشگاه دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

۲. استادیار، علوم زمین، دانشکده علوم پایه، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

۳. دانشجوی دکتری زمین شناسی مهندسی، گروه زمین شناسی مهندسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۳

چکیده

سنگدانه، اصلی‌ترین بخش سازنده بتن است که نقش اساسی در کیفیت بتن ایفا می‌کند. واکنش‌زایی قلیایی سیلیکاته (ASR) یکی از واکنش‌های مهم در بتن است که می‌تواند تخریب بتن را به دنبال داشته باشد. سنگدانه‌های حاوی سیلیس فعال عامل این واکنش هستند و هرچه مقدار آن بیشتر باشد انتظار می‌رود حجم واکنش‌ها هم بیشتر باشد. اینکه میزان افزایش واکنش‌ها، با تغییرات مقدار سنگدانه‌های سیلیسی به چه صورت است، بخشی از موضوع این تحقیق می‌باشد. در این راستا مصالحی به عنوان مصالح پایه از معدن شن و ماسه کوهی انتخاب و آزمایش‌های لازم بر روی آن انجام و سپس با افزودن سنگدانه‌های سیلیسی به میزان ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد آزمایش ASR مطابق استاندارد ASTM C1260 بر روی آنها انجام شد؛ نتایج نشان داد که انبساط نمونه‌ها به ترتیب ۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰۴ و ۰/۰۶ درصد افزایش خواهد یافت. در ادامه به منظور کنترل واکنش با میکروسیلیس، مقادیر مختلفی از آن به میزان، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد به مصالح اضافه شد. نتایج بیانگر آن بود که میکروسیلیس باعث کاهش انبساط نمونه‌ها به ترتیب به میزان ۰/۰۰۹، ۰/۰۱۴، ۰/۰۲۲ و ۰/۰۳۲ خواهد شد و افزایش ۲۰ درصد میکروسیلیس باعث کاهش ۵۰ درصدی انبساط نمونه‌ها شده است.

کلید واژه‌ها: سنگدانه سیلیسی، کنترل واکنش، میکروسیلیس، واکنش قلیایی سیلیکاته (ASR)

مقدمه

واکنش قلیایی سنگدانه‌ها (AAR) یک واکنش شیمیایی بین اجزاء معدنی فعال برخی از سنگدانه‌ها مانند سیلیس و یون هیدروکسید سدیم - پتاسیم قلیایی سیمان می‌باشد. این واکنش می‌تواند بر عملکرد سازه بتنی تأثیر بگذارد. طبیعتاً مقدار و شدت واکنش قلیایی سیلیکاته تحت تأثیر عواملی است که مهم‌ترین آن حضور مقدار سیلیس در سنگدانه است، بطوریکه عدم حضور سیلیس فعال می‌تواند عدم واکنش‌زایی قلیایی را به دنبال داشته باشد و برعکس، هرچه مقدار آن بیشتر باشد، انتظار واکنش‌های بیشتری وجود دارد. اگرچه برخی استانداردهای ارزیابی سنگدانه‌های بتنی به واسطه پتروگرافی آن‌ها در دسترس است اما تمایز بین پتانسیل تخریب یا بی‌ضرر بودن انواع سنگ‌ها مشکل است (Fernandes et al., 2013). واکنش قلیایی

* نویسنده مسئول: m.fathollahy@uok.ac.ir

DOI: http://doi.org/10.22034/JEG.2023.17.3.1015262

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.3.1015262]

سبب انبساط غیرعادی درونی و ترک خوردگی بتن و کاهش مقاومت آن می‌گردد. واکنش قلیایی به دو صورت کربناته (ACR) و سیلیکاته (ASR) اتفاق می‌افتد؛ واکنش قلیایی سیلیکاته بیش از واکنش کربنات قابل توجه است زیرا سنگدانه-های معدنی حاوی سیلیکا متداول‌تر هستند (Farny & Kosmatka,1997). ترکیب سیلیس فعال در سنگدانه‌های بتن با مواد قلیایی، با گذشت زمان موجب آسیب دیدن سازه‌های بتنی اجرا شده می‌شود (Kawamuram et al., 2004). نشانه‌های وقوع آسیب در اثر واکنش قلیایی می‌تواند به صورت شبکه‌ای از ترک‌ها، ورقه‌ای شدن و جابجایی قسمت‌های مختلف سازه در طی یک پروسه آرام نمایان شوند. تاریخچه شناخت واکنش‌های قلیایی – سنگ‌دانه‌ایی به دهه ۱۹۳۰ باز می‌گردد (پارسا، ۱۳۸۹).

عوامل میکروسکوپی و گوناگونی در انبساط ناشی از واکنش قلیایی - سیلسی، مانند تخلخل و همچنین نفوذپذیری، مکان و مقدار سنگدانه‌های فعال در مصالح دخیل هستند (قاسمعلی و همکاران، ۱۳۹۶). در مصالح سنگی، شکل‌های فعال سیلیس مانند اوپال، کلسدونی و تری‌دیمیت واکنش‌زایی دارند. مطالعات مختلفی روی واکنش قلیایی از جمله عوامل مختلف مؤثر بر آن انجام شده است که می‌توان به تأثیر درجه‌بندی سنگ‌ها بر روی وسعت و میزان تخریب ASR (Gautam et al., 2017)، کنترل واکنش قلیایی با ضایعات آلومینیوم (Hay and Ostertag, 2019)، تأثیر زئولیت بر واکنش (کیوانی و اصغری، ۱۳۹۷)، تأثیر میکروسیلیس (فولادوند و همکاران، ۱۳۹۷)، تأثیر خاکستر و دوده و زئولیت (مشتری، ۱۳۹۶)، تأثیر نوع سنگدانه (کماسی و دلفانی، ۱۳۹۵)، تأثیر واکنش بر رفتار سازه‌ای (قاسمعلی و همکاران، ۱۳۹۶)، بررسی واکنش در سازه‌های آبی (رمضانپور و کلوشانی، ۱۳۸۵)، ارزیابی سنگدانه‌های مستعد در مناطق مختلف (ارجمند و رمضان‌پور، ۱۳۸۳)، بررسی پارامترهای محیطی بر واکنش (Lindgård et al., 2012)، بررسی سازه‌های مختلف بتنی و علت تخریب آنها در فنلاند (Lahdensivu et al., 2018)، بررسی ASR در بتن‌های بازیافتی (Santos et al,. 2020)، تأثیر pH بر واکنش (Plusquellec, et al,. 2018) و مطالعات دیگری برای بررسی پتانسیل واکنش‌پذیری مصالح در نقاط مختلف (شیرازی‌یان و همکاران، ۱۳۹۸) اشاره کرد. غیر از پتروگرافی (ASTM C 295) از دیگر راه‌های پیش‌بینی واکنش‌پذیری، استفاده از روش‌های تسریع شده واکنش قلیایی مانند ASTM C1260 است که در آن با شبیه‌سازی محیط، نمونه بتنی تحت آزمایش قرار می‌گیرد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در منابع گذشته به تأثیر میزان سنگدانه‌های سیلیسی بر شدت واکنش‌ها پرداخته نشده است، لذا در این مطالعه به این مهم پرداخته می‌شود.

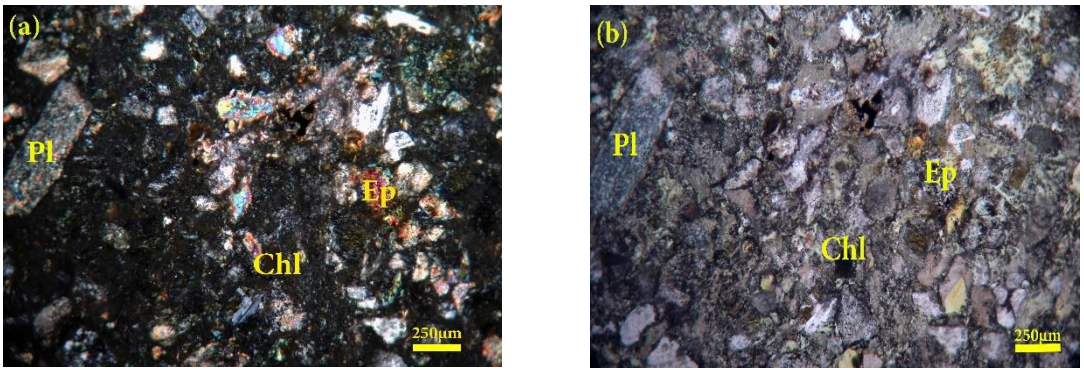
مواد و روش‌ها

انتخاب مصالح پایه

برای بررسی تأثیر میزان سنگدانه‌های سیلیسی بر میزان واکنش‌زایی قلیایی، بعد از بررسی صحرایی، ابتدا مصالح شن و ماسه از معدن کوهی آندزیتی تهیه شد، سپس پتروگرافی (شکل ۱) آن انجام و خصوصیات فیزیکی و مقاومتی آن اندازه گیری شد (جدول ۱). نتایج پتروگرافی نشان‌دهنده آندزیتی بودن معدن می‌باشد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.3.1015262]



A B

شکل ۱. پتروگرافی سنگدانه مصالح پایه(A: نور طبیعی و B: نور پلاریزه)

Fig. 1. Aggregate petrography of the base material (A: normal light, B: Polarized light)

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و مقاومتی سنگدانه ها

Table 1. Physical properties of aggregates

UCS (Mpa)	Prosity n %	Water absorption w %	Saturated unit weght (gr/cm3)	Dry unit weght (gr/cm3)	Volume (cm3)	Submerged weight (gr)	Saturated weight (gr)	Dry weight (gr)	sample
	0.00	0.00	2.87	2.87	118	221	339	339	Z1
	3.57	1.28	2.83	2.79	112	205	317	313	Z2
80.3	0.00	0.00	2.85	2.85	106	203	303	303	Z3
	1.36	0.49	2.79	2.77	73.5	131.5	205	204	Z4
	1.23	0.44	2.83	2.82					Z_{averag}

بعد از پتروگرافی و اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و مقاومتی، برای بررسی واکنش قلیایی سیلیکاته مطابق استاندارد ASTM C1260 منشورهای بتنی ساخته (شکل ۲) و تحت آزمایش قرار گرفت. نتایج آزمایش واکنش قلیایی نشان داد که مصالح انتخاب شده دارای ۰/۰۶ درصد افزایش طول هستند که در رده‌بندی، واکنش‌زایی آنها خطرساز نیست (جدول ۲).



شکل ۲. ملاتهای منشوری تهیه شده از مصالح پایه برای آزمایش ASTM c 1260

Fig. 2. The concrete samples made for ASR test according ASTM c 1260

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.3.1015262]

جدول ۲. نتایج آزمایش قلیایی سیلیکاته مصالح پایه ASTM C 1260

Table 2. The ASR result of base material ASTM C1260

Sample length (mm)				Recording time
Expansion average (%)	3	2	1	
0.00	304.12	302	302.06	1st day
0.03	304.27	302.07	302.1	2nd day
0.04	304.29	302.1	302.19	4th day
0.05	304.32	302.11	302.21	8th day
0.06	304.33	302.13	302.24	16th day

نتایج و بحث

افزودن سنگدانه سیلیسی به سنگدانه‌های مصالح پایه

برای درست کردن منشورهای بتنی، لازم است دانه‌بندی مطابق استاندارد ASTM C1260 باشد، برای این کار لازم است الزامات دانه‌بندی مانند جدول ۳ رعایت گردد.

جدول ۳. الزامات دانه بندی مطابق اشتاندارد ASTM C 1260

Table 3. Grading requirements according to ASTM C 1260 standard

Wight	Sieve No.	
percent	Remain	passing
10	8	4
25	16	8
25	30	16
25	50	30
15	100	50

تناسب مصالح خشک برای آزمون، از یک قسمت سیمان به ۲/۲۵ قسمت وزنی سنگدانه دانه‌بندی شده، تشکیل می‌شود. با توجه به نسبت موجود و مصالح مورد نیاز برای منشورها، مقدار مصالح مورد نیاز در هر مرحله مطابق جدول ۴ محاسبه و برای ساخت ملات آماده گردید. بعد از انجام آزمایش روی مصالح پایه، در آزمایش اول معادل ۵ درصد وزنی مصالح مربوط به هر الک با مصالح سیلیسی جایگزین و ملات مورد نظر ساخته شد. در آزمایش‌های بعدی مقدار سیلیس به کار رفته به ترتیب ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد در نظر گرفته شد. نسبت آب به سیمان باید برابر ۰/۴۷ باشد. نتایج آزمایش‌های مذکور در جدول ۴ ارائه شده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.3.1015262]

جدول ۴. تعیین وزن مصالح با اندازه های مختلف با درصدهای مختلف سیلیس

Table 4. Determining the weight of materials of different sizes with different percentages of silica

Adding 20% silica		Adding 15% silica		Adding 10% silica		Adding 5% silica		Base test(gr)	Aggregate
Base Agg.(gr)	Silica (gr)	Base Agg.(gr)	Silica (gr)	Base Agg.(gr)	Silica (gr)	Base Agg.(gr)	Silica (gr)		
87.2	21.8	92.65	16.35	98.1	10.9	103.55	5.45	109	Remain on sieve No. 8
217.6	54.4	231.2	40.8	244.8	27.2	258.4	13.6	272	Remain on sieve No. 16
217.6	54.4	231.2	40.8	244.8	27.2	258.4	13.6	272	Remain on sieve No. 30
217.6	54.4	231.2	40.8	244.8	27.2	258.4	13.6	272	Remain on sieve No. 50
130.4	32.6	138.55	24.45	146.7	16.3	154.85	8.15	163	Remain on sieve No. 100
484		484		484		484		484	cement
227		227		227		227		227	water

جدول ۵. نتایج افزودن سنگدانه سیلیسی بر واکنش‌های قلیایی ASR

Table 5. The results of addition of silica aggregate on alkaline silicate reactions (ASR)

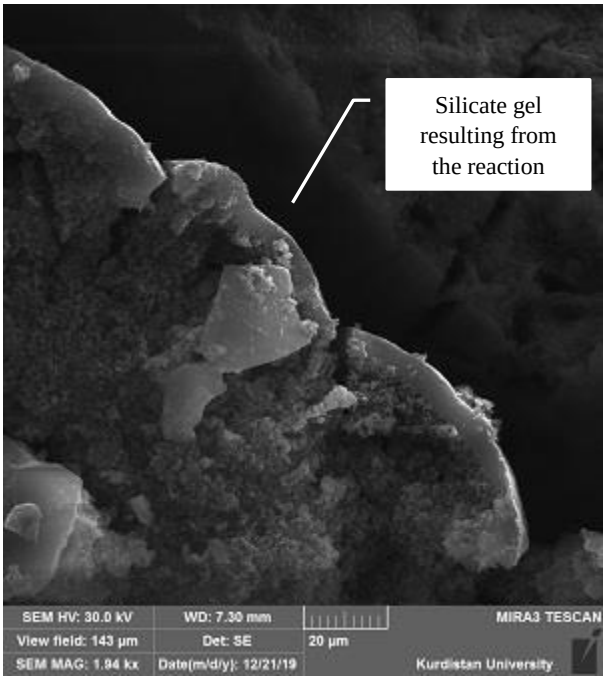
Added SiO2%	day	Samples - length			expansion %			
		ka1 (mm)	ka2 (mm)	ka3 (mm)	ka1	ka2	ka3	average
5	1st	294.23	292.96	292.95	0	0	0	0
	2nd	294.29	293	292.99	0.02	0.01	0.01	0.02
	4th	294.35	293.05	293.02	0.04	0.03	0.02	0.03
	8th	294.41	293.12	293.13	0.06	0.05	0.05	0.06
	16th	294.45	293.14	293.15	0.07	0.06	0.07	**0.07**
10	1st	291.53	292.23	293.41	0	0	0	0.00
	2nd	291.65	292.27	293.48	0.04	0.01	0.02	0.03
	4th	291.69	292.35	293.55	0.05	0.04	0.05	0.05
	8th	291.78	292.39	293.57	0.09	0.05	0.05	0.07
	16th	291.81	292.43	293.59	0.10	0.07	0.06	**0.08**
15	1st	293.58	293.32	294.74	0	0	0	0.00
	2nd	293.7	293.41	294.85	0.04	0.03	0.04	0.04
	4th	293.78	293.49	294.9	0.07	0.06	0.05	0.06
	8th	293.81	293.55	294.96	0.08	0.08	0.07	0.08
	16th	293.91	293.6	295	0.11	0.10	0.09	**0.10**
20	1st	295.16	293.49	293.1	0.00	0.00	0.00	0.00
	2nd	295.3	293.53	293.34	0.05	0.01	0.08	0.05
	4th	295.39	293.68	293.39	0.08	0.06	0.10	0.08
	8th	295.45	293.73	293.43	0.10	0.08	0.11	0.10

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.3.1015262]

Added SiO2%	day	Samples - length			expansion %			
		ka1 (mm)	ka2 (mm)	ka3 (mm)	ka1	ka2	ka3	average
	16th	295.48	293.75	293.54	0.11	0.09	0.15	**0.12**

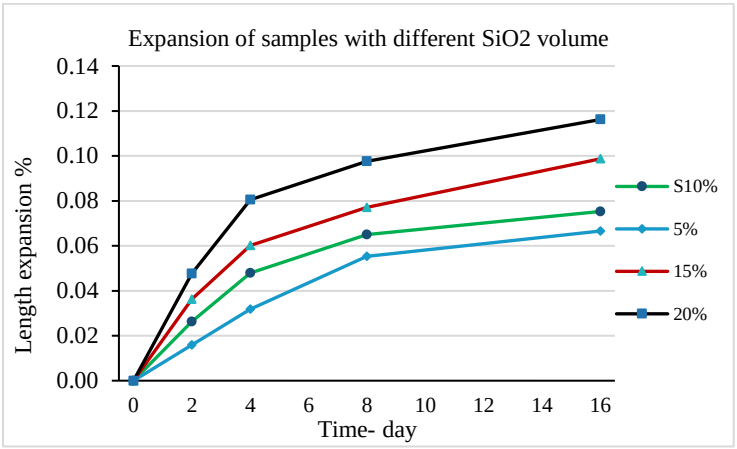
همانطور که نتایج نشان می‌دهد، افزایش سنگدانه‌های سیلیسی باعث افزایش واکنش‌پذیری می‌شود و مقدار انبساط منشورهای بتنی با افزایش مقدار سنگدانه های سیلیسی همخوانی دارد، تشکیل ژل سیلیکاته حاصل از واکنش در نمونه‌ها در تصاویر SEM به وضوح دیده می‌شود(شکل ۳).



شکل ۳. ژل سیلیکاته حاصل از واکنشهای قلیایی
Fig. 3. Silicate gel resulting from the reaction

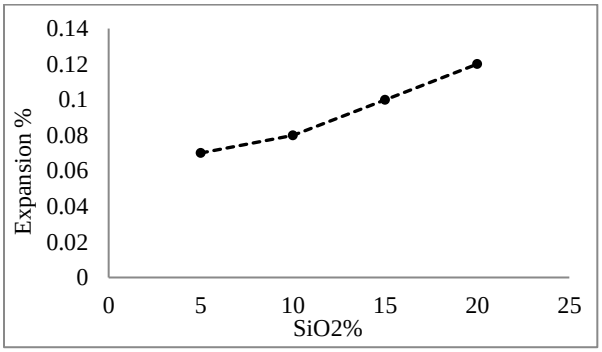
شکل ۴ نمودار تغییرات طول را در نمونه‌های مختلف و شکل ۵ تغییرات طول را با افزایش مقدار سنگدانه سیلیسی نشان می‌دهد. نکته‌ای که قابل توجه است این است که مصالح پایه در آزمایش، خود دارای ۰/۰۶ درصد افزایش طول می‌باشند و مقداری که با افزودن سنگدانه سیلیسی ثبت می‌شود، بخشی از آن مربوط به مصالح پایه است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.3.1015262]



شکل ۴. تغییرات طول نمونه‌ها در طول زمان با افزایش درصدهای مختلف سیلیس

Fig. 4. Changes in the length of the samples during the time with the increase of different percentages of silica



شکل ۵. افزایش طول نمونه با افزایش درصد سنگدانه سیلیسی

Fig. 5. Increasing the length of the sample by increasing the percentage of silica aggregate

افزودن میکرو سیلیس به سنگدانه های مصالح پایه

برای بررسی تأثیر میکروسیلیس بر واکنشهای قلیایی، به مصالح پایه، به ترتیب ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد میکروسیلیس اضافه و آزمایش ASTM C1260 تکرار شد. نتایج این آزمایش‌ها در جدول ۶ و شکل ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶. نتایج افزودن میکروسیلیس بر واکنشهای قلیایی ASR

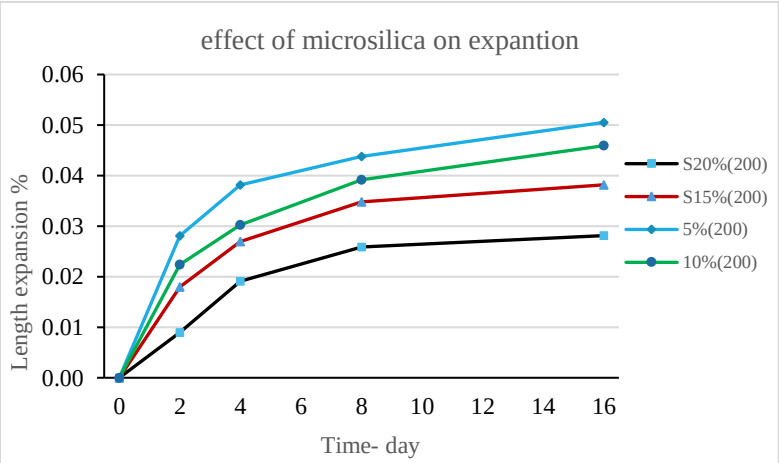
Table 5. The results of adding microsilica on the alkaline reactions of ASR

Added micro silica%	day	Samples - length ka1 (mm)	ka2 (mm)	ka3 (mm)	expansion % ka1	ka2	ka3	average
5	1st	297.2	297.02	296.4	0.00	0.00	0.00	0.00
	2nd	297.3	297.1	296.47	0.03	0.03	0.02	0.03
	4th	297.34	297.11	296.51	0.05	0.03	0.04	0.04
	8th	297.35	297.13	296.53	0.05	0.04	0.04	0.04

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.3.1015262]

Added micro silica%	day	Samples - length			expansion %			
		ka1 (mm)	ka2 (mm)	ka3 (mm)	ka1	ka2	ka3	average
	16th	297.37	297.15	296.55	0.06	0.04	0.05	**0.051**
10	1st	296.93	297.99	297.87	0.00	0.00	0.00	0.00
	2nd	296.98	298	298.01	0.02	0.00	0.05	0.02
	4th	297.01	298.03	298.02	0.03	0.01	0.05	0.03
	8th	297.02	298.06	298.06	0.03	0.02	0.06	0.04
	16th	297.05	298.08	298.07	0.04	0.03	0.07	**0.046**
15	1st	295.56	296.68	298.49	0.00	0.00	0.00	0.00
	2nd	295.61	296.71	298.57	0.02	0.01	0.03	0.02
	4th	295.65	296.75	298.57	0.03	0.02	0.03	0.03
	8th	295.67	296.77	298.6	0.04	0.03	0.04	0.03
	16th	295.67	296.8	298.6	0.04	0.04	0.04	**0.038**
20	1st	295.83	296.64	296.13	0.00	0.00	0.00	0.00
	2nd	295.83	296.69	296.16	0.00	0.02	0.01	0.01
	4th	295.87	296.71	296.19	0.01	0.02	0.02	0.02
	8th	295.89	296.73	296.21	0.02	0.03	0.03	0.03
	16th	295.89	296.73	296.23	0.02	0.03	0.03	**0.028**



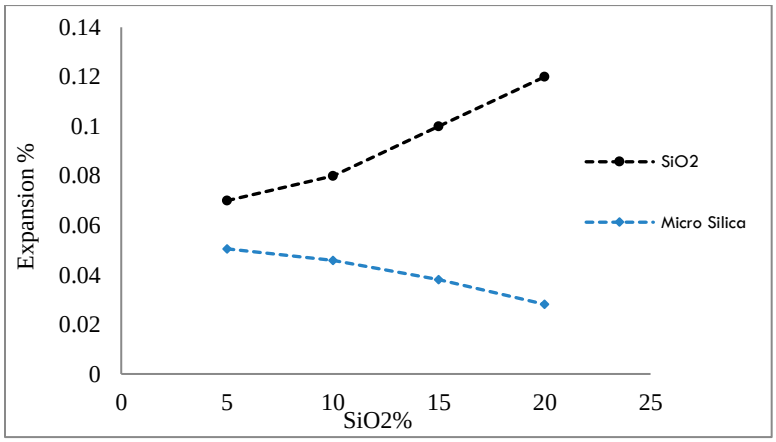
شکل ۶. تاثیر میکروسیلیس بر میزان انبساط نمونه‌ها در طول زمان

Fig. 6. The effect of Microsilica on the expansion rate of samples during the time

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.3.1015262]

همان‌طور که از نتایج بر می‌آید میکروسیلیس باعث کم شدن افزایش طول نمونه‌ها شده است. شایان ذکر است مقادیر مختلف میکروسیلیس به مصالح پایه اضافه شده است و همان‌طور که قبلاً گفته شد مصالح پایه، خود افزایش طول دارند و میکروسیلیس انبساط نمونه‌های ساخته شده با مصالح پایه را کنترل کرده است. بر اساس نتایج آزمایش‌ها مصرف ۲۰ درصد میکروسیلیس، ۵۰ درصد واکنش‌های قلیایی مصالح پایه را کاهش داده است. عملکرد میکروسیلیس به این صورت است که در کل خمیره بتن پخش شده و بجای اینکه واکنش‌زایی در یک یا چند سنگ‌دانه صورت بگیرد این واکنش در تمام نقاط بتن و به صورت خیلی ضعیف اتفاق می‌افتد و باعث می‌شود که تمرکز واکنش در یک نقطه با قدرت زیاد نباشد (فولادوند و همکاران ۱۳۹۷). نتایج آزمایش‌های انجام شده نشان می‌دهد که با افزایش حجم سنگدانه‌های سیلیسی، بر افزایش طول منشورهای بتنی افزوده و حضور میکروسیلیس باعث کاهش میزان انبساط می‌گردد (شکل ۷).



شکل ۷. تاثیر افزودن سنگدانه سیلیسی و میکروسیلیس بر میزان انبساط نمونه‌ها

Fig. 7. The effect of adding silica aggregate and microsilica on the expansion rate of the samples

نتیجه‌گیری

واکنش قلیایی واکنشی زمان‌بر است که بعد از مدت نسبتاً طولانی در بتن اتفاق می‌افتد، این واکنش با ایجاد تنش درونی باعث ایجاد درز و ترک در بتن شده و کیفیت و کارکرد آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این واکنش‌ها تحت تأثیر عوامل مختلفی هستند که یکی از اصلی‌ترین آنها، حضور سیلیس آمورف است که سبب ایجا واکنش‌های قلیایی سیلیکاته می‌شود. در این تحقیق تاثیر مقادیر مختلف سنگدانه سیلیسی بر ایجاد واکنش‌ها بررسی شد و نتایج نشان داد که با افزایش سنگدانه‌های سیلیسی ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد، طول نمونه‌ها به ترتیب ۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰۴ و ۰/۰۶ درصد افزایش خواهد یافت. همچنین نتایج نشان داد که میکروسیلیس به عنوان یک عامل بازدارنده عمل می‌کند و حضور آن باعث کاهش انبساط نمونه‌ها می‌گردد. به علاوه نتایج نشان داد که افزودن ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد میکروسیلیس به ترتیب باعث کاهش انبساط نمونه‌ها به میزان ۰/۰۰۹، ۰/۰۱۴، ۰/۰۲۲ و ۰/۰۳۲ خواهد شد و افزایش ۲۰ درصد میکروسیلیس، کاهش ۵۰ درصدی انبساط نمونه‌ها را به دنبال داشته است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.3.1015262]

قدردانی

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند که از معاونت معدنی صنایع و معادن استان کردستان برای پشتیبانی در انجام این تحقیق کمال تشکر و قدردانی را داشته باشند.

منابع

پارسا، س.، ۱۳۸۹. تجزیه و تحلیل اثرات واکنش قلیای – سنگ‌دانه‌ای بر سدهای ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.

کیوانی، ع.، اصغری، م.، ۱۳۹۷. بررسی پتانسیل زئولیت طبیعی در جلوگیری از واکنش قلیایی - سیلیسی سنگ‌دانه‌های بتن، کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری ومدیریت توسعه شهری در ایران، تهران، دانشگاه تهران.

مشتری، ا.، ۱۳۹۶، ارزیابی مقایسه‌ای تاثیر خاکسترپوسته برنج اسیدشویی شده و دوده سیلیس و پودر زئولیت بر روی دوام بتن، سومین همایش ملی و سومین همایش بین‌المللی معماری، عمران و شهرسازی، تهران.

کماسی، م.، دلفانی، ن.، ۱۳۹۵. تاثیرواکنش سیلیس- قلیای برعملکرد بتن سنگین در برابر تشعشعات، سومین کنفرانس بین المللی نوآوری‌های اخیردرمهندسی عمران، معماری وشهرسازی، تهران.

قاسمی، ع.، حسینی، پ.، فامیلی، ه.، (۱۳۹۴). بررسی تأثیر اسیدشویی بر خواص مقاومتی و دوامی بتن دارای خاکستر پوسته برنج، مجله تحقیقات بتن، سال نهم، شماره ۱، صفحه ۲۹-۳۷.

ارجمند، م.، رمضان پور،ع.، ۱۳۸۳. ارزیابی سنگ‌دانه های مستعد واکنش‌قلیای در چند منطقه کشور، نشریه مهندسی مدرس، شماره ۲۱، صفحه۱۰-۱.

رمضان پور، ع.، کلوشانی،ح.، ۱۳۸۵. بررسی پدیده واکنش قلیای سنگ‌دانه ها دربتن سه سد کشور، هفتمین گنگره بین‌المللی مهندسی عمران، تهران، دانشگاه تربیت مدرس.

فولادوند، د.، ، داودیان دهکردی، ع.، شبانیان بروجنی، ن.، قطره سامانی، ع.، رحیمیان، م.، ۱۳۹۷. پتروگرافی بتن سخت شده سد و نیروگاه راغون با تأکید بر تأثیر میکرو سیلیس بر کنترل واکنش زایی قلیایی-سیلیسی. دهمین همایش ملی انجمن زمین شناسی اقتصادی ایران، ۱۴ و ۱۵ شهریور، دانشگاه اصفهان.

شیرازی‌یان، ش.، رضایی، ن.، توکلی، ا.، ۱۳۹۸. ارزیابی پتانسیل واکنش‌زایی قلیای - سیلیسی سنگ‌دانه‌های بتن قطعه ۲راه آهن میانه - اردبیل، یازدهمین کنفرانس ملی بتن.

ASTM C295, (2012). Standard Guide for Petrographic Exammination of Aggregates for Concrete International.American Society for Testing and Materials.

ASTM, C. (1994). 1260-94. Standard test method for potential alkali reactivity of aggregates (mortar-bar method), Annual Book of ASTM Standards, 4, 650-653.

Farny, J.A. and Kosmatka, S.H., 1997. Diagnosis and control of alkali-aggregate reactions in concrete (No. 2071). Skokie, IL: Portland Cement Association.

Fernandes, I., Broekmans, M.A., Nixon, P., Sims, I., dos Anjos Ribeiro, M., Noronha, F. and Wigum, B., 2013. Alkali–silica reactivity of some common rock types. A global petrographic atlas. Quarterly journal of engineering geology and hydrogeology, 46(2), pp.215-220.

Gautam, B.P., Panesar, D.K., Sheikh, S.A. and Vecchio, F.J., 2017. Effect of coarse aggregate grading on the ASR expansion and damage of concrete. Cement and Concrete Research, 95, pp.75-83.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.3.1015262]

Hay, R. and Ostertag, C.P., 2019. On utilization and mechanisms of waste aluminium in mitigating alkali-silica reaction (ASR) in concrete. Journal of cleaner production, 212, pp.864-879.

Lahdensivu, J., Köliö, A. and Husaini, D., 2018. Alkali-silica reaction in Southern-Finland's bridges. Case studies in construction materials, 8, pp.469-475.

Lindgård, J., Andiç-Çakır, Ö., Fernandes, I., Rønning, T.F. and Thomas, M.D., 2012. Alkali–silica reactions (ASR): Literature review on parameters influencing laboratory performance testing. Cement and Concrete research, 42(2), pp.223-243.

Plusquellec, G., Geiker, M.R., Lindgård, J. and De Weerdt, K., 2018. Determining the free alkali metal content in concrete–Case study of an ASR-affected dam. Cement and Concrete Research, 105, pp.111-125.

Santos, M.B., de Brito, J., Silva, A.S. and Ahmed, H.H., 2020. Study of ASR in concrete with recycled aggregates: Influence of aggregate reactivity potential and cement type. Construction and Building Materials, 265, p.120743.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.3.1015262]

Changes in alkaline silicate reaction (ASR) by changing the amount of silica aggregates and controlling the reaction

Fayezeh majidi[1], Mohammad Fathollahy*[2], Habib Rahimi menbar[3]
1. Msc. In Geochemistry, Department of earth science, faculty of basic science, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
2. Assistant professor, Department of earth science, faculty of basic science, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
3. PhD student, Department of Engineering geology, Faculty of basic science, Tarbiat modares University, Tehran, Iran

Received: 30 Sep 2023 Accepted: 14 Dec 2023

Abstract

Aggregate is the main component of concrete and plays an essential role in the quality of concrete. Alkaline silicate reaction (ASR) is one of the most important reactions in concrete that can lead to concrete destruction .Aggregates containing active silica are responsible for this reaction, and the higher the amount, the greater the expected volume of reactions. The rate of increase of the reactions with changes in the amount of silica aggregates is part of the subject of this research. In this regard, a material was selected as the base material from the mountain quarry, and the necessary tests were performed on it by adding silica aggregates, 5, 10, 15, and 20 percent, the ASR test was performed on them according to the ASTM C1260 standard; The results showed that the expansion of the samples will increase by 0.01, 0.02, 0.04 and 0.06% respectively. Next, for the effect of microsilica on ASR, 5, 10, 15, and 20% were added to the materials and the results showed that microsilica reduced the expansion of the samples by 0.009, 0.014, 0.022, and 0.032 respectively and the increase of 20% of microsilica has reduced the expansion of the samples by 50%.

Keywords: Alkali Silicate Reaction (ASR), Microsilica, Reaction control, Silica aggregate

Introduction

Alkaline reaction of aggregates (AAR) is a chemical reaction between the active mineral components of some aggregates such as silica and the sodium-potassium hydroxide ion of cement. This reaction can affect the performance of the concrete structure. Obviously, the amount and intensity of alkaline silicate reaction is influenced by factors, the most important of which is the presence of silica in the aggregate, so that the absence of active silica can lead to the lack of alkaline reactivity, and on the contrary, the higher its value, the more reactions can be expected. Alkaline reaction causes abnormal internal expansion and cracking of concrete and reduces its strength. Alkaline reaction occurs in two forms: carbonate (ACR) and silicate (ASR); alkaline silicate reaction is more significant than carbonate reaction because mineral aggregates containing silica are more common. In the available

*Corresponding author: m.fathollahy@uok.ac.ir
DOI: http://doi.org/10.22034/JEG.2023.17.3.1015262

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]
[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.3.1015262]

sources, the effect of the amount of silica aggregates on the rate of reactions is not seen, therefore, in the present research, the amount of reactivity has been investigated by increasing the volume of silica aggregates, and also by adding different amounts of microsilica, its role in reducing the expansion of the samples has been investigated.

Materials and Methods

To investigate the effect of the amount of silicate aggregates on the amount of alkaline reactivity, after the field investigation, aggregates were first prepared from an andesitic quarry, and then to check the alkaline reaction of silicate according to the ASTM C1260 standard, concrete slabs were made and tested. The results of the alkaline reaction test showed that the selected materials had an increase in length of 0.06%, which is not dangerous in the classification of their reactivity. Silicate aggregates were added to the base material and their reactivity was tested. Next, by adding specific amount of microsilica, its effect on reactivity control was investigated.

Results and Discussion

Adding silicate aggregate

To investigate the effect of silica aggregates on reactivity, 5, 10, 15 and 20% silica aggregates were added to the base materials and tested according to ASTM C1260 standard. The test results are shown in Figure 1.

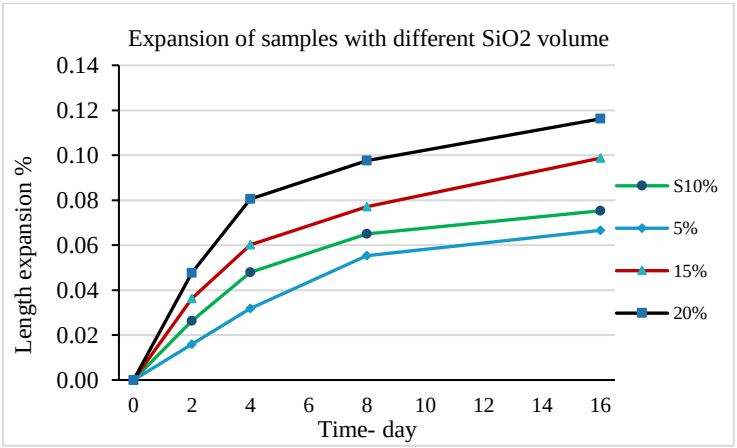


Fig 1. Changes in the length of the samples during the time with the increase of different percentages of silica

The results show an increase in the expansion of the samples with an increase in the volume of silica aggregates (Figure 2).

Adding microsilica

To investigate the effect of microsilica on alkaline reactivity, 5, 10, 15 and 20% of microsilica were added to base materials, respectively, and the ASTM C1260 test was repeated. The results of these tests showed that with the increase of microsilica, the expansion of the samples decreases (Figure 2).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.3.1015262]

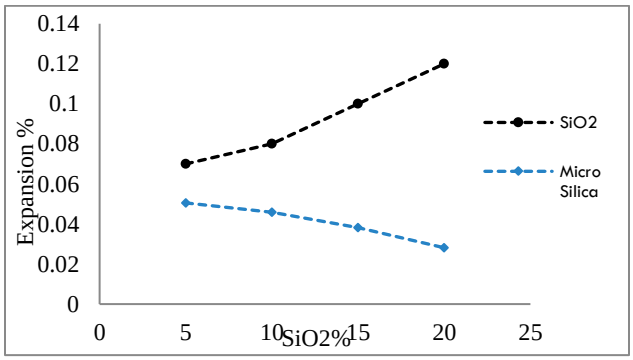


Fig 2. The effect of adding silica aggregate and microsilica on the expansion rate of the samples

Conclusions

Alkaline reaction is a time-consuming reaction that occurs in concrete after a relatively long period of time. This reaction causes cracking in the concrete by creating internal stresses and affects its quality and performance. These reactions are influenced by various factors, one of the most important of which is the presence of amorphous silica, which causes alkaline silicate reactions. In this research, the effect of different amounts of silica aggregates on the number of reactions was investigated and the results showed that with the increase of silica aggregates by 5, 10, 15 and 20%, the length of the samples will increase by 0.01, 0.02, 0.04 and 0.06% respectively. Also, the results showed that microsilica acts as an inhibitor agent and its presence reduces the expansion of the samples. The results also showed that the addition of 5, 10, 15 and 20% microsilica reduced the expansion of the samples by 0.009, 0.014, 0.022 and 0.032 respectively. An increase of 20% of microsilica has reduced the expansion of the samples by 50%.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-02]

[DOI: 10.22034/JEG.2023.17.3.1015262]