

بررسی اثر میدان شعوری طاهری بر سرطان بتن (ASR)

بهاره کزازی^۱، محمدعلی طاهری^۲

خلاصه

واکنش قلیایی سیلیسی بتن به‌عنوان یکی از واکنش‌های مخرب شناخته می‌شود و بررسی‌های زیادی پیرامون آن انجام شده است. از طرف دیگر، میدان‌های شعوری (ط) توسط محمدعلی طاهری به‌عنوان یک روش جدید معرفی شده‌اند. این میدان‌ها نه ماده هستند و نه انرژی، بنابراین دارای کمیت نیستند، اما هم روی ماده و هم انرژی تأثیر مستقیم دارند؛ به عبارت دیگر، اگرچه میدان‌های شعوری (ط) به‌طور مستقیم قابل اندازه‌گیری نیستند، اما می‌توانیم با آزمایش‌های مختلف کنترل شده، تأثیرات آن‌ها را به‌طور غیرمستقیم بررسی کنیم. در این آزمایش، نمونه‌های ملات سیمان تحت استاندارد ASTM C1۲۶۰ و اثر یکی از میدان‌های شعوری (ط) سنجیده شد. آزمایش‌های تکمیلی، پتروگرافی سنگدانه، آنالیز FT-IR (طیف‌سنج مادون قرمز)، SEM (میکروسکوپ الکترونی روبشی)، XRF (فلورسانس اشعه X) و XRD (پراش اشعه ایکس) و LO.I (افت حرارتی) برای بررسی بیشتر نحوه اثرگذاری میدان‌های شعوری (ط) انجام شد. مشخص شد که میدان‌های شعوری (ط) توانسته تا ۱۰ درصد (متوسط-7% P -value=0.008) سبب کاهش انبساط و بهبود عملکرد ملات سیمان شود و در ترکیبات شیمیایی و عنصری تغییرات مشهودی ایجاد نماید.

^۱ مهندس عمران مدیریت شرکت ساختمانی
هویه، تهران، ایران

^۲ بخش تحقیق و توسعه Sciencefact،
مرکز تحقیقات Cosmointel Inc، انتاریو،
کانادا

*نویسنده ناظر:

مهندس عمران مدیریت شرکت ساختمانی
هویه، تهران، ایران

پست الکترونیکی:
baharkazazi@gmail.com

کلیدواژه‌ها: واکنش قلیایی سیلیسی بتن ASR، میدان‌های شعوری (ط)، شعور (ط)، هوشمندی

مقدمه

بتن یکی از پرکاربردترین مصالح ساختمانی در جهان است. در حدود ۶۰ الی ۷۰ درصد حجم بتن را سنگ‌دانه‌ها تشکیل می‌دهند. سنگ‌دانه‌ها تأثیر زیادی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بتن دارند و خواص آن‌ها بر کارکرد، پایداری و رفتار بتن تأثیرگذار است. یکی از تأثیرات مهم سنگ‌دانه‌ها بر بتن، واکنش شیمیایی آن‌ها با سیمان داخل بتن است [۱]. از مهم‌ترین واکنش‌ها می‌توان واکنش قلیایی سنگ‌دانه را نام برد که به سرطان بتن شهرت دارد. عامل اصلی ایجاد این واکنش، ترکیبات شیمیایی سنگ‌دانه است که وقتی توسط خمیر سیمان هیدراته‌شده احاطه می‌شود منجر به ایجاد فشار داخلی در بتن شده و این فشار، در نهایت موجب انبساط، ترک‌خوردگی و ازهم‌پاشیدن بتن می‌شود. همچنین گاهی در خلال واکنش که در طی زمان اتفاق می‌افتد مقداری از ژل به همراه آب به بیرون راه یافته و در ترک‌هایی که قبلاً به علت تورم سنگ‌دانه‌ها تشکیل شده‌اند رسوب می‌کند و عامل نفوذ سایر عوامل مخرب در بتن می‌شود.

واکنش قلیایی به‌خصوص در پروژه‌های سدسازی اهمیت زیادی دارد زیرا هزینه تعمیر سدی که در آن سنگ‌دانه واکنش‌زا استفاده شود بسیار بالاست. این مورد سال‌های قبل در کشور کانادا باعث شد هزینه تعمیر یک سد بعد از ۲۰ سال بیش از هزینه اولیه ساخت آن شود [۲]. از این رو، کشورهای مختلف روش‌های شناسایی و پیشگیری و ترمیم بتن را در دستورکار خود قرار داده‌اند. بدین منظور برای ارائه راهکاری جامع، لازم است مطالعات فراتر از ویژگی‌های

ظاهری بتن انجام و اجزا و محیط عملکردی بتن را نیز شامل شود و به نظر می‌رسد بهترین روش، مطالعه تاریخچه عملکرد سنگ‌دانه در طول ۱۵ سال در شرایط بهره‌برداری باشد. در نبود چنین شرایطی، طرح آزمایشی جایگزین برای شبیه‌سازی رفتار سنگ‌دانه‌ها و پیشگیری‌های لازم، مورد نیاز است [۳]. برای یافتن راه حل پیشنهادی لازم است نحوه عملکرد سنگ‌دانه در بتن را بدانیم.

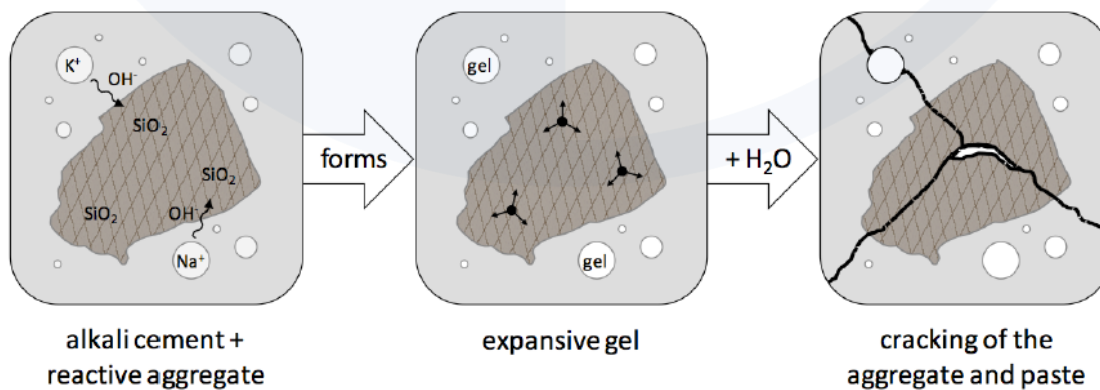
به‌طور کلی سنگ‌دانه‌ها به دو روش، عامل ایجاد واکنش قلیایی هستند:

الف- واکنش قلیایی کربناتی

عامل این واکنش قلیایی موجود در سیمان و گروهی از سنگ‌دانه‌های دارای آهک دولومیتی است که در شرایط رطوبت باعث ایجاد ترک می‌شوند؛ [۴-۱] و به‌علت نادر بودن، کمتر به آن پرداخته شده است.

ب- واکنش قلیایی سیلیسی (ASR)

این واکنش اولین بار در سال ۱۹۳۰ در کالیفرنای آمریکا شناخته شد [۵]. واکنش قلیایی-سیلیسی یک فرآیند شیمیایی است که در آن یون‌های OH^- موجود در محلول منافذ بتن، با سیلیس آمورف در سنگ‌دانه‌های موجود در بتن ترکیب شده و سپس ترکیبات ASR تولید می‌شود. وجود آب و متورم شدن مداوم، منجر به افزایش تنش و شکستگی بتن می‌شود. هنگامی که تنش داخلی به بیش از مقاومت کششی بتن برسد ترک‌ها ایجاد می‌شوند [۶].



شکل ۱: طرح شماتیک از فرآیند ترک‌خوردگی بتن به‌وسیله واکنش قلیایی-سیلیسی

به طور کلی فاکتورهای مؤثر در این واکنش، وجود سیلیس‌های ناپایدار و آلومینوسیلیکات‌ها [۷-۸] و ترکیبات قلیای کافی در آب میان حفره‌ای بتن و وجود رطوبت است. در خصوص جزئیات و میزان تأثیر هریک از این عوامل در انجام واکنش، تحقیقاتی صورت گرفته که جدیدترین تحقیقات به تأثیر آن‌ها (به خصوص آب) در اندازه و ساختار و رشد ژل‌ها در مقیاس نانو پرداخته است [۹]. علاوه بر این موارد که لازمه تشکیل ژل هستند میزان گسترش واکنش، به عواملی مانند میزان یون‌های موجود در بتن، نوع سیمان، نوع پوزولان مصرفی، شرایط محیط اجرا، محل تجمع یون‌ها به همراه میزان رطوبت و دمای محیطی وابسته است [۱۰-۱۲]. موضوع اصلی تحقیق حاضر، با توجه به گستردگی این تخریب، بررسی بیشتر موضوع از دیدگاه روش نوین میدان شعوری (ط) می‌باشد.

روش‌های کنترل و پیشگیری از بروز سرطان بتن

شناخته‌شده‌ترین روش‌های کنترل یا جلوگیری از واکنش قلیایی-سیلیسی

با توجه به اهمیت این واکنش تخریبی، از همان ابتدا مهندسان به فکر راهکارهایی برای کنترل و ترمیم سازه‌ها بودند که بسیاری از آن‌ها سال‌هاست که در صنعت استفاده شده و مدام در حال ارتقا هستند. یکی از شناخته‌شده‌ترین راهکارها، استفاده از پوزولان‌های کنترل‌کننده اثر ژل است که از معروف‌ترین آن‌ها، استفاده از سیمان‌های کم‌قلیا و افزودن موادمعدنی و شیمیایی مانند خاکستر بادی [۱۳]، دوده سیلیسی [۱۴-۱۵]، سرباره کوره‌های آهن‌گدازی و مس [۱۶] و استفاده از پودر سیلیس-نانو، سیلیس‌ها [۱۷]، نمک‌های لیتیم [۱۸-۱۹] و حتی روش‌های دوست‌دار محیط‌زیست مانند استفاده از خرده‌های لاستیک [۲۰] یا پوسته برنج [۲۱]

است. در ایران سال‌هاست که از زیولیت نیز به علت در دسترس بودن در ساختار سدها استفاده می‌شود [۲۲-۲۳]. میزان و نحوه کاربرد تمام روش‌های بالا، به پارامترهایی چون نوع سیمان و شرایط محیط از یک طرف و بررسی سایر خواص مکانیکی و شیمیایی بتن از طرف دیگر وابسته است. به بیان دیگر تمام روش‌ها، محدودیت‌ها و بازه اثر مشخصی دارند. به توصیه مؤسسات تحقیقاتی، بهترین روش همچنان شناسایی سنگ‌دانه مخرب و جلوگیری از استفاده آن و یا کنترل میزان قلیای سیمان است. بنابر آنچه بیان شد، اگر روشی شناخته شود که ساده و فراگیر و مستقل از سایر محدودیت‌ها باشد می‌تواند به عنوان راهکار کنترل‌کننده خوبی برای این مسئله مورد استفاده قرار گیرد [۲۴].

ماهیت شعور و جایگاه آن در علم در قرن حاضر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. نظریه‌های فلسفی و علمی زیادی در این زمینه ارائه شده است. در دهه ی ۱۹۸۰، محمدعلی طاهری میدان‌های جدیدی را با ماهیت غیر مادی-غیر انرژی به نام میدان‌های شعوری طاهری معرفی کرد. در این دیدگاه، شعور طاهری^۱ جدا از ماده و انرژی یکی از سه عنصر موجود در جهان و مستقل از ماده و انرژی است. بر اساس این نظریه، میدان‌های مختلف شعوری (ط) با عملکردهای مختلف وجود دارد که زیرمجموعه‌های یک شبکه اینترنت کیهانی به نام شبکه‌ی شعور کیهانی هستند. تفاوت عمده بین تئوری میدان‌های شعوری طاهری و سایر مفاهیم نظری در مورد شعور مربوط به کاربرد عملی میدان‌های شعوری طاهری است. میدان‌های شعوری طاهری را می‌توان بر همه موجودات زنده و غیر زنده از جمله انسان‌ها، گیاهان، حیوانات، میکروارگانیسم‌ها، مواد و غیره اعمال کرد.

محمدعلی طاهری، مؤسس مکتب عرفان کیهانی حلقه، علم جدیدی را در سال ۱۳۹۹ به عنوان شاخه‌ای از این مکتب معرفی کرد. او اصطلاح Sciencefact را برای این علم جدید ابداع کرد زیرا در آن از تحقیقات علمی برای اثبات وجود شعور (ط) به عنوان یک پدیده و واقعیت غیر

قابل انکار استفاده می‌شود. اگرچه علم صرفاً بر مطالعه‌ی ماده و انرژی متمرکز است و در مقابل، Sciencefact، اثرات میدان‌های غیرمادی/غیرانرژی را بررسی می‌کند، Sciencefact با انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی قابل تکرار در حوزه‌های علمی مختلف، زمینه مشترکی بین این دو را فراهم کرده و از رویکردی علمی برای اثبات میدان‌های شعوری (ط) استفاده کرده است. تأثیر میدان‌های شعوری (ط) با ارتباط بین شبکه شعور کیهانی طاهری و موضوعات مورد مطالعه به عنوان جزء آغاز می‌شود. این ارتباط تحت نام "اتصال" توسط یک فرد آموزش دیده و دارای گواهی که مسئول برقراری میدان‌های شعوری (ط) است برقرار می‌شود. ذهن فرد مورد نظر (اعلام‌کننده) نقش واسطه ای دارد که با توجهی گذرا (نظر) به موضوع مورد مطالعه ایفا می‌کند؛ و سپس در نتیجه‌ی تأثیرات میدان‌های شعوری دستاورد اصلی حاصل می‌شود. این میدان‌ها را نمی‌توان مستقیماً از طریق علم اندازه‌گیری کرد، اما می‌توان اثرات آن‌ها بر موضوعات مختلف را از طریق آزمایش‌های آزمایشگاهی تکرارپذیر بررسی کرد. روش تحقیق در مطالعه‌ی شعور (ط) بر اساس فرآیند فرض، برهان و اثبات استوار است؛ که فرض اصلی عبارت است از: کیهان توسط عنصر سومی به نام شعور (ط) شکل گرفته است که با ماده و انرژی متفاوت است. برهان عبارت است از: وجود میدان‌های شعوری (ط) را می‌توان با تأثیرات آن بر ماده و انرژی (به عنوان مثال، انسان‌ها، حیوانات، گیاهان، میکروارگانیسم‌ها، سلول‌ها، مواد و غیره) نشان داد.

اثبات عبارت است از: تأیید علمی تأثیرات میدان‌های شعوری (ط) بر ماده و انرژی (طبق برهان) از طریق آزمایش‌های علمی تکرارپذیر مختلف. بر این اساس، برای بررسی و تأیید وجود، تأثیرات و مکانیسم‌های میدان‌های شعوری (ط)، پنج مرحله تحقیقاتی زیر (مراحل ۰ تا ۴) انجام می‌شود. اهداف هر مرحله در زیر مشخص شده است. مطالعات فاز صفر با هدف اثبات وجود میدان‌های شعوری طاهری با مشاهده‌ی اثرات آنها انجام می‌شود. ماهیت شعور (ط) و چیستی آن در این مرحله مورد بررسی

قرار نخواهد گرفت.

فاز ۱ اثرات گوناگون میدان‌های مختلف شعوری طاهری را بررسی می‌کند. فاز ۲ دلیل تأثیرات گوناگون این زمینه‌ها را بررسی می‌کند. فاز ۳ مکانیسم اثرات میدان‌های شعوری طاهری بر ماده و انرژی را بررسی می‌کند. و در نهایت، فاز ۴ نتایج قابل توجهی را به‌ویژه در رابطه با ذهن و حافظه ماده و ارتباط آن‌ها با شعور (ط) عرضه می‌کند [۲۸-۲۸]

آزمون‌ها

ASTM C 1260: برای آزمایش میزان واکنش‌زایی سنگ‌دانه روش‌های مختلفی معرفی شده‌اند؛ در این تحقیق، استاندارد ASTM C 1260 مبنای کار است [۲۹]. از طرفی به دلیل تازگی دانش میدان‌های شعوری (ط)، از هر سری که شامل ۴ نمونه بود، یک نمونه برای آزمایش‌های تکمیلی انتخاب شد از گروه XI نمونه شماره ۳- گروه XII نمونه شماره ۴- گروه XIII نمونه شماره ۴- گروه شاهد نمونه شماره ۴ که از این به بعد به اختصار معرف گروه خود بوده و با همان نام گروه آورده شده است برای آزمون‌های تکمیلی زیر مورد بررسی قرار گرفتند. **پتروگرافی:** نمونه‌ها از لحاظ کانی‌شناسی؛ و مقاطع سنگ و ملات از لحاظ کانی‌شناسی، شکل و فرم توسط تصویربرداری پتروگرافی بررسی شدند.

SEM: بررسی عکس‌برداری SEM کمی و کیفی

L.O.I: انجام تست L.O.I کاهش وزن نمونه در اثر حرارت

XRF: بررسی کمی و کیفی عناصر نمونه‌ها در XRF

XRD: بررسی کریستالوگرافی XRD، بررسی و شناسایی

فازهای کریستالی و تغییرات ساختار بلوری ماده

FT-IR: بررسی اشعه مادون قرمز FT-IR

شرح آزمایش ASTM C 1260

سنگ‌دانه مصرفی: به منظور بررسی بهتر روش میدان شعوری (ط)، سنگ‌دانه‌ها از معدن سنگ جزیره کیش در ایران که واکنش‌زایی بالایی دارند انتخاب شد.



تیپ II و از یک پاکت است. از آن جاکه آزمون‌ها در معرض NaOH قرار دارند میزان قلیایی‌های موجود در سیمان، پارامتر مؤثری در انبساط آن‌ها نیست. ابتدا تمام سنگ‌دانه‌ها مطابق با الزامات جدول ۱ دانه‌بندی شدند.

روش بررسی: آزمایش بر اساس استاندارد ASTM C1260 با تهیه ۴ سری که مطابق همین استاندارد هر سری شامل ۴ نمونه منشوری است، انجام شد. این روش تسریع شده و سخت‌گیرانه است. **سیمان:** سیمان پرتلند مورد استفاده برای کل نمونه‌ها سیمان

جدول ۱: الزامات دانه‌بندی سنگ‌دانه‌ها

اندازه الک‌ها (mm)	مانده	درصد وزنی
عبوری		
4.75	2.36	10
2.36	1.18	25
1.18	0.600	25
0.600	0.300	25
0.300	0.150	15

تجربه‌ی این اتصال، محققان می‌توانند در هر زمان در وب سایت مذکور ثبت نام کنند تا آزمایش را به مرکز تحقیقات COSMOintel گزارش دهند. جزئیات خاصی از آزمایش باید به مرکز ارائه شود. برای مثال مشخصات یا تعداد و نام نمونه‌های آزمایشی و نمونه‌های شاهد باید مشخص شود. تمامی این آزمایش به عنوان یک روش دو سو کور انجام شد که در آن تکنسین‌های آزمایشگاهی کاملاً از میدان‌های شعوری (ط) بی‌اطلاع بودند؛ و اعلام کننده در مرکز تحقیقات COSMOintel که اتصال را ایجاد کرد از جزئیات این مطالعه بی‌اطلاع بود. دابل کور یک استاندارد طلایی است که در آزمایشات علمی رایج است.

در این تحقیق، این نمونه‌ها به فرم زیر نام‌گذاری شدند: ۳۳ به عنوان شاهد؛ XII، XI، و XIII به عنوان موارد تحت میدان شعوری (ط) هر سری شامل ۴ نمونه بود. لازم به ذکر است که این مطالعه به روش دو سو کور انجام شده است. این بدان معناست که کارشناسان کاملاً با تئوری میدان شعوری (ط) آشنا نبودند. همچنین، شخصی که پیوند شعوری (اتصال) را برقرار کرده است، با جزئیات این مطالعه آشنا نبود.

نگهداری و قرائت نمونه‌ها

قرائت و نگهداری اولیه: نمونه‌ها بلافاصله پس از قالب‌گیری

سپس چهار قالب که هر سری شامل ۴ عدد نمونه استاندارد برای هر ترکیب سنگ‌دانه و سیمان است آماده شد.

نسبت اجزا تشکیل‌دهنده ملات: نسبت مصالح خشک برای آزمون ملات از یک قسمت سیمان به ۲/۲۵ قسمت وزنی سنگ‌دانه دانه‌بندی شده و نسبت آب به سیمان برابر با ۰/۴۷ استفاده شد.

مخلوط نمودن: ملات‌ها مطابق با الزامات ارائه‌شده در روش استاندارد ASTM C305 مخلوط شدند.

قالب‌گیری آزمون‌ها: بلافاصله پس از ساخت ملات، نمونه‌ها قالب‌گیری شدند.

اثر دادن میدان شعوری (ط)

یکی از میدان‌های معرفی شده، میدان پیوند شعوری (ط) نام دارد و بر اساس پروتکل‌های تنظیم شده توسط مرکز تحقیقاتی COSMOintel (www.COSMOintel.com) بر روی نمونه‌ها اعمال شد. درخواست اتصال به شبکه شعور کیهانی (CCN) برای استفاده از میدان‌های شعوری (ط) را می‌توان از طریق وب سایت COSMOintel در بخش "تخصیص اعلام" قرار داد. این دسترسی برای همه بدون هیچ هزینه‌ای در دسترس است. به منظور مطالعه و

قرائت و نگهداری بعدی: قرائت تغییر طول آزمون‌ها، به صورت متناوب در طول مدت ۱۴ روز پس از قرائت مبنا انجام گرفت.

نحوه محاسبات

تفاوت بین قرائت مبنا (صفر) و قرائت در هر دوره زمانی برای آزمون‌ها محاسبه و انبساط آزمون‌ها برای هر دوره ثبت شد. میانگین انبساط چهار آزمون برای هر ترکیب سیمان و سنگ‌دانه با تقریب ۰/۰۱ درصد در دوره‌های قرائت شده گزارش شده است.

نتایج و بررسی

بررسی نتایج میزان متوسط انبساط نشان می‌دهد به‌طور متوسط در نمونه‌های تحت میدان شعوری (ط) ۷٪ کاهش انبساط دیده شد.

داخل محفظه مرطوب قرار گرفتند. نمونه‌ها پس از مدت ۲۴ ساعت از قالب خارج شدند و با دقت ۰/۰۰۲ میلی‌متر قرائت اولیه انجام شد. نمونه‌هایی که با یک نوع سنگ‌دانه ساخته شده بودند در یک محفظه آب‌بندی شده که به اندازه کافی دارای آب جهت غرقاب شدن نمونه‌ها بود قرار داده شدند و این محفظه به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای 80 ± 2 درجه سلسیوس قرار گرفت.

قرائت صفر مبنا: پس از ۲۴ ساعت هر یک از محفظه‌ها به‌نوبت از آون خارج و مبنای هریک از منشورها بلافاصله پس از خشک‌کردن سطح آن‌ها قرائت شد و سپس به محفظه بازگردانده شدند. پس از آن تمام نمونه‌های ساخته شده از سنگ‌دانه‌ها، داخل محفظه با مقدار کافی سود NaOH یک نرمال در دمای 80 ± 2 درجه سلسیوس و به‌گونه‌ای که نمونه‌ها کاملاً غرقاب شوند قرار داده شدند و محفظه پس از آب‌بندی، به داخل آون برگردانده شد.

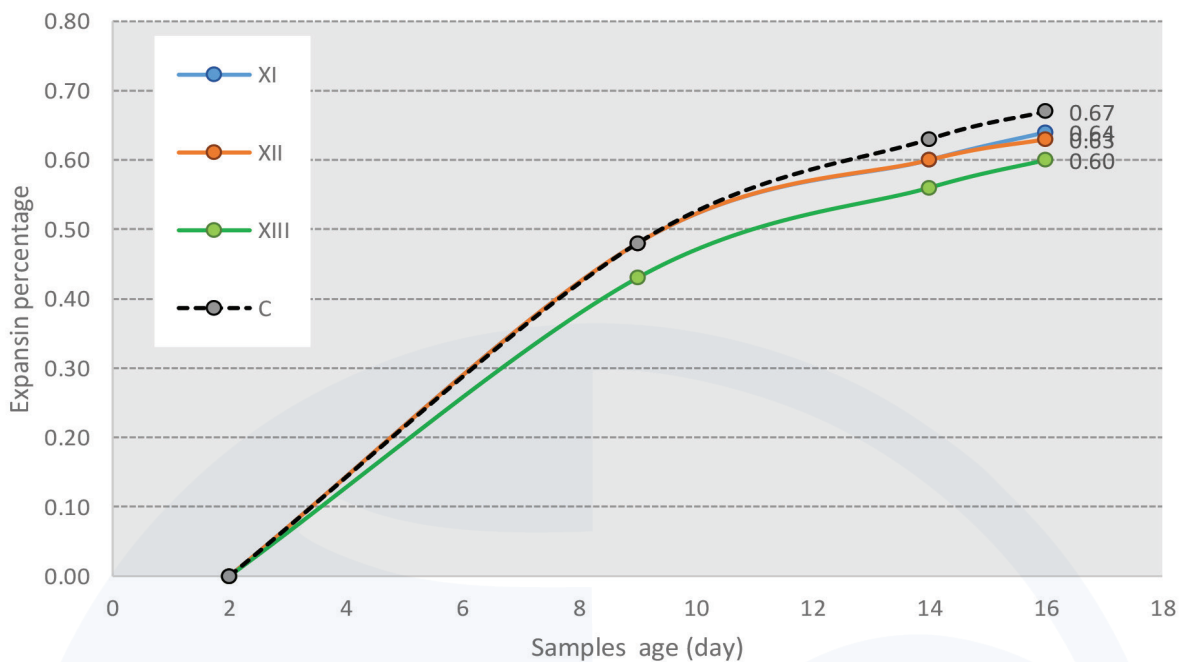
جدول ۲: میزان متوسط انبساط هر سری که خود متوسط ۴ نمونه است در طی ۱۶ روز

Days	Sand Expansion			
	XI	XII	XIII	Control
2	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.48	0.48	0.43	0.48
14	0.60	0.60	0.56	0.63
16	0.64	0.63	0.60	0.67

جدول ۳: میزان انبساط ۴ نمونه داخلی هر سری، در ۱۶ روزگی نسبت به شاهد

Name	Sand Expansion			
	XI	XII	XIII	Control
نمونه شماره ۱	0.622	0.625	0.614	0.673
نمونه شماره ۲	0.614	0.626	0.579	0.671
نمونه شماره ۳	0.654	0.635	0.592	0.658
نمونه شماره ۴	0.669	0.621	0.606	0.661
میانگین درصد انبساط ۱۶ روزگی	0.64	0.63	0.6	0.67
درصد تغییر نسبت به شاهد در ۱۶ روزگی	-4.5%	-6%	-10.5%	---



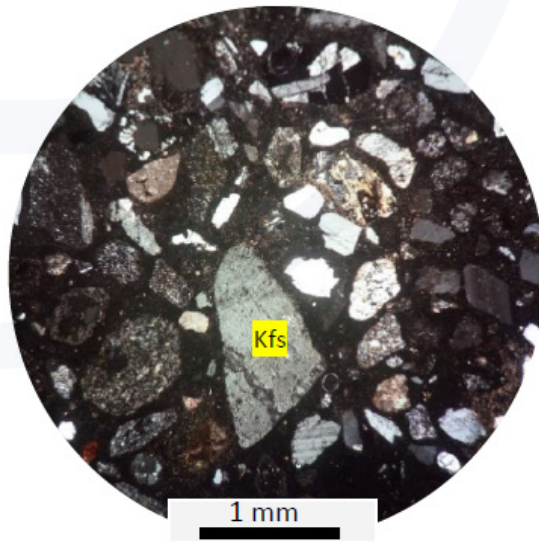
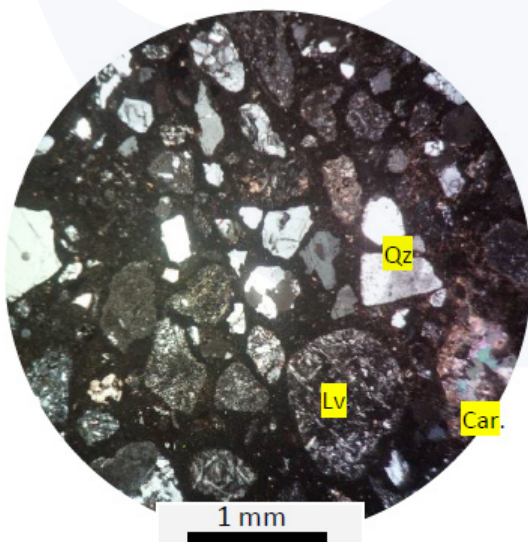


شکل ۲: مقایسه درصد انبساط نمونه‌ها

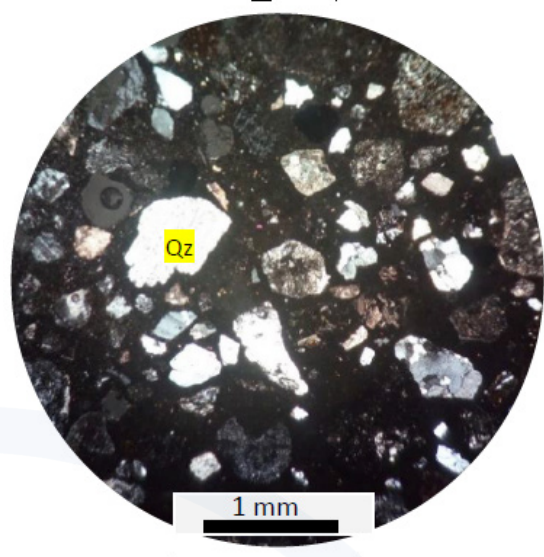
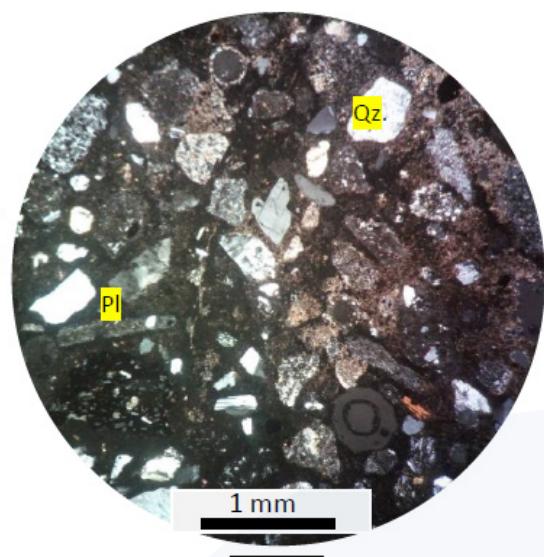
کانی‌های سازنده در حال تعادل با هم هستند. شرایط ترمودینامیکی حاکم بر سنگ‌ها امکان حضور کانی‌ها را در کنار هم محدود می‌نماید بنابراین می‌توان با مطالعه کانی‌های همزاد و نحوه ارتباط آن‌ها باهم در پتروگرافی نسبت به شناسایی، طبقه‌بندی و نام‌گذاری سنگ اقدام نمود [۳۰].

پتروگرافی سنگ‌دانه

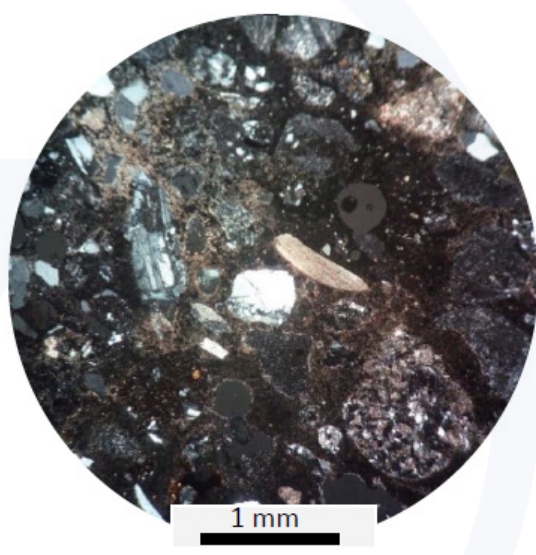
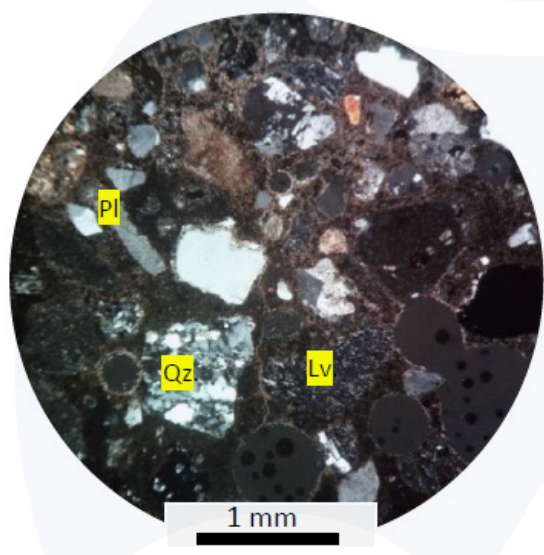
پتروگرافی یا سنگ‌شناسی توصیفی، قسمتی از علم سنگ‌شناسی است که درباره نام‌گذاری، طبقه‌بندی، ساخت و بافت مجموعه‌های سنگی بحث می‌کند. سنگ‌ها اجسام طبیعی ناهمگن هستند که از تجمع یک یا چند کانی به‌وجود می‌آیند معمولاً در بیشتر سنگ‌ها،



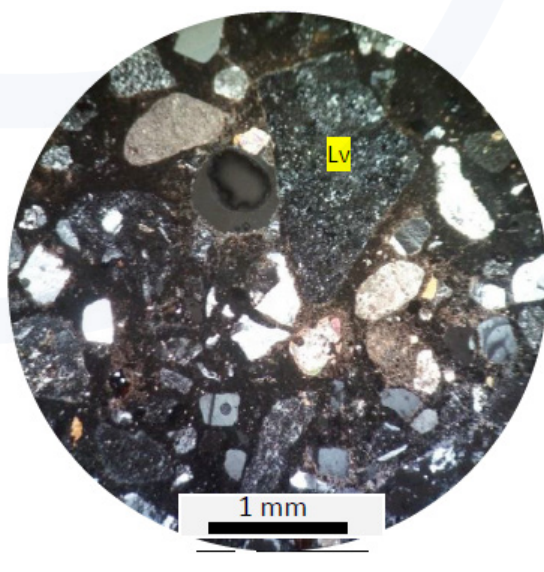
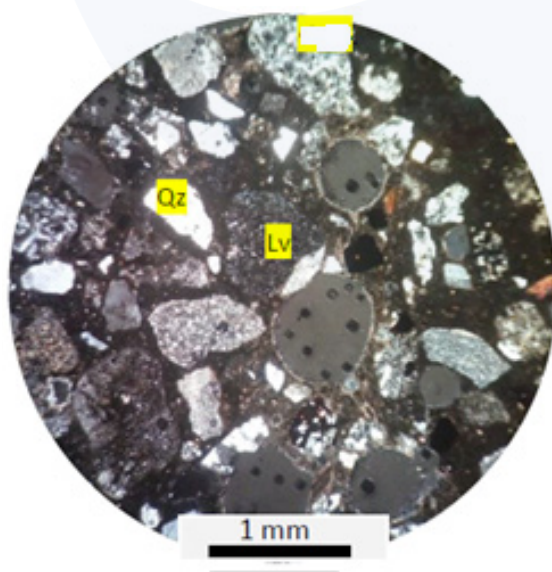
شکل ۳: نمونه شاهد



شکل ۴: نمونه XI



شکل ۵: نمونه XII



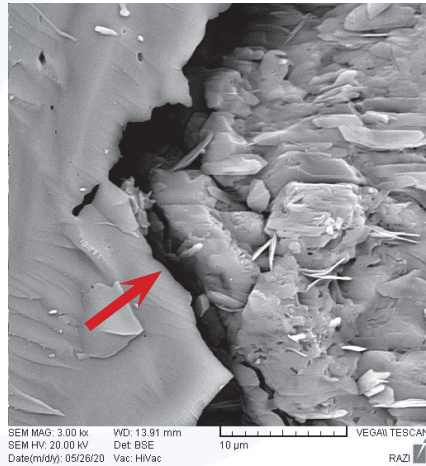
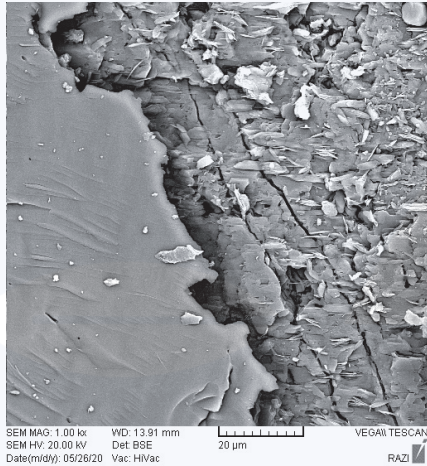
شکل ۶: نمونه XIII

تا بزرگتر از ۲ میلی‌متر متغیر هستند. زمینه سیمان بین‌دانه‌ها کاملاً ریزبلور بوده و فضای بین دانه‌ها را پوشش داده است.

نتایج آزمون SEM

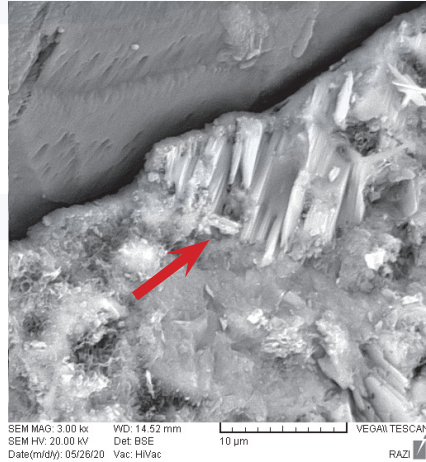
نمونه‌ها بعد از اندازه‌گیری میزان انبساط، توسط دستگاه عکس‌برداری SEM میکروسکوپ الکترونی روبشی و تعیین ترکیب شیمیایی با آنالیز نقطه‌ای و بالک به‌صورت عنصری از بخش‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفتند.

تفاوت ظاهری در عکس‌ها کاملاً مشهود است. کریستال‌های شکل‌گرفته در نمونه شاهد واضح هستند و نکته‌ای را می‌توان اشاره کرد که ژل‌ها در اطراف سنگ‌دانه ایجاد می‌شوند. فضاهای اطراف سنگ‌دانه در نمونه‌های تحت میدان شعوری (ط) پیوستگی مناسب‌تری را با سیمان دارد؛ و فضای خالی و تیره کمتری دیده می‌شود.

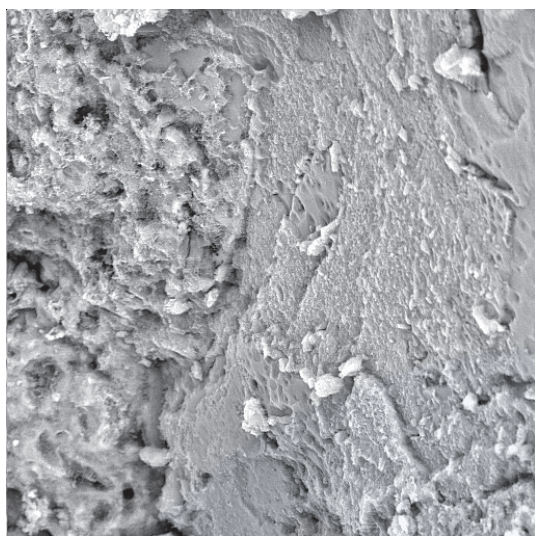


Spectra: SHAHED

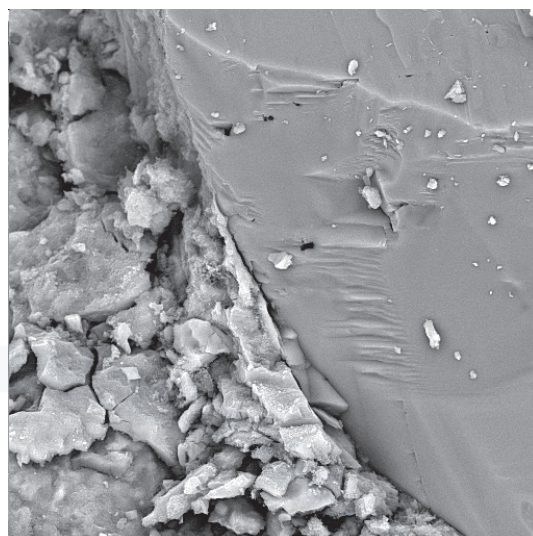
Element	Series	unn. C [wt.-%]	norm. C [wt.-%]	Atom. C [at.-%]
Carbon	K series	1.12	1.24	2.13
Oxygen	K series	46.21	51.10	66.30
Sodium	K series	1.79	1.99	1.79
Magnesium	K series	0.41	0.46	0.39
Aluminium	K series	3.09	3.42	2.63
Silicon	K series	21.37	23.63	17.47
Calcium	K series	15.63	17.29	8.96
Iron	K series	0.80	0.88	0.33
Total:		90.4 %		



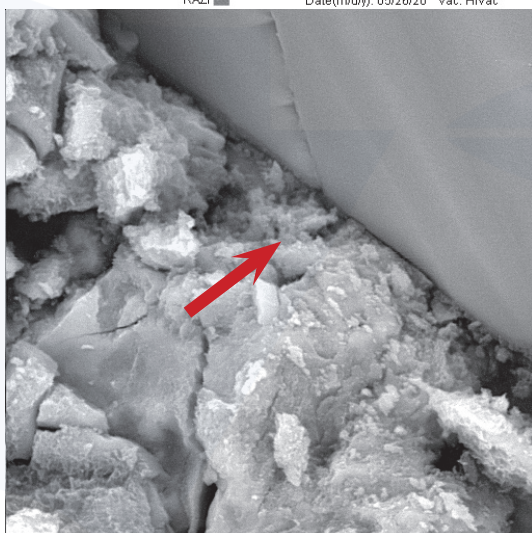
شکل ۷: نمونه شاهد در محل تشکیل ژل، اطراف سنگ‌دانه‌ها و درصد وزنی و درصد عدد اتمی حضور عناصر در این نمونه



SEM MAG: 1.00 kx WD: 15.71 mm
 SEM HV: 20.00 kV Det: BSE
 Date(m/d/y): 05/26/20 Vac: HiVac
 VEGA\\ TESCAN
 RAZI



SEM MAG: 1.00 kx WD: 15.76 mm
 SEM HV: 20.00 kV Det: BSE
 Date(m/d/y): 05/26/20 Vac: HiVac
 VEGA\\ TESCAN
 RAZI



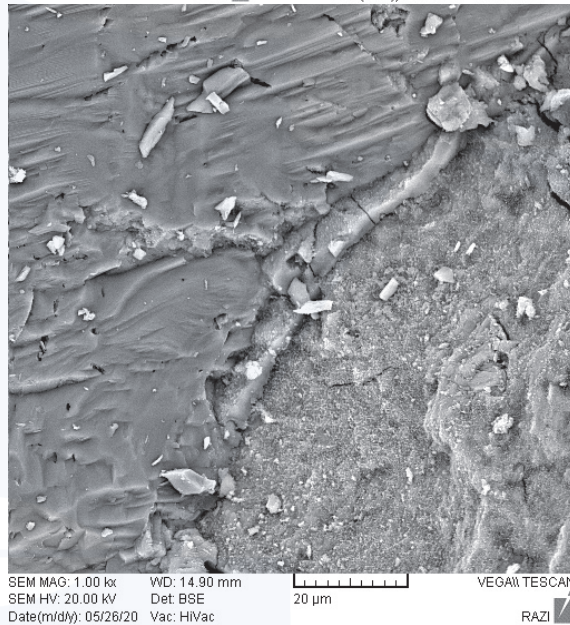
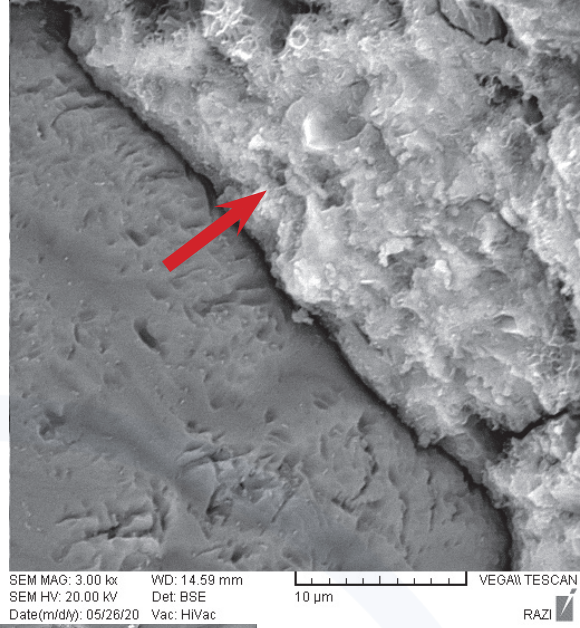
SEM MAG: 3.00 kx WD: 15.76 mm
 SEM HV: 20.00 kV Det: BSE
 Date(m/d/y): 05/26/20 Vac: HiVac
 VEGA\\ TESCAN
 RAZI

Spectra: SAMPLE 1

Element	Series	unn. C [wt.-%]	norm. C [wt.-%]	Atom. C [at.-%]
Carbon	K series	2.18	2.44	4.50
Oxygen	K series	39.46	44.12	61.12
Sodium	K series	1.00	1.12	1.08
Magnesium	K series	0.65	0.73	0.67
Aluminium	K series	2.32	2.59	2.13
Silicon	K series	14.05	15.71	12.40
Potassium	K series	0.76	0.84	0.48
Calcium	K series	27.05	30.24	16.72
Titanium	K series	0.50	0.56	0.26
Iron	K series	1.47	1.64	0.65
Total:		89.4 %		

شکل ۸: نمونه XI در محل تشکیل زل، اطراف سنگدانه و درصد وزنی و درصد عدد اتمی حضور عناصر در این نمونه

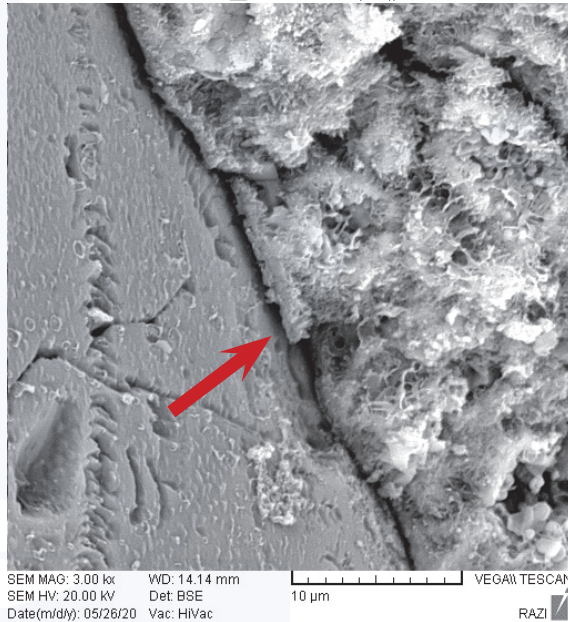
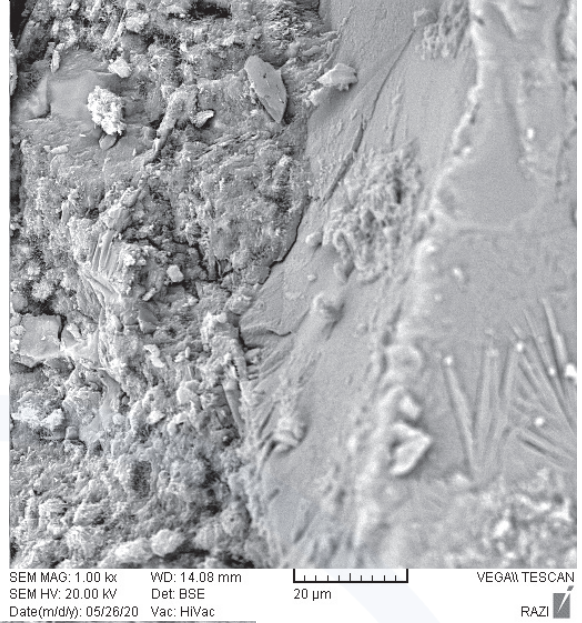
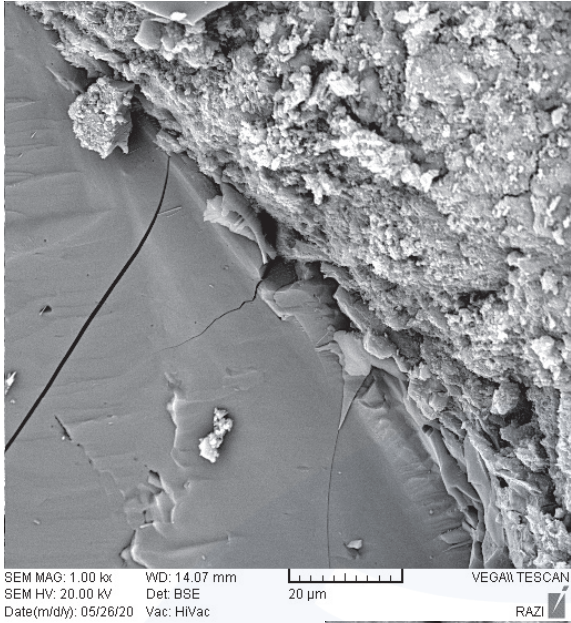




Spectra: SAMPLE 2

Element	Series	unn. C [wt.-%]	norm. C [wt.-%]	Atom. C [at.-%]
Carbon	K series	3.75	4.66	7.95
Oxygen	K series	40.15	49.93	63.95
Sodium	K series	1.57	1.96	1.74
Magnesium	K series	0.54	0.67	0.56
Aluminium	K series	2.07	2.57	1.96
Silicon	K series	12.96	16.12	11.76
Potassium	K series	0.73	0.91	0.48
Calcium	K series	17.23	21.43	10.96
Iron	K series	1.41	1.76	0.64
Total:		80.4	%	

شکل ۹: نمونه XII در محل شکل‌گیری ژل، اطراف سنگ‌دانه و درصد وزنی و درصد عدد اتمی حضور عناصر در این نمونه

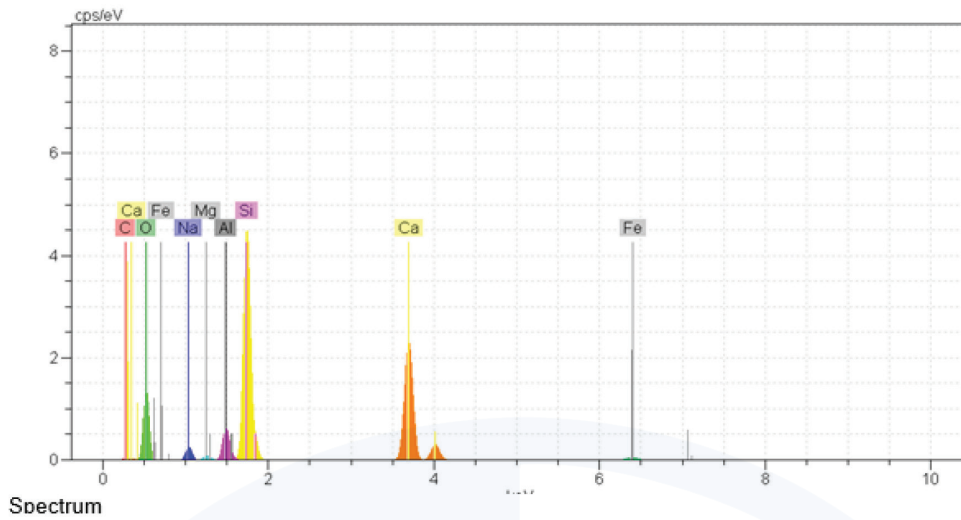


Spectra: SAMPLE 3

Element	Series	unn. C [wt.-%]	norm. C [wt.-%]	Atom. C [at.-%]
Carbon	K series	2.43	2.81	5.07
Oxygen	K series	39.51	45.79	61.97
Sodium	K series	1.48	1.72	1.62
Magnesium	K series	0.52	0.60	0.54
Aluminium	K series	2.55	2.96	2.37
Silicon	K series	13.98	16.21	12.49
Potassium	K series	1.14	1.32	0.73
Calcium	K series	23.37	27.08	14.63
Iron	K series	1.31	1.51	0.59
Total:		86.3 %		

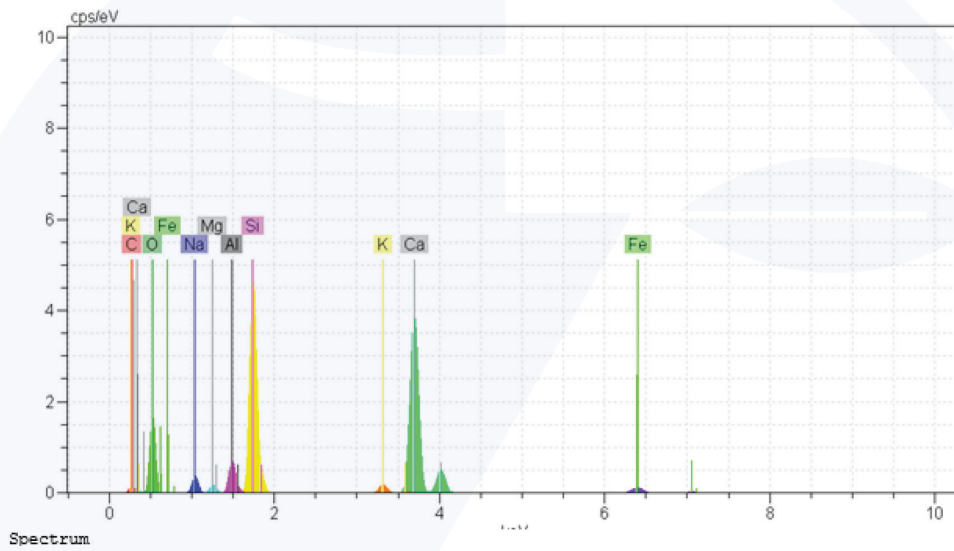
شکل ۱۰: نمونه XIII در محل تشکیل ژل، اطراف سنگدانه و درصد وزنی و درصد عدد اتمی حضور عناصر در این نمونه





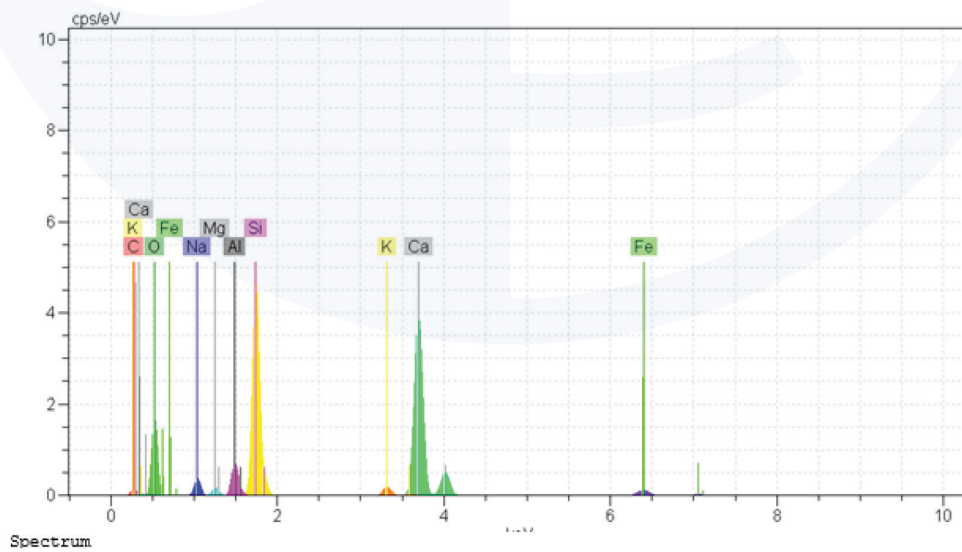
Spectrum

شکل ۱۱: شناسایی و میزان حضور عناصر در نمونه شاهد



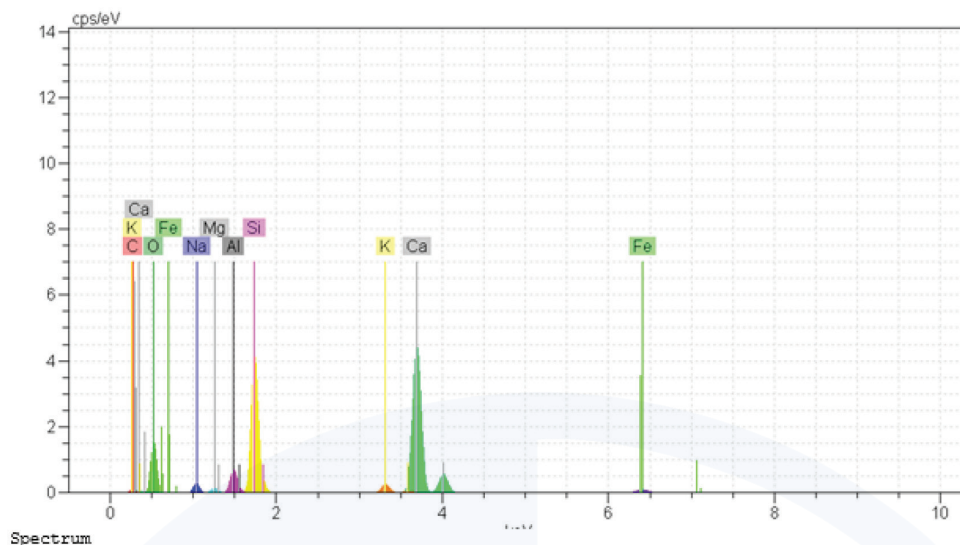
Spectrum

شکل ۱۲: شناسایی و میزان حضور عناصر در نمونه XI



Spectrum

شکل ۱۳: شناسایی و میزان حضور عناصر در نمونه XII



شکل ۱۴: شناسایی و میزان حضور عناصر در نمونه XIII

جدول ۴: درصد وزنی عناصر تشخیصی نسبت به شاهد

نام نمونه	کربن	اکسیژن	سیلیسیوم	آهن	کلسیم
شاهد	-	-	-	-	-
میدان شعوری (ط) XI	+96.77%	-13.7%	-33.5%	+86.4%	+74.9%
میدان شعوری (ط) XII	+275%	-2.3%	-31.8%	+100%	+24%
میدان شعوری (ط) XIII	+126.5%	-10.4%	-31.4%	+71.6%	+56.7%

میدان شعوری (ط) باشند.

همان‌طور که پیش‌تر گفته شد ژل‌های سیلیسی از اطراف سنگ‌دانه شروع به گسترش می‌کنند و به طور معمول فضای تاریک اطراف سنگ‌دانه ایجاد می‌شود. در عکس‌ها دیده می‌شود که این فاصله در نمونه شاهد بیشتر است. در جهت اطمینان، آنالیز کیفی SEM که شدت و میزان عناصر تشخیصی را نمایش می‌دهد به صورت کمی نیز به منظور مقایسه بیشترین حضور عناصر ارائه شده است. اگرچه که فاز سیلیس الویت مقایسه‌ای دارد و ژل‌ها سیلیسی قلیایی هستند، ولیکن تغییرات هدفمند سایر عناصر قابل‌تأمل و بررسی است. این‌ها می‌توانند معیار نحوه عملکرد

نتایج آزمون L.O.I: Loss on ignition کاهش وزن ناشی

از احتراق

این آزمایش (افت حرارتی) در صنعت سیمان برای تعیین میزان بالای آب یا کربنات‌ها معمول است. بدین‌منظور نمونه سیمانی تا ۹۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱/۵ ساعت حرارت داده شدند تا زمانی که جرم نمونه تثبیت شود. سپس میزان جرم از دست رفته محاسبه شد.

جدول ۵: مقایسه میزان کاهش جرم ناشی از احتراق نسبت به شاهد

شاهد	XI	XII	XIII	آزمون
9.85	10.38	10.41	11.16	L.O.I
0-	+5.4%	+5.7%	+13.3%	درصد تغییرات نسبت به شاهد

این کاهش وزن می‌تواند نشانه وجود بیشتر موادی در نمونه‌های تحت میدان شعوری (ط) باشد که در اثر حرارت زودتر تبخیر می‌شوند مانند کربن یا آب ناشی از هیدراتاسیون سیمان یا سایر مواد احتمالی.

نتایج آزمون XRF

از هر سری یک نمونه با توجه به بیشترین تا کمترین میزان

انبساط نسبت به شاهد انتخاب شد و نمونه‌ها تحت استاندارد مرجع ASTM E 1621-13 و در دمای ۲۱ درجه سلسیوس و رطوبت ۵۱٪ براساس درصد وزنی عناصر و ترکیبات تشکیل‌دهنده به روش نیمه کمی (Semi Quantitative) [۳۱]، تحت آنالیز با دستگاه XRF قرار گرفتند.

جدول ۶- درصد وزنی اکسید عناصر شناسایی شده در نمونه‌ها

جدول ۶: درصد وزنی اکسید عناصر شناسایی شده در نمونه‌ها

Oxide	XI	XII	XIII	Control
Na ₂ O	2.4	2.2	2.4	2.4
MgO	1.6	1.5	1.45	1.58
Al ₂ O ₃	7.6	7.42	7.3	8.2
SiO ₂	43.7	42.5	43.2	45.5
P ₂ O ₅	0.15	0.16	0.17	0.17
SO ₃	0.48	0.57	0.54	0.42
K ₂ O	2.1	2.1	2.2	2.3
CaO	25.6	26.8	25.2	23.6
TiO ₂	0.79	0.84	0.88	0.78
Fe ₂ O ₃	5.2	5.5	5.5	5.2

جدول ۷: درصد تغییرات عناصر نسبت به نمونه شاهد در XRF

Oxide	XI	XII	XIII	Control
Al ₂ O ₃	-%7.13	-%9.5	-%11	0
SiO ₂	-%4	-%6.6	-%5	0
SO ₃	+%14.3	+%35.7	+%28.6	0
CaO	+%8.5	+%13.6	+%6.8	0
TiO ₂	+%1.5	+%5.8	+%5.8	0

نتایج آزمون XRD: تعیین ترکیبات شیمیایی و کریستال بندی

توسط پراش اشعه X

برای شناسایی دقیق تر آزمون XRD از نمونه ها گرفته شد؛ که نتایج این آزمون با توجه به ترکیبات عمومی سیمان [۳۱-۳۲] در جدول (۱۲) ارائه شده است. مانند آزمون قبلی، از هر سری یک نمونه بسته به

بیشترین و کمترین تغییرات نسبت به شاهد، انتخاب شد و این آزمون تحت استاندارد مرجع BS EN 13925-1:2008 در دمای ۲۱ درجه سلسیوس و رطوبت ۵۱٪، جریان الکتریکی ۳۰ mA و ولتاژ ۴۰ Kv و اند:Cu انجام شد. زاویه عمل ۲θ: (۱۰-۱۰۰) درجه بود. روش آنالیز ریتولد برای تحلیل کمی در نظر گرفته شد.

Step Size: 0.02, counting time: 0.5 sec

جدول ۸: فازهای شناسایی شده در نمونه ها تحت آزمایش XRD

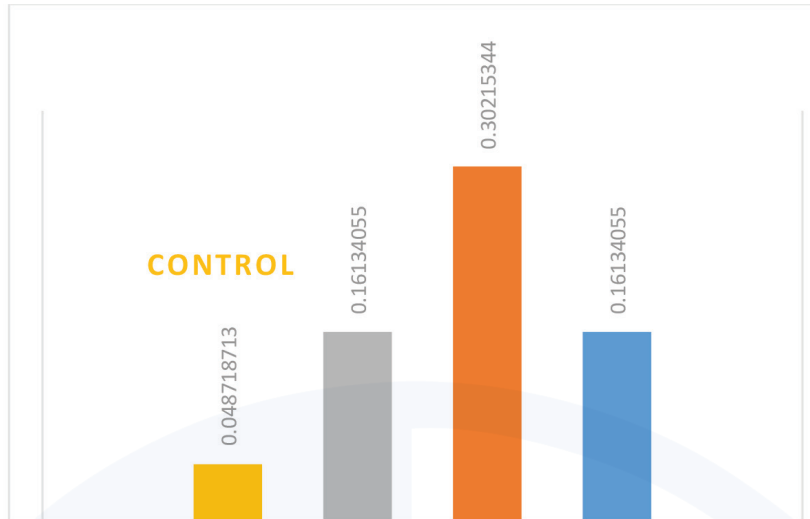
Phase	X1%	XII%	XIII%	Control%
Albite	0.16134055	0.30215344	0.16134055	0.048718713
Aluminate	6.552184	7.252681	6.552184	8.082461
Anhydrate	3.9395797	5.3288217	3.9395797	3.495407
Calcite	11.64169	6.4741564	11.64169	16.603098
Calciumsilicate	4.4278374	2.773415	4.4278374	5.016588
Dolomite	4.7871003	6.83844	4.7871003	8.888318
Ferrite	38.724575	28.624723	38.724575	29.967413
Gypsum	2.3371325	15.209964	2.3371325	0.05992761
Hemihydrate	1.3149565	6.19433	1.3149565	0.08419773
Microcline	7.396136	6.7929025	7.396136	8.271617
Periclase	12.425677	7.641237	12.425677	13.771777
Portlandite	2.3961468	2.2504933	2.3961468	2.2082295
Quartz	3.8956416	4.316682	3.8956416	3.5022485
Total	100	100	100	100

مقایسه ترکیبات شیمیایی آنالیز XRD:

Albite دارای ترکیبات سیلیسیوم و اکسیژن است و از خانواده سیلیکات ها به شمار می رود و دارای ساختمان

کریستالی تریکیلینک فرم است. [۳۳] این ترکیب در نمونه های تحت میدان شعوری (ط) بیشتر ایجاد شده است.



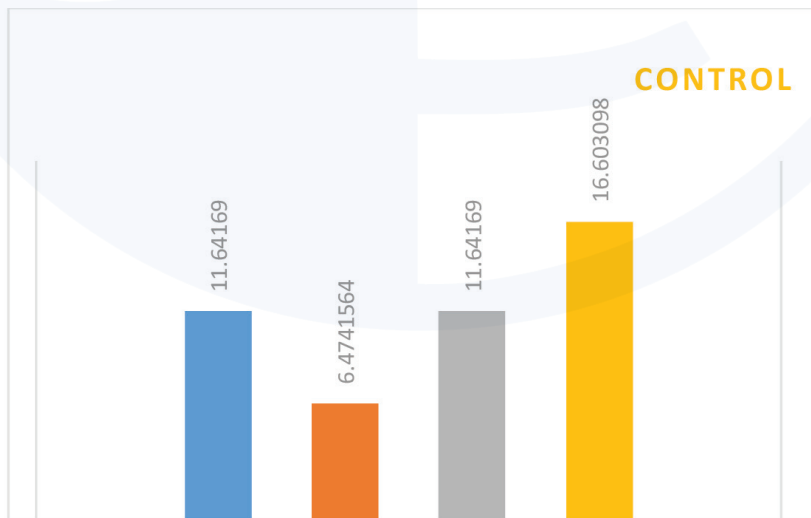


شکل ۱۵: میزان حضور Albite در نمونه‌ها

می‌شود و CaCO_3 تشکیل می‌شود. پس از تبخیر آب، CaCO_3 به صورت سفیدک در سطح بتن ظاهر می‌شود. همچنین با خارج شدن آن جای خالی باقی می‌ماند که بتن را برای واکنش سولفات‌ها آماده‌تر می‌کند. از طرفی سولفات‌های محیط با CaCO_3 واکنش داده و سنگ گچ و ترکیباتی از گچ آلومینات می‌سازند که موجب افزایش حجم و نوع خاصی از کنش سولفات‌ها می‌شود. در نمونه‌های تحت میدان شعوری (ط) کاهش فاحش CaCO_3 را می‌بینیم [۳۴].

Calcite با فرمول CaCO_3 فرم شناخته‌شده‌ای از ماده کلسیم سیلیکات است. یکی از پارامترهایی که سولفات‌ها به آن واکنش نشان می‌دهند Ca(OH)_2 است. این ماده از محصولات هیدراتاسیون سیمان است.

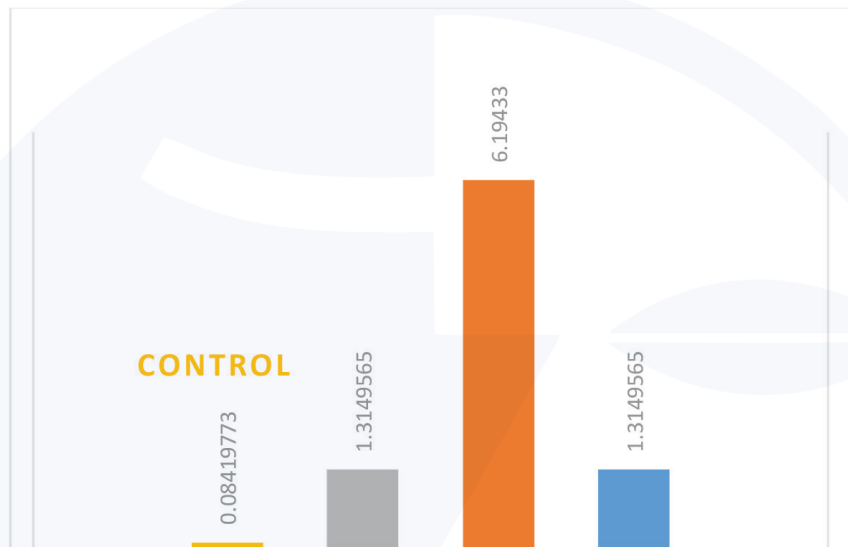
Ca(OH)_2 + ژل‌های سیمان (C_2S و C_3S) → آب+سیمان
 آب باران به داخل بتن نفوذ می‌کند و هنگام خروج از لوله‌های مویین، Ca(OH)_2 ایجاد شده در بتن را در خود حل می‌کند و به بیرون از بتن می‌آورد. در مجاورت هوا Ca(OH)_2 با دی اکسید کربن ترکیب



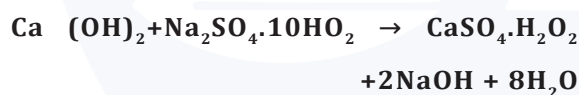
شکل ۱۶: میزان حضور Calcite در نمونه

Dolomite با فرمول $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ تحقیقات نشان می‌دهد که دولومیت یک اثر محدود بر رفتار سیمان دارد. مقادیر کم آن می‌تواند خواص سیمان را ارتقا دهد و مقدار زیاد آن اثر کاهنده دارد [۳۵] و از آنجاکه در این تحقیق همه سیمان‌ها ساختاری یکسان داشته‌اند، آنچه در آنالیز بعد از واکنش شیمیایی قلیایی-سیلیسی دیده می‌شود به نوعی

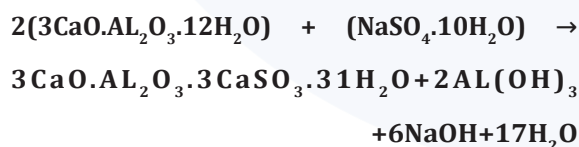
باقیمانده مواد است. اگر فرض کنیم مقدار دولومیت در همه نمونه‌ها یکسان بوده بعد از واکنش در نمونه تحت میدان شعوری (ط) دولومیت کمتری دیده می‌شود؛ و دولومیت در مقیاس محدود نقش جایگزین سیمان در افزایش هیدراتاسیون را بازی می‌کند.



شکل ۱۷: میزان حضور Dolomite در نمونه‌ها.



و فعل‌وانفعال سولفات سدیم با هیدروآلومینات کلسیم به صورت زیر است:

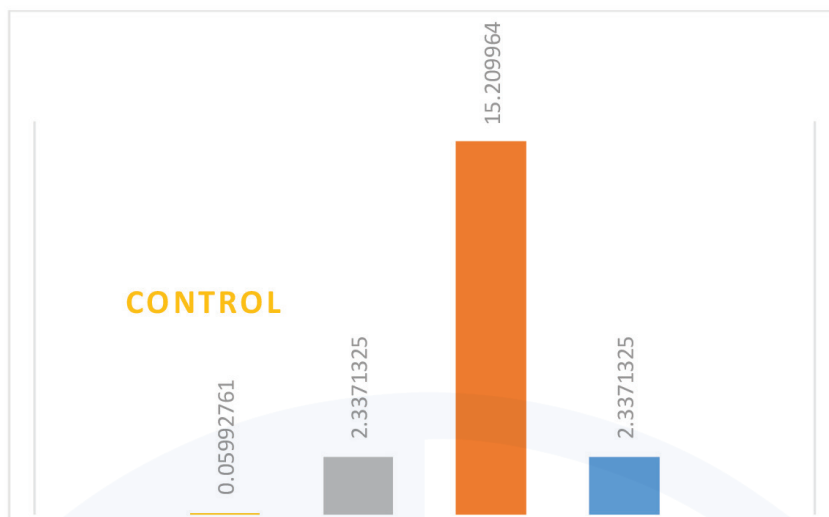


از محصولات واکنش‌های فوق، گچ با فرمول $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}_2$ است. این گچ خود افزایش حجم می‌دهد و سبب مقاومت نیز می‌شود [۲].

ترکیب شیمیایی گچ در نمونه‌های تحت میدان شعوری (ط) بیشتر دیده شده است.

Gypsum با فرمول $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}_2$ آلوتروپی با دو مولکول سولفات کلسیم است. در صنایع سیمان، گچ را جهت افزایش زمان گیرایی سیمان به کار می‌برند. ذرات گچ که با سیمان مخلوط می‌شوند بسیار ریز بوده، یک پوشش روی دانه‌های سیمان تشکیل می‌دهند و مانع از رشد سریع بلورهای سیمان و گیرش آنی می‌شوند؛ زیرا گیرش آنی برگشت‌ناپذیر است. سولفات‌ها، ترکیبات مختلف سیمان هیدراته شده را مورد حمله قرار می‌دهند. سولفات‌های سدیم و پتاسیم با هیدروکسید کلسیم و هیدروآلومینات کلسیم ترکیب می‌شوند. فعل و انفعال سولفات سدیم با هیدروکسید کلسیم را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

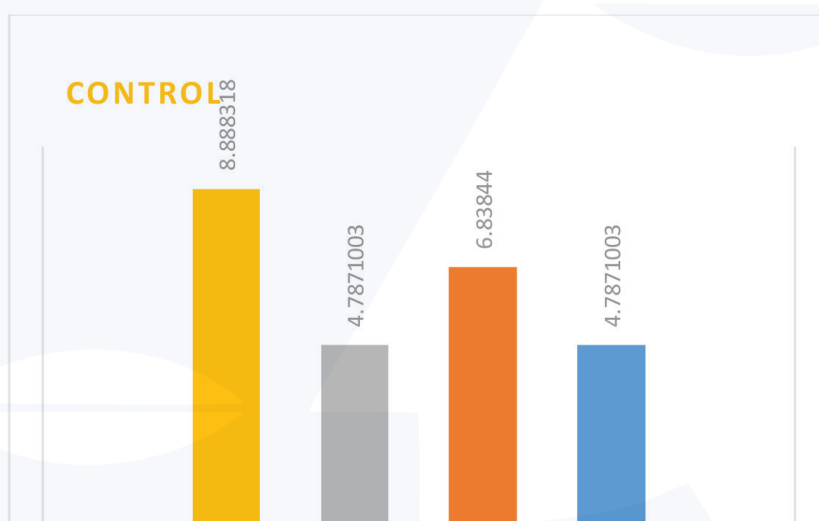




شکل ۱۸: میزان حضور GYPSUM در نمونه‌ها

آب است؛ این ترکیب شیمیایی در نمونه‌های تحت میدان شعوری (ط) بیشتر دیده شده است.

Hemihydrate آلوتروپی از سولفات کلسیم است که با فرمول $\text{H}_2\text{O}_2/1 * \text{CaSO}_4$ دارای نیم واحد مولکول

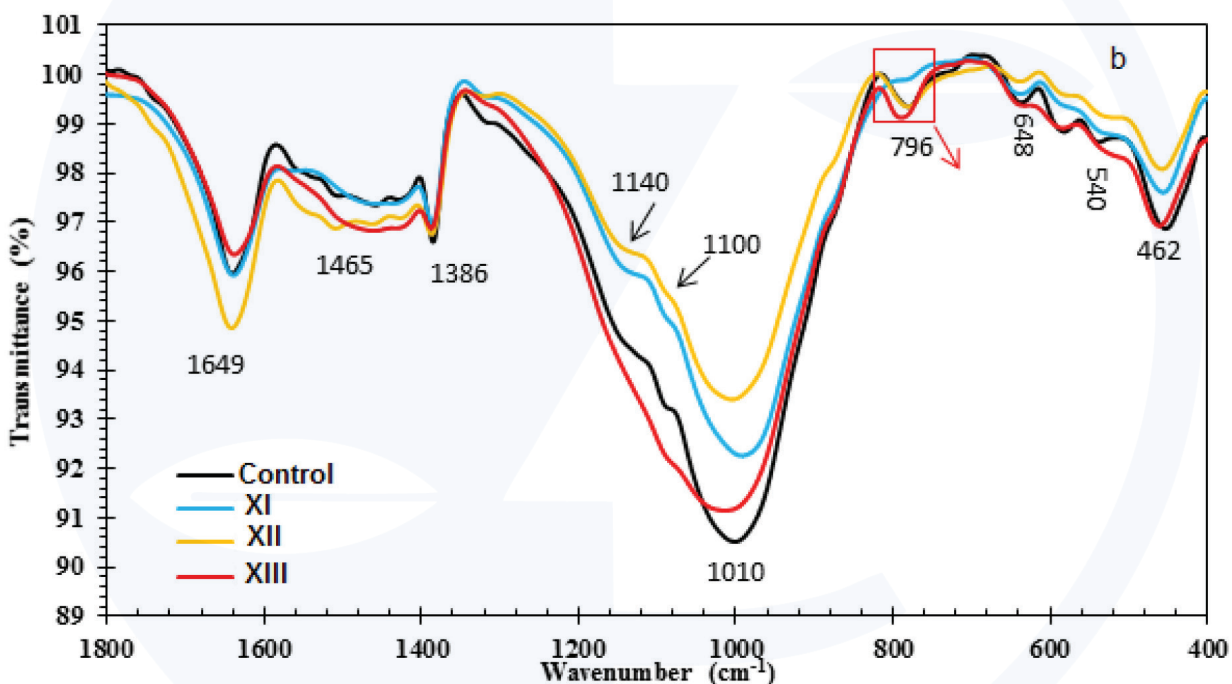
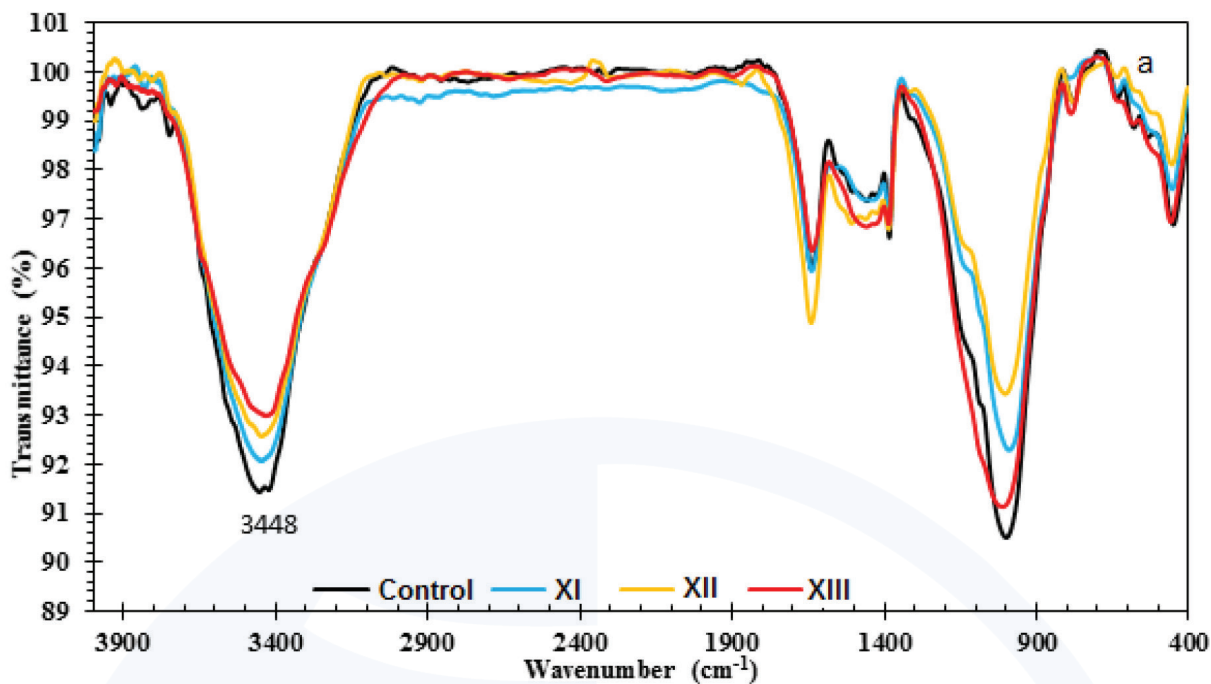


شکل ۱۹: میزان حضور Hemihydrate در نمونه‌ها

رابطه بین موقعیت طول موج و ساختار شیمیایی می‌توان شناسایی گروه‌های مختلف آماری موجود در نمونه را به راحتی انجام داد. موقعیت گروه‌های عاملی تقریباً ثابت است. جهت بررسی ساختار شیمیایی نمونه‌ها، از آزمون FT-IR استفاده شده و نتایج در تصویر ۲۱ نشان داده شده است. همچنین جهت مقایسه بهتر نتایج تصویر بزرگنمایی شده از این طیف‌ها در محدوده محدود 400 cm^{-1} تا 1800 cm^{-1} نیز نشان داده شده است.

نتایج آزمون FT-IR طیف سنجی مادون قرمز

از هر سری یک نمونه برای آنالیز FT-IR انتخاب شد. این آنالیز می‌تواند ارتعاشات موجود در گروه‌های عاملی یک نمونه را شناسایی کند. وقتی اشعه مادون قرمز به نمونه برخورد می‌کند پیوندهای شیمیایی موجود کش می‌آیند یا خم می‌شوند؛ بنابراین گروه شیمیایی موجود در نمونه، بدون در نظر گرفتن ساختار بقیه مولکول تمایل به جذب اشعه مادون قرمز در طیف خاصی از طول موج را دارد. در نتیجه براساس



شکل ۲۰: نتایج آزمون FT-IR مربوط به نمونه های سیمانی (الف) کل طیف و (ب) محدوده 400 cm^{-1} تا 1800 cm^{-1} -

نمونه‌ها ارتعاش کششی پیوندهای O-H در شاهد و ارتعاش خمشی پیوندهای O-H در نمونه‌های تحت میدان شعوری (ط) بیشتر بیک‌های واضح‌تری دارد. ارتعاشات کششی پیوندهای موجود در گروه کربناتی ساختار کربنات کلسیم در عدد موج 1465 cm^{-1} پیک جذبی نشان داده است [۳۸]. همچنین ارتعاشات کششی پیوندهای Si-O موجود در واحدهای آنیون‌های SiO_4^{4-} در عدد موج 1386 cm^{-1} پیک جذبی نشان داده

مطابق طیف های نشان داده شده در تصویر (۲۰)، در نمونه‌های مورد بررسی پیک‌های قرار گرفته در عدد موج حدود 3460 cm^{-1} مربوط به ارتعاش کششی پیوندهای O-H در مولکول‌های آب جذب سطحی شده است [۳۶]. همین پیوندهای O-H می‌توانند در فرکانس خاصی به صورت خمشی به ارتعاش درآیند که جذب حاصل از ارتعاش خمشی پیوندهای O-H در عدد موج 1649 cm^{-1} به وقوع پیوسته است [۳۷]. در

است [۳۹]. پیک‌های پدیدار شده در عدد موج‌های 1100 cm^{-1} و 1010 cm^{-1} به ترتیب مربوط به ارتعاش کششی پیوندهای Si-O-Si و Si-O-Al در ترکیبات موجود در سیمان است [۴۰] که این پیک در نمونه شاهد با شدت بیشتری دیده می‌شود. دو پیک واقع شده در عدد موج‌های 462 cm^{-1} ، 648 cm^{-1} و 540 cm^{-1} نیز مربوط به ارتعاش خمشی پیوندهای Si-O در ترکیبات مختلف است [۴۰-۴۱].

همانگونه که در طیف نشان داده شده در تصویر (۲۰) مشخص است، یک پیک نیز در عدد موج 796 cm^{-1} واقع شده است که این پیک در نمونه‌های حاوی مقادیر بالای قلیا در سیمان‌های تولیدی مشاهده می‌شود [۴۰]. با مقایسه شدت پیک واقع شده در این عدد موج مشخص است که نمونه XI کمترین و نمونه XIII بیشترین مقدار قلیا در ساختار را دارا بوده اند. این در حالی است که مقدار قلیا در نمونه شاهد و نمونه XII تقریباً یکسان بوده است. با توجه به اینکه مقدار قلیای موجود در سیمان می‌تواند یکی از مهمترین پارامترهای تأثیرگذار در سرطان سیمان باشد و با توجه به اینکه در آزمایش ما سیمان یکسان و کم قلیا بوده و تحلیل بعد از قرارگیری در معرض قلیای محرک می‌باشد ممکن است با توجه به ماهیت FT-IR به توان نتیجه گرفت که همچنان با وجود محیط واکنش زا میزان قلیا در نمونه XIII دیده می‌شود که وارد واکنش نشده و این بررسی با نتایج میزان انبساط هم‌راستاست. این در صورتی است که طبق شرایط آزمایش میبایست قلیای سیمان با سود نرمال و سنگدانه در ماکزیمم حالت وارد واکنش شده، ژل سیلیسی قلیایی تولید کند و انبساط ایجاد کند و لازم به توضیح است، این پیک معمولاً برای مقایسه میزان قلیایی بودن سیمان قبل از واکنش بررسی می‌گردد. البته این نتیجه‌گیری نیاز به بررسی گسترده رفتار سیمان کم قلیا در محیط مخرب دارد.

نتیجه‌گیری

در اولین گام متوجه شدیم میدان شعوری (ط) توانسته

بر میزان انبساط سیمان در اثر واکنش قلیایی اثر گذارد و این اثر در بازه کاهش انبساط و متوسط ۷ درصد است (جدول ۳ - تصویر ۲). باتوجه به پتروگرافی مقاطع سیمان مشاهده شد که گردگوشگی کانی‌ها در نمونه‌های تحت میدان شعوری (ط) محسوس‌تر است (تصویر ۳-۴-۵-۶). همچنین در عکس‌برداری SEM فضای متعارف بین سنگ‌دانه و سیمان که محل تشکیل ژل‌ها است بررسی شد و اگر در عکس‌ها مقیاس 10μ را به‌طور مشترک بررسی کنیم، در نمونه شاهد، کریستال‌های واضحی دیده می‌شود و فضای تیره‌رنگ بزرگ‌تری بین سنگ‌دانه و سیمان ایجاد شده است (تصویر ۷-۸-۹-۱۰).

آنالیز عنصری در اطراف سنگ‌دانه به وضوح تفاوت بین عناصر تأثیرگذار بر این واکنش را آشکار می‌کند (جدول ۴). میزان کربن تا ۹۷٪ بیشتر و سیلیسیوم تا ۳۱٪ کمتر و آهن تا ۱۰۰٪ بیشتر دیده شده است. در آزمایش L.O.I نمونه‌ها ابتدا در دمای ۹۵۰ درجه سلسیوس اکسید و سپس میزان افت جرم محاسبه می‌شود؛ این افت برای نمونه‌های تحت میدان شعوری (ط) بین ۵ تا ۱۳ درصد بیشتر بوده و ممکن است آب یا کربن یا موادی که در دما راحت‌تر تبخیر می‌شوند ایجاد شده باشند (جدول ۵).

همچنین طبق نتایج آنالیز XRF تفاوت در عناصر دیده می‌شود که در جدول (۶ و ۷) ارائه شده و میببینیم SO_3 تا ۲۸ درصد بیشتر و SiO_2 متوسط ۵ درصد کمتر، CaO بین ۶ تا ۱۳ درصد بیشتر و Al_2O_3 متوسط ۹ درصد بیشتر دیده شده است. در ادامه تفاوت‌های کریستال‌های دیده شده در آنالیز XRD در جدول (۸) به تفصیل آمده و متوجه شدیم که برخی ترکیبات از جمله Hemihydrate و Albite و Gypsum در نمونه‌های تحت میدان شعوری (ط) بیشتر و ترکیبات Dolomite و Calcite کاهش داشته است. (تصاویر ۱۵-۱۶-۱۷-۱۸-۱۹)

برای توضیح بیشتر لازم است یادآوری کنیم که نحوه کار برای شناسایی فازها، احتمال حضور عناصر از روی تجزیه و تحلیل پراش اشعه X است و از آنجایی که میدان شعوری (ط) نحوه عملکرد تازه‌ای دارد، ممکن است

آنچه ایجاد شده در فرمت‌های شناخته‌شده مواد و سیمان قرار نگیرد. شعور و ماده و انرژی سه فاکتور اجرایی در تحقیق ما هستند؛ بنابراین با این فرض همیشه مواجهیم که با محاسبات عرف شناخته‌شده که محدود به قوانین مواد در حیطه ماده و انرژی می‌باشد، همه آثار میدانهای شعوری (ط) قابل برداشت نباشد. این موارد در تحلیل نتایج FT-IR بیشتر خودنمایی می‌کند. در نمونه‌ها ارتعاش کششی پیوندهای O-H در شاهد و ارتعاش خمشی پیوندهای O-H در نمونه‌های تحت میدان شعوری (ط) پیک‌های واضح‌تری دارد. پیک‌های پدیدار شده در عدد موج های 1100 cm^{-1} و 1010 cm^{-1} به ترتیب مربوط به ارتعاش کششی پیوندهای Si-O-Al و Si-O-Si در ترکیبات موجود در سیمان است که این پیک در نمونه شاهد با شدت بیشتری دیده می‌شود؛ و در کل تفاوت بین نمودارهای شاهد با میدان‌های شعوری (ط) دیده می‌شود؛ که مسیر متفاوتی را طی کرده‌اند.

همانطور که از ابتدا بیان شد، مبنای تحقیق، بررسی چگونگی عملکرد میدان شعوری (ط) می‌باشد. در این تئوری، اگرچه میدان‌های شعوری (ط) قابل اندازه‌گیری نیستند اما بررسی اثرات آنها از طریق آزمایش‌های علمی مختلف امکان‌پذیر است.

در این آزمایش که تمام تست‌ها و آنالیزها توسط افرادی انجام شده که هیچ‌گونه اطلاعی از میدان شعوری (ط)

نداشته‌اند، مشهود است که ترکیب مواد، میزان حضور عناصر و ترکیبات شیمیایی آن‌ها تغییر کرده؛ یعنی شعور عامل ایجاد این تغییرات است و این تغییرات هدفمند و در راستای کنترل انبساط و میزان تخریب بتن بوده است. لذا می‌توان گفت میدان‌شعوری (ط) قابلیت تغییر رفتار مواد و مصالح را دارد؛ و توانسته بر روند کنترل واکنش قلیایی سیلیسی با تغییر در ترکیبات شیمیایی اثر مطلوبی بگذارد. میدان‌های شعوری (ط) بر همه موجودات زنده (و غیر زنده) از جمله انسان‌ها، گیاهان، حیوانات و میکروارگانیسم‌ها، مولکول‌ها و غیره اثر می‌گذارد. ما پیشنهاد می‌کنیم که محققین دیگر اثر میدان‌های شعوری (ط) را بر موجودات زنده و غیر زنده بررسی کنند.

تقدیر و تشکر

از همراهی آزمایشگاه‌های بین‌المللی ایران که در راستای این تحقیق که در نوع خود اولین است صبورانه ما را یاری کردند نهایت تشکر را داریم. از جناب آقای پروفیسور رضانیانپور و از جناب آقای دکتر نصیری، آقای دکتر مجتهدی به‌خاطر مشاوره‌های علمی و از سرکار خانم جلایر که در امور ادبی و ترجمه همراه بودند نهایت سپاس را داریم.



1. Mohammad. A, Ghiyasvand. E, & Nili. M. (2020). Relation between mechanical properties of concrete and alkali-silica reaction (ASR); a review. *Construction and Building Materials* Vol.253: 30 119189
2. Zandi Y.(2009). *Advanced Concrete Technology*. ISBN:978-964-547-221-2. PP55-65
3. Kashi. M.G. (2005). Mitigation of Alkali-Silica Reactivity (ASR) for Saymareh dam Project. Soil, Rock & Structure Consulting Engineers
4. Abd-Elssamad. A, Ma. Z.J, Hou. H, Le Pape. Y. (2020). Influence of mineralogical and chemical compositions on alkali-silica-reaction of Tennessee lime-stones. *Construction and Building Materials*. Vol. 261, 20 119916
5. Stanton. T.E. (1940). Expansion of Concrete Through Reaction Between Cement and Aggregate. *Proceedings of the American Society of Civil Engineers* 66: 1781-1811
6. Pan. J, Feng. Y.T, Wang. J, Sun. Q.C. (2012). Modeling of alkali-silica reaction in concrete: A review. *Frontiers of Structural and Civil Engineering*. 6(1): 1-18 DOI 10.1007/s11709-012-0141-2
7. Lindgard. J, Andic-Cakir O, Fernandes. I, Ronning. T. F, Thomas M D A. (2012). Alkali-silica reaction (ASR). Literature review on parameters influence laboratory performance testing. *Cement and Concrete Research*.Vol.42: pp.223-243
8. St John. D.A, Poole. A.B, Sims. I. (1998). *Concrete Petrography-A Handbook of Investigative Techniques*. Arnold, UK. pp 474.
9. Wu. H, Pan. J, Wang J. (2020). Nano-scale structure and mechanical properties of ASR products under saturated and dry conditions. www.nature.com/scientificreports
10. Diamond. S, et al. (1918). On the physics and chemistry of alkali-silica reaction, 5th Conf. Alkali Aggregate Reaction in concrete
11. Buck. A.D, Houston. B.J, Pepper. L. (1953). Effectiveness of mineral admixture in preventing excessive expansion of concrete due to alkali- aggregate reaction. *Journal of the American Concrete Institute*. Vol.30: 11-60.
12. Ramlochana. T, Thomasa. M, Grruber. K.A. (2003). The effect of metakaolin on alkali-silica reaction in concrete. *Cement and Concrete Research*. Vol. 30: 339-344.
13. Rodrigue. A, Duchesne. J, Fournier. B, Champagne. M, Bissonnette.B.(2020). Alkali-silica reaction in alkali-activated combined slag and fly ash concretes: The tempering effect of fly ash on expansion and cracking. *Construction and Building Materials*. Vol. 251: 118968
14. Bolouri. A, Haji-Aghababayi. M. (2009). Investigation of the effect of microsilica on reducing the alkali-silica reactivity of silica in concrete aggregates of Shamil and Nian dams, First International Concrete Technology Conference, Tabriz.
15. Sedghi. P. (2009). Alkaline reaction of aggregates in concrete with a view to Gavoshan tunnel. The first national concrete conference, Tehran.
16. Singh. J, Singh. S.P.(2020). Evaluating the alkali-silica reaction in alkali-activated copper slag mortars. *Construction and Building Materials*. Vol. 253: 119-189
17. Delnavaz. M, Family. H, Khaksari. M, Alipour. B.(2010). Investigating the effect of using nano-silica, silica fume and metakaolin on reducing alkali-silica reactions of concrete aggregates, 2nd National Concrete Conference Tehran-Iran . <https://civilica.com/doc/152568>
18. Feng. X, Thomas. M.D.A, Bremner. T.W, Balcom. B.J, Folliard K. J. (2005). Studies on lithium salt to mitigate ASR-induced expansion in new concrete: a critical review, *Cement and Concrete research*. Vol.35: 1789-1796
19. Kim. T, Olek. J. (2016). The effects of lithium ions on chemical sequence of alkali-silica reaction. *Cement and Concrete Research*. 79: 159-168.
20. Afshinnia. K, Poursae. A. (2015). The influence of waste crumb rubber in reducing the alkali-silica reaction in mortar bars. *Journal of Building Engineering*. 4: 231-236
21. Le .H.T, Ludwig. H. M. (2020). Alkali silica reactivity of rice husk ash in cement paste. *Construction and Building Materials* Vol. 243: 118145.
22. Ahmadi. B, Shekarchi. M. (2010). Use of natural zeolite as a supplementary cementitious material. *Cement and concrete composites*. Vol.32 (2) pp134-141
23. Najmi. M, Sobhani. J, Ahmadi. B, Shekarchi. M.(2012). An experimental study on durability properties of concrete containing zeolite as a highly reactive natural pozzolan. *Construction and Building Material*. Vol. 35: pp 1023-1033.
24. Snyder. K. A, Lew. H. S. (2013). *Alkali-Silica Reaction Degradation of Nuclear Power Plant Concrete Structures: A Scoping Study*. Materials and Structural Systems Division Engineering Laboratory. NISTIR 7937
25. www.cosmointel.com
26. Taheri. M. A. (2013). *Human from another outlook*. Interuniversal Press. 2nd Edition. ISBN-I3: 978-1939507006, ISBN-I0: 193950700
27. Taheri. M.A. (2012). *General Connection of particles*. Interuniversal Publishing, Erfan-Higheh. ID: 978-1-940491-03-5
28. Torabi.S., Taheri. M. A., & Semsarha, F. (2020). Alleviative effects of Faradarmani Consciousness Field on *Triticum aestivum* L. under salinity stress. *F1000Research*, 9(1089), 1089.
29. Astm. ASTM C1260-Standard test method for potential alkali reactivity of aggregates (mortar-bar method). *ASTM Int*. 2012. 1-5.
30. Esfahani. A.N, Ahmadi.M.(2005). Petrography of igneous rocks, Islamic Azad University. (Khorasgan). ISBN:964-95173-7-5
31. Stutzman. P, Feng. P, Bullard . J. (2016). Phase Analysis of Portland Cement by Combined Quantitative X-Ray Powder Diffraction and Scanning Electron Microscopy. *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*. Vol. 121 <http://dx.doi.org/10.6028/jres.121.004>.
32. Le Saoüt. G, Kocaba. V, Scrivener. K. (2011). Application of the Rietveld method to the analysis of anhydrous cement. *Cement and Concrete Research*. 41 133-148
33. Khodam. F. (2018). X Ray Diffraction (XRD) Spectroscopy. *NAIS*. vol. 2: pp 11-19. Print ISSN: 2588-6401., Online ISSN: 2588-641X
34. Zandi. Y.(2009). *Advanced Concrete Technology*. ISBN:978-964-547-221-2., PP 2-10
35. Sybiliskia. M, Nocun-Wcelikb. W, Gorazdze. C. (2015). The effect of dolomite additive on cement hydration. Peer-review under responsibility of organizing committee of the 7th Scientific-Technical Conference Material Problems in Civil Engineering. DOI 10.1016/j.proeng.06.136
36. Javidparvar. A.A, Ramezanzadeh .B, Ghasemi. E. (2016). The effect of surface morphology and treatment of Fe3O4 nanoparticles on the corrosion resistance of epoxy coating. *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.* 61. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2016.01.001>
37. Anchieta. C, Cancelier. A, Mazutti. M, Jahn .S, Kuhn .R, Gündel .A, Chiavone-Filho .O, Foletto E.(2014). Effects of Solvent Diols on the Synthesis of ZnFe2O4 Particles and Their Use as Heterogeneous Photo-Fenton Catalysts, *Materials* (Basel). 7 (2014) 6281-6290. <https://doi.org/10.3390/ma7096281>.
38. Sasnauskas. V. (2013). Cement hydration with zeolite-based additive, *Chemija*. 24 -271-278.
39. Hassan. M, J. M. Khatib, P. S. Mangat, and P. H. E. Gardiner. (2014). "FTIR and XRD Characterized Portland Cement Stabilised Lead Contaminated Soil." .
40. Tyler. S. (2001). Application of FTIR for Quantification of Alkali in Cement. The University of North Texas.
41. Trezza M. A. (2007). Hydration study of ordinary portland cement in the presence of zinc ions. *Materials research*. Dec;10(4):331-4.