# بررسی تأثیر کانی‌شناسی سنگ‌دانه‌ها بر کیفیت بتن

جواد شریفی، *محمدرضا نیکودل: دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ: دریافت ۹۰/۲/۱۱ پذیرش ۹۰/۸/۱۵

## چکیده

هدف این تحقیق بررسی تأثیر کانی‌شناسی و خواص ژئوشیمیایی سنگ‌دانه‌ها بر خصوصیات مکانیکی بتن است. برای تحقق این امر، سنگ‌دانه‌هایی با خواص پترولوژی مختلف از معادن فعال گردآوری شده و به آزمایشگاه منتقل شده است. نمونه‌های انتخاب شده شامل آندزیت، بازالت، گرانیت، گنایس، آهک، لوماشل، ماسه‌سنگ، دولومیت، توف و دیوریت است که دارای خواص شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی مختلفی هستند. نتایج این تحقیق نشان داد که خواص فیزیکی و مکانیکی کانی‌ها خواص مقاومتی بتن را تحت تأثیر قرار می‌دهند و مشخص شد که خصوصیات نامطلوب بتن با چه کانی‌هایی کنترل می‌شود. همچنین در این تحقیق مشخص شد که سنگ‌دانه‌های با کانی‌های سوزنی و ورقه‌ای و همچنین کانی‌های که در معرض فرسایش قرارگرفته‌اند در خواص نامطلوب بتن تأثیر زیادی دارند. در این تحقیق بیش‌ترین مقاومت ۲۸ روزه بتن مربوط به سنگ‌دانه دولومیتی با مقاومت فشاری ۳۳ مگاپاسکال، و کم‌ترین مقاومت مربوط به سنگ‌دانه لوماشلی با ۱۳ مگاپاسکال است.

**واژه‌های کلیدی** : بتن، مقاومت، سنگ‌دانه، پترولوژی، کانی‌شناسی

## مقدمه

توده اصلی بتن[۱] را سنگ‌دانه‌های[۲] درشت و ریز تشکیل می‌دهد و فعل و انفعال شیمیایی بین آب و سیمان[۳] سبب می‌شود که شیره‌ای اطراف سنگ‌دانه‌ها را پوشانده و باعث یک‌پارچه شدن و چسبیدن آن‌ها به یک‌دیگر گردد. این سنگ‌دانه‌ها اسکلت اصلی بتن را تشکیل داده و نیروی وارد بر بتن را تحمل می‌کنند. آب نیز در این مخلوط موجب ایجاد واکنش شیمیایی در

*نویسندهٔ مسئول

۱. Cement ۲. Aggregate ۳. Concrete

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-07-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.2.4.4 ]

سیمان می‌شود که سخت شدن مخلوط بتن را پس از طی دورهٔ حدود ۲۸ روز و رسیدن به مقاومت نهایی بتن به همراه دارد. شن و ماسه حدود ۷۵ درصد مخلوط بتن و مابقی را خمیر سیمان و درصد بسیار کمی از آن را هوا تشکیل می‌دهد. بدیهی است مادهٔ متشکله‌ای که چنین درصد بزرگی از بتن را تشکیل می‌دهد، باید نقش مهمی در خواص بتن تازه و سخت شده داشته باشد [۱]. به‌علاوه، به‌منظور حصول خصوصیات ویژه، نظیر سبکی، عایق حرارتی یا پرتوگیری، غالباً از سنگ‌دانه‌هایی که به‌صورت ویژه برای ایجاد این خواص در بتن ساخته شده‌اند، استفاده می‌شود [۲]. سنگ‌دانه‌ها بر خواص بسیار مهم بتن سخت شده نظیر پایداری حجمی، چگالی، مقاومت در برابر شرایط مخرب محیطی، خواص حرارتی و لغزندگی رویه بتنی تأثیر می‌گذارند. پژوهش‌گران مختلفی در بارهٔ نقش سنگ‌دانه‌ها بر کیفیت مصالح بتنی تحقیقاتی ارایه کرده‌اند [۳] تا [۸]، ولی در این تحقیق توجه ویژه‌ای به کانی‌شناسی سنگ‌دانه‌ها و تأثیرآن بر کیفیت بتن شده است.

در این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر پترولوژی[۱] سنگ‌دانه‌های مختلف بر کیفیت مصالح بتنی، سنگ‌دانه‌هایی با خواص فیزیکی و شیمیایی متفاوت گردآوری شده و به آزمایشگاه منتقل شده است. در ابتدا خصوصیات فیزیکی و مکانیکی سنگ‌های انتخاب شده بررسی و تعیین شد. در مرحلهٔ بعد، سنگ‌های موجود به ذراتی در اندازهٔ شن و ماسه خرد شده و سپس با استفاده از طرح اختلاط ثابتی از نمونه‌های موجود، بتن تهیه و خصوصیات مکانیکی و شیمیایی بتن حاضر از قبیل مقاومت فشاری و مدول الاستیسیته بعد از گذشت ۷، ۲۸ و۹۰ روز اندازه‌گیری شد. پس از تعیین خصوصیات بتن ساخته شده و کسب پارامترهای لازم، نتایج به‌دست آمده با خصوصیات، به‌ویژه جنس سنگ‌دانه‌ها، مقایسه شد و تأثیر خواص سنگ‌شناسی بر خصوصیات مکانیکی بتن تهیه شده، تفسیر و ارزیابی شد [۹].

## بررسی‌های آزمایشگاهی

### ۱. مصالح استفاده شده

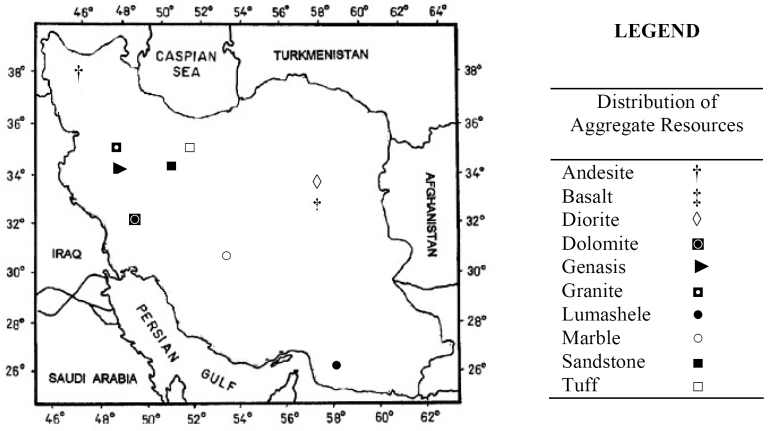
در ابتدا سنگ‌دانه‌هایی از معادن مختلف و از گروه‌های رسوبی، آذرین و دگرگونی گردآوری

۱. Petrology

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-07-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.2.4.4 ]

و به آزمایشگاه منتقل شد. محل نمونه‌برداری مصالح استفاده شده در شکل ۱ نشان داده شده است. در آزمایشگاه با یک سنگ‌شکن فکی، نمونه‌های سنگی برداشته شده به اندازه‌های قابل استفاده در بتن، خرد شدند. در مراحل بعد خواص فیزیکی و شیمیایی سنگ‌دانه‌ها با میکروسکوپ پلاریزان بررسی شد. سپس مقاطع نازک، بافت، ساخت، نحوه اتصال کانی‌ها و هم‌چنین دگرسانی[۱] آن‌ها شناسایی و بررسی شد. نتایج بررسی و تفسیر مقاطع نازک در جدول ۱ و ۲ نشان داده شده است. در پایان با استفاده از نتایج به‌دست آمده نام سنگ نیز مشخص شد [۱۰] تا [۱۵].




**شکل ۱. محل نمونه‌برداری مصالح استفاده شده**

**جدول ۱. بررسی و تفسیرمقاطع نازک**

| نام تجاری | لوماشل | توف | ماسه‌سنگ | آندزیت | دیوریت |
|---|---|---|---|---|---|
| **نام پترولوژی** | آواری-زیستی | توف | ماسه‌سنگ | تراکی داسیت | کوارتز مونزونیت |
| **بافت** | متخلخل | متخلخل | متخلخل | پورفیری میکروکریستال | پورفیری شیشه‌ای |
| **دگرسانی و هوازدگی** | هوازدگی زیاد | دگرسانی زیاد | هوازدگی زیاد | دگرسانی ناچیز | دگرسانی بیوتیت |
| **رخ و شیستوزیته** | ندارد | ندارد | ندارد | ندارد | ندارد |
| **سطح و شکل شکست** | کرمو و نامنظم | زبر و مضرس | زبر و نامنظم | کمی صاف و صدفی | صیقلی و صدفی |
| | کوارتز | کوارتز | کوارتز | پلاژیوکلاز | کوارتز |
| **کانی‌های عمده** | خرده صدف | فلدسپات | پلاژیوکلاز | بیوتیت | بیوتیت |
| | اشپار | پلاژیوکلاز | اشپار | فلدسپات | فلدسپات |

۱. Alteration

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-07-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.2.4.4 ]

**جدول ۲. بررسی و تفسیر مقاطع نازک**

| نام تجاری | بازالت | دولومیت | گرانیت | مرمر | گنایس |
|---|---|---|---|---|---|
| **نام پترولوژی** | بازالت | دولومیت | کوارتز مونزودیوریت | مرمر | کوارتز مونزونیت |
| **بافت** | گرانولار افتیکی | متراکم | گرانیتی گرانولار | بلوری | جهت یافته |
| **دگرسانی و هوازدگی** | دگرسانی کم | هوازدگی کم | دگرسانی کم | هوازدگی کم | دگرسانی زیاد |
| **رخ و شیستوزیته** | ندارد | ندارد | ندارد | ندارد | دارد |
| **سطح و شکل شکست** | صاف و صدفی | زبر و مضرس | صیقلی و صدفی | زبر و مضرس | زبر و مضرس |
| | آمفیبول | خرده صدف | آلکالی فلدسپات | میکریت | بیوتیت |
| **کانی‌های عمده** | پیروکسین<br>آلکالی فلدسپات | میکریت<br>اشپار | پلاژیوکلاز<br>بیوتیت | اشپار | کوارتز<br>پلاژیوکلاز |

طبق بررسی‌های انجام شده از مقاطع میکروسکوپی، سنگ‌دانه ماسه‌سنگی که از سازند قرمز فوقانی در اطراف قم گرفته شده بود حاوی مقادیر چشم‌گیری ژیپس و ذرات رس بود که با شستشو سنگ‌دانه، این مواد نامطلوب از بتن عاری شد. لازم به ذکر است که سیمان این سنگ‌دانه از نوع آهکی است که در آنالیز شیمیایی و میکروسکوپی نیز مشاهده شد. بنا بر این در این پژوهش، برای بررسی و تأثیر نامطلوب سیمان آهکی ماسه‌سنگ بر خواص بتن، از این سنگ‌دانه، استفاده شد [۱۶]، [۱۷]. سنگ‌دانه لوماشلی نیز علیرغم خواص نامطلوب، در جنوب کشور (هرمزگان) به‌دلیل کمبود مصالح در بتن مصرف می‌شود [۱۸].

پس از شکستن سنگ‌دانه‌ها و سرند کردن آن‌ها، میزان ذرات پولکی شکل در نمونه‌های آزمایش شده به کم‌تر از ۵ درصد محدود شد. از آن‌جایی که همهٔ نمونه‌ها با یک دستگاه سنگ‌شکن شکسته شده‌اند، ضریب تورق و ضریب تطویل آن‌ها اختلاف کمی نشان می‌دهد و کم‌تر از ٤٠ است. وزن مخصوص و جذب آب سنگ‌دانه‌های ریز و درشت در حالت اشباع با سطح خشک[1] به روش (BS 812:1975 (EN 1097-6:2000)) تعیین شد [۱۹]، [۲۰]، که به ترتیب در شکل ۲ و ۳ نشان داده شده است. از آن‌جایی که استاندارد BS منسوخ شده و جای خود را به استاندارد EN داده است، معادل EN آن نیز عنوان شده است.

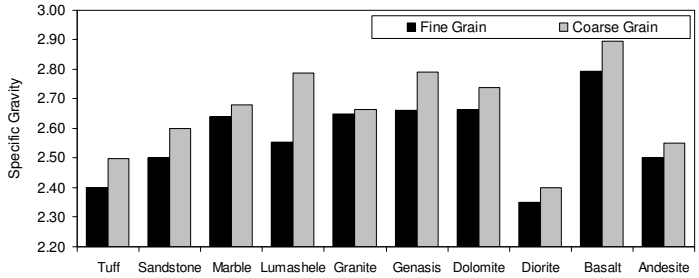
دانه‌بندی مصالح به‌وسیلهٔ الک انجام شده است. ضریب نرمی[2] سنگ‌دانه‌های ریز استفاده شده نیز ۲/۸٦ به‌دست آمد که طبق آیین‌نامه ۳۳ ASTM C در محدودهٔ مجاز است [۲۲]، [۲۱].

۱. Saturated Surface-Dry (SSD) ۲. Fineness

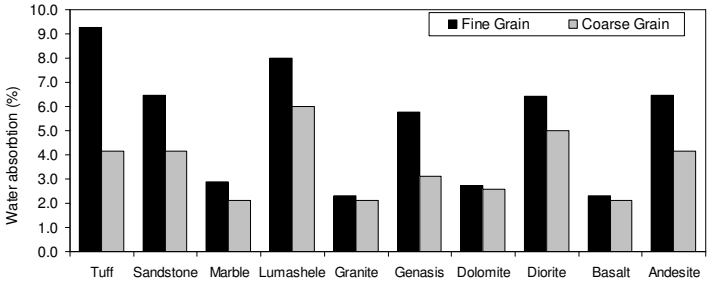
[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-07-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.2.4.4 ]

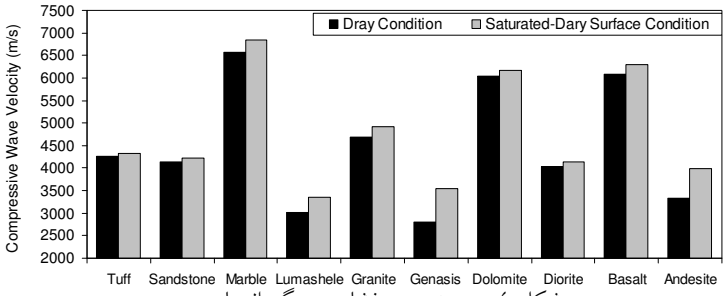
برای تعیین خواص آلتراسونیک، طبق استانـدارد انجمن جهانی مکانیک سنگ[1] بر روی نمونه‌های استوانه‌ای در حالت خشک و اشباع، با سطح خشک از دستگاه انـدازه‌گیری سرعت موج فشاری، استفاده شد (شکل ٤) [۲۳]، [٢٤].




**شکل ۲. نتایج آزمایش وزن مخصوص سنگ‌دانه‌های استفاده شده**




**شکل ۳. جذب آب سنگ‌دانه‌های ریز و درشت در حالت اشباع با سطح خشک**



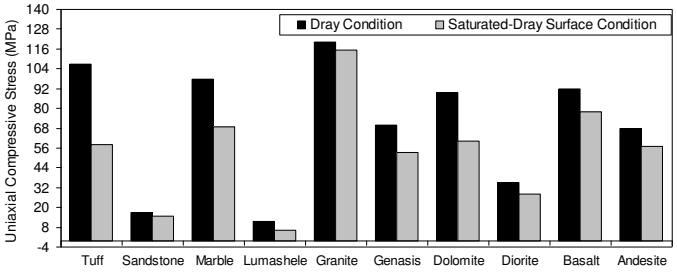

شکل ٤. سرعت موج فشاری سنگ‌دانه‌ها

آزمایش‌های گوناگونی برای تعیین مقاومت سنگ اولیه انجام شده که می‌توان به آزمایش فشاری تک‌محوری و برزیلی [۲۵] اشاره کرد (شکل ۵ و ٦).

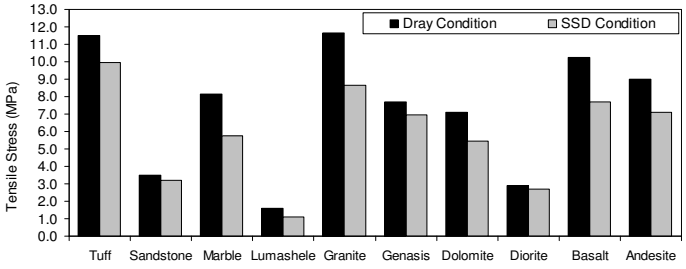
۱. International Society of Rock Mechanics (ISRM)

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-07-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.2.4.4 ]




**شکل ۵. مقاومت تک‌محوری سنگ‌دانه‌ها**




**شکل ٦. نتایج آزمایش مقاومت کششی برزیلین**

سیمان استفاده شده برای ساخت بتن، سیمان پرتلند[۱] پوزلانی[۲] ساخت شرکت سیمان تهران با عنوان سیمان‌های آمیخته[۳] مطابق با استاندارد ASTM C 959 است [۲]. برای ساخت بتن از آب شهر تهران استفاده شده است که طبق استاندارد BS ۳۱٤۸، این آب از لحاظ اسیدیته و یون کلر برای مصرف در بتن مناسب است [۲].

## ۲. ساخت بتن

در این تحقیق نسبت اختلاط مصالح برای ساخت بتن بر اساس روش حجمی بوده است که در جدول ۳ نشان داده شده است. در این طرح اختلاط، نسبت آب به سیمان برابر با ۰/٤٤ و مقاومت فشاری طراحی برابر با ۲۵ مگاپاسکال تعیین شده است. همچنین اسلامپ این طرح برابر با ۳۰ میلی‌متر و درصد هوای غیرعمدی در بتن نیز ۱ درصد در نظر گرفته شده است [۲٦]، [۲۷].

**جدول۳. طرح اختلاط استفاده شده**

| نوع مصالح | سیمان ($Kg/m^3$) | آب ($Kg/m^3$) | هوا (%) | ماسه ($Kg/m^3$) | شن ($Kg/m^3$) |
|---|---|---|---|---|---|
| میزان اختلاط | ۳۳٦ | ۱۵۰ | ۱ | ۸۵۰ | ۹٦۰ |

۱. Portland ۲.Pozzolana ۳. Complex Cement

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-07-23 ]

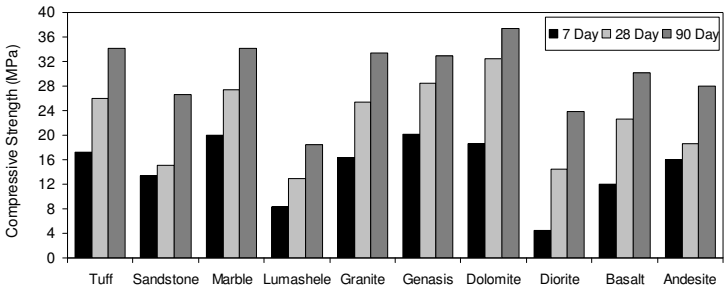
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.2.4.4 ]

با آزمایش اسلامپ روانی و کارایی بتن تازه تعیین می‌شود. آزمایش اسلامپ مطابق ۱۹۸۳: BS۱۸۸۱ برای هر طرح اختلاط انجام شده است [۲۸]. مقدار اسلامپ اندازه‌گیری شده برای هر مخلوط بتنی ساخته شده از سنگ‌دانه‌های مختلف بین ۲۵ تا ۳۵ میلی‌متر متغیر است.

برای انجام آزمایش مقاومت فشاری از نمونه‌های استاندارد مکعبی به اضلاع ۱۵ سانتی‌متر، و برای آزمایش‌های مقاومت کششی و سرعت صوت نیز از قالب‌های استوانه‌ای، استفاده شد. پس از نمونه‌گیری، سطح خارجی نمونه‌ها تا ٢٤ ساعت در دمای آزمایشگاه و با گونی پوشش داده شد و در پایان این مدت، نمونه‌ها از قالب خارج و در حوضچهٔ بتن که حاوی آب با دمای ۲±۲۲ درجهٔ سانتی‌گراد است، نگه‌داری شد [۲۹].

### ۳. خواص بتن سخت‌شده

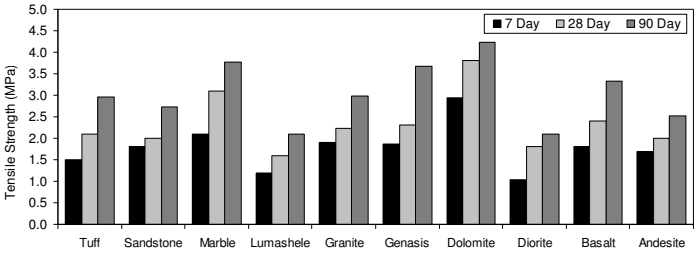
نمونه‌های مکعبی استاندارد تهیه شده در سنین ۷، ۲۸، ۹۰ و ۱۸۰ در حالت اشباع با سطح خشک با دستگاه‌های فشار، تحت نیروی فشاری طبق استاندارد BS 1881: Part 116 (EN 12390-3:2002) قرار گرفته است [۳۰]. مقاومت کششی نیز به وسیله دستگاه برزیلی بر روی نمونه‌های استوانه‌ای [۳۱] انجام گرفت (شکل ۷ و ۸). پس از انجام آزمون مقاومت فشاری تک‌محوره و ترسیم منحنی‌های تنش-کرنش، مدول الاستیسیته [۳۲]، [۳۳]. نمونه‌ها در سنین مختلف تعیین شد (شکل ۹). تعیین مدول الاستیسیته به روش مماسی (۵۰ درصد مقاومت نهایی) است.



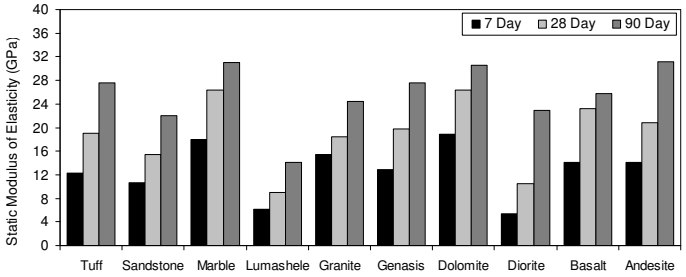

**شکل ۷. نتایج آزمایش مقاومت فشاری**

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-07-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.2.4.4 ]




**شکل ۸. نتایج آزمایش مقاومت کششی**




**شکل ۹. مدول الاستیسیته بتن ساخته شده**

## تحلیل نتایج

در مباحث قبل خواص فیزیکی و مکانیکی مصالح مصرفی و بتن ساخته شده تعیین و نتایج آن ارائه شد. در این مبحث خواص مذکور تجزیه و تحلیل شده و تأثیر کانی‌شناسی مصالح سنگ‌دانه‌ای بر خواص بتن تازه و سخت شده بررسی می‌شود. لازم به ذکر است در این مبحث به کیفیت و مطلوب بودن سنگ‌دانه‌ای خاصی اشاره نشده است. هرچند وجود بعضی از سنگ‌دانه‌ها در بتن مخرب است و سبب واکنش با خمیر سیمان می‌شوند [۳٤].برای مثال واکنش‌پذیری سنگ‌دانه دولومیتی اثبات شده، ولی برای بررسی و مقایسه و تأثیر آن بر کیفیت بتن، از این سنگ‌دانه استفاده می‌شود.

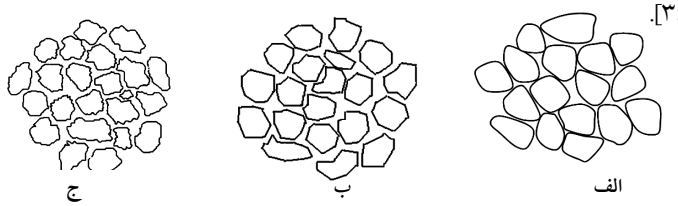
### ۱. تأثیر ویژگی‌های سنگ‌دانه‌ها بر خواص بتن تازه

بیش‌ترین اسلامپ به‌دست آمده از بتن‌های ساخته شده به‌وسیلهٔ سنگ‌دانه‌های مختلف، ۳۵ میلی‌متر است که در سنگ‌دانه گرانیتی مشاهده شده است، در حالی که اسلامپ طرح ۳۰

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-07-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.2.4.4 ]

میلی‌متر تعیین شده است. استفاده از سنگ‌دانه‌هایی مثل گرانیت، گنایس و آندزیت کارایی و روانی بتن را به‌دلیل داشتن سطح صیقلی (نه سطح زیاد) و شکست صدفی افزایش داده است. کم‌ترین اسلامپ به‌دست آمده نیز مربوط به سنگ‌دانه لوماشل بوده که ۲۵ میلی‌متر تعیین شده است. سنگ‌دانه لوماشل با سطح ظاهری کرمو و شکست نامنظم شکل، اصطکاک سطحی سنگ‌دانه‌ها را افزایش می‌دهد (شکل ۱۰). این سنگ‌دانه هم‌چنین حاوی ذرات رس هستند و به‌دلیل سطح زیاد کانی‌های آن، سبب افزایش جذب آب و در نتیجه کاهش کارایی بتن می‌شود [۳٤].




**شکل ۱۰. بافت سطحی (الف- گرانیت،آندزیت،بازالت ب- دولومیت، مرمر، توف ج- لوماشل)**

**۲. تأثیر ویژگی‌های سنگ‌دانه‌ها بر خواص سخت شده**

**خواص فیزیکی**

**الف) شکل و سطح شکست سنگ‌دانه:** شکل سنگ‌دانه‌ها بیش‌تر تحت تأثیر خصوصیات سنگ‌شکن قرار می‌گیرد. برای شکستن سنگ‌ها باید از سنگ‌شکنی استفاده شود که ذرات را به‌صورت مکعبی خرد کند. شکل ۱۱ چگونگی شکست سه نمونه از سنگ‌دانه‌های بررسی شده با سنگ‌شکن فکی را نشان می‌دهد. سنگ‌دانه‌هایی که در هنگام شکستن به صورت نامنظم شکسته می‌شوند مثل دولومیت و توف، سبب افزایش درگیری و قفل و بست ذرات شده و در نهایت خواص مکانیکی بتن را بهبود می‌بخشند [۱]، [۳۵]، [۳٦]، [۳۷].

**ب) بافت و خواص سطحی سنگ‌دانه:** بافت ظاهری سنگ‌دانه به‌شدت تحت تأثیر عوامل بیرونی و فرسایش است، که خود به شرایط حمل، مسافت حمل، آب و هوای محیط بستگی دارد. شکل۱۲ روند خراشیده شده بافت سه نمونه سنگ‌دانه‌ها در فرآیند حمل را

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-07-23 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.2.4.4 ]

نشان می‌دهد که از شکل الف تا ج دچار فرسایش بیش‌تر و هم‌چنین مسیر حمل طولانی‌تر بوده است.

**شکل ۱۱. چگونگی شکست سنگ‌ها در سنگ‌شکن (الف. دولومیت، ب. گنایس، ج. گرانیت و دیوریت)**

بافت زبر (شکل ۱۲–ب) خود سبب افزایش پیوستگی با خمیر سیمان شده و در نهایت مقاومت بتن را زیاد می‌کند [۳۷]، [۳۸].

**شکل ۱۲. روند تغییر سطح سنگ‌دانه‌ها (الف. گرانیت و آندزیت، ب. توف و دولومیت، ج. لوماشل)**

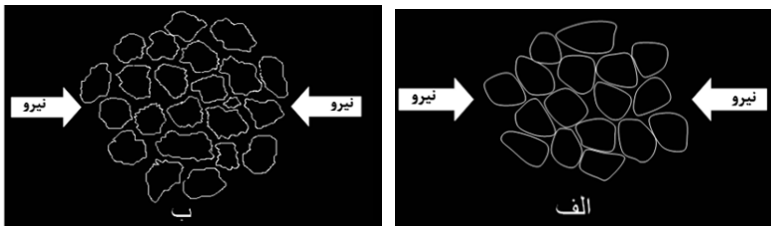
### ۳. خواص مکانیکی بتن سخت شده

**الف) مقاومت فشاری تک‌محوری:** افزایش مقاومت تک محوری سنگ‌دانه‌ها تا حد معینی باعث افزایش مقاومت نهایی بتن می‌شود و بعد از آن حد معین، دیگر بالا بودن مقاومت سنگ‌دانه‌ها سبب افزایش مقاومت بتن نمی‌شود. مقاومت بتن با افزایش مقاومت سنگ‌دانه‌ها زیاد نشده و افزایش آن به مقاومت فصل مشترک بین خمیر سیمان و سنگ‌دانه محدود می‌شود. این مسئله در ارتباط با صلابت[1] سنگ‌دانه‌ها و خمیر سیمان است [۳۹]، [٤٠]. مقاومت فشاری بتن از دو عامل مهم ناشی می‌شود، ارتباط فیزیکی ذرات با یک‌دیگر و قفل و بست آن‌ها و عامل دیگر پیوند فیزیکی و شیمیایی بین خمیر سیمان و سنگ‌دانه‌ها است. آن بخش از مقاومت بتن که مربوط به تاثیر گوشه‌داری و قفل و بست ذرات نسبت بـه هم‌دیگر می‌شود، در شکل ۱۳ نشان داده شده است. در مورد سنگ‌دانـه‌هایی که حاوی

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-07-23 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.2.4.4 ]

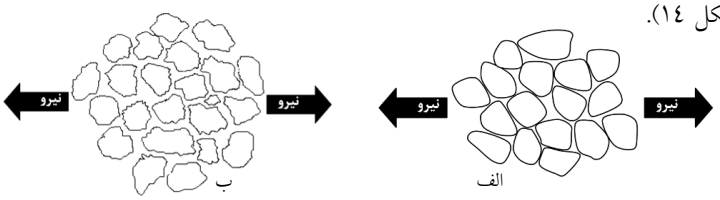
۱. Rigidity

کانی‌های صفحه‌ای مثل میکا هستند، ممکن است که پیوستگی بین خمیر سیمان و این کانی‌های صفحه‌ای ضعیف باشد که این عامل در سنگ‌دانه آذرین فلدسپات دار (گرانیت، بازالت) مشهود است [۳٤].




شکل ۱۳. تأثیر قفل و بست سنگ‌دانه‌ها در افزایش مقاومت فشاری بتن (الف- گرانیت ب- لوماشل، دولومیت)

**ب) مقاومت کششی:** مقاومت کششی نیز مانند مقاومت فشاری تحت تأثیر جنس سنگ‌دانه‌ها و کانی‌های تشکیل دهندهٔ آن‌ها است. مقاومت کششی بتن به قفل و بست سنگ‌دانه‌ها و همچنین به میزان پیوند فیزیکی و شیمیایی بین خمیر سیمان و سنگ‌دانه‌ها بستگی دارد (شکل ۱٤).




شکل ۱٤. تأثیر قفل و بست سنگ‌دانه‌ها در افزایش مقاومت کششی بتن (الف- گرانیت ب- لوماشل، دولومیت)

## نتیجه‌گیری

کانی‌های موجود در سنگ‌دانه‌ها نقش مهمی در تعیین روانی و کارایی بتن تازه دارند. کانی‌های با بافت سطحی صاف و بدون هرگونه زبری سبب افزایش کارایی بتن می‌شوند و نیاز به روان‌کننده‌های مصنوعی را کاهش می‌دهند. استفاده این گونه سنگ‌دانه‌ها سبب افزایش آب اضافی در بتن می‌شود و خواص مقاومتی بتن سخت شده را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ولی باید توجه داشت که کانی‌های با سطح زیاد مثل کانی‌های رسی سبب افزایش جذب آب می‌شوند.

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-07-23 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.2.4.4 ]

به‌طور کلی، کانی‌های که پیوند بین اتم‌های تشکیل دهندهٔ آن به صورت کوالانسی است و شبکه بلوری چگال‌تری دارد، در برابر سختی و ساییده شدن مقاومت بیش‌تری از خود نشان می‌دهند و بافت سطحی آن در برابر فرسایش و عوامل محیطی نیز دست‌نخورده می‌ماند. این سنگ‌دانه‌ها در ساختار بافتی خود، برای اتصال فیزیکی به خمیر سیمان خلل و فرج کافی ندارند. بنا بر این سنگ‌دانه‌هایی با بافت سطحی صاف و صیقلی در مخلوط پیوندی با خمیر سیمان برقرار نکرده و در نتیجه سبب کاهش مقاومت نهایی بتن می‌شوند. بتن ساخته شده با این نوع سنگ‌دانه‌ها در موقع شکستن از مرز مشترک خمیر سیمان و سنگ‌دانه شکسته شده و از نظر کارشناسان بتن مقاومی نیست. پس از ۲۸ روز، در سنگ‌دانه‌های رسوبی به‌دلیل واکنش‌های هیدراسیون خمیر سیمان، افزایش مقاومت مشاهده می‌شود و بتن را تا مدت زیادی باید حفاظت کرد.

به‌طورکلی خواص مکانیکی بتن به‌وسیلهٔ ویژگی‌های سنگ‌دانه‌ها کنترل می‌شود و پارامترهای مؤثر سنگ‌دانه در این زمینه ژئوشیمی، بافت، ساخت، رشد بلورها، ارتباط ذرات با یک‌دیگر و پیوندهای درون ذره‌ای و برون ذره‌ای است و در نهایت خواص مکانیکی بتن را تحت تأثیر قرار می‌دهند. با توجه به این خواص، ساخت بتن‌های با مقاومت بالا با نگرش ویژه به خواص سنگ‌دانه‌ها از مزایایی بهتری برخوردار خواهد بود. همچنین مطالعه خواص سنگ‌شناسی نسبت به سایر آزمایش‌های اکتشاف منابع قرضه، دارای هزینه کم‌تری است که کارشناسان با مطالعه خواص سنگ‌شناسی به تأثیر هر یک از کانی‌ها در بتن قبل از انجام آزمایش‌های دیگر پی می‌برند. با انجام پژوهش در این زمینه، واژه‌هایی مثل آمفیبول، بیوتیت، اشپار، کوارتـز، میکریت، پلاژیـوکلاز، فلدسپات، دگرسانـی، سطح شکست، ساختار کانیایـی و بافت سطحی علاوه بر تعاریف پترولوژی دارای مفاهیمی عمیقی در زمینهٔ خواص فیزیکی و مکانیکی و همچنین کیفیت بتن است.

## تشکر و قدردانی

مؤلفین بر خود لازم می‌دانند از اساتید گروه زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به‌دلیل همکاری‌های صمیمانه، تشکر و قدردانی کنند.

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-07-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.2.4.4 ]

## منابع


۱. رمضانیان‌پور، علی‌اکبر، طاحونی، شاپور، پیدایش، منصور، *دست‌نامه اجرای بتن*، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، چاپ اول، تهران (۱۳۸۰).

۲. نویل، ا.م.، بروکس، ج.ج.، *خواص بتن*، ترجمهٔ هرمز فامیلی، انتشارات ابوریحان بیرونی، چاپ اول، تهران (۱۳۷۸).

3. Basheer, P., Basheer, L., Lange, D. A., Long, A. E., "Influence of coarse aggregate on the permeation, durability and the microstructure characteri–stics of ordinary Portland cement concrete", Construction and Building Materials 19 (2005) 682-690.

4. Beshr, H., Almusallam, A. A., Maslehuddin, M., "Effect of coarse aggregate quality on the mechanical properties of high strength concrete", Construction and Building Materials 17 (2003) 97-103.

5. Donza, H., Cabrera, O., Irassar, E. F., "High-strength concrete with different fine aggr egate", Cement and Concrete Research 32 (2002) 1755-1761.

6. El-Dash, K. M., Ramadan, M. O., "Effect of aggregate on the performance of confined concrete", Cement and Concrete Research 36 (2006) 599-605.

7. Kou, Shi-Cong, Poon, Chi-Sun, "Properties of concrete prepared with PVA-impregnated recycled concrete aggregates", Cement & Concrete Composites 32 (2010) 649–654.

8. Kou, Shi-Cong, Poon, Chi-Sun, Miren, Etxeberria, "Influence of recycled aggregates on long term mechanical properties and pore size distribution of concrete", Cement & Concrete Composites 33 (2011) 286–291.

۹. شریفی، جواد، *بررسی اثر جنس سنگ‌دانه‌های مختلف بر خواص مقاومتی بتن*، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، زمین‌شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران (۱۳۸۷).


[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-07-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.2.4.4 ]

10. Irvin, T. N., Barager, W. R. A., "A guide to the classification of common volcanic rocks", Canadian Journal of Earth Sciences, 8 (1971) 523-548.

11. Barker, F., "Trondhjemites, Dacites, and Related Rocks (Developments in Petrology)", Elsevier Science Ltd (1979).

12. "Turner, Igneous and Metamorphic Petrology", CBS Publishers & Distributors; 2nd edition (2002).

13. Gill, J. B., "Orogenic andesites and plate tectonics", Berlin: Springer-Verlag (1981) 358.

14. Tucker, M. E., "Sedimentary Petrology: An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks", Wiley-Blackwell; 3 editions (2001).

15. Tucker, M. E., "Technique in Sedimentology", Blackwell Scientific Publication (1988) 394.

۱۶. شریفی، جواد، احمدی، محمد جواد، نیکودل، محمدرضا، خامه‌چیان، ماشاالله، *ارزیابی خواص نامطلوب ماسه‌سنگ‌های قرمز فوقانی و روش‌های بهسازی آن جهت استفاده در بتن*، مجموعه مقالات هفتمین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود ، ۱۵ تا ۱۷ شهریور (۱۳۹۰).

۱۷. نیکودل، محمدرضا، شریفی، جواد، *تاثیرخواص مهندسی سنگدانه ها درکیفیت بتن*، مجموعه مقالات هفتمین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود ، ۱۵ تا ۱۷ شهریور (۱۳۹۰).

۱۸. شریفی، جواد، نیکودل، محمد رضا، یزدانی، محمود، *بررسی ویژگی‌های نامطلوب مصالح سنگدانه ای چابهار بر خواص بتن*، مجموعه مقالات چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، جلد دوم، دانشگاه تهران، ۵۲۳ (۱۳۸۷).

19. BS 812, Part 105," Methods for Determination of Particle Shape- Section 1: Flakiness Index", London, UK, British Standards Institution (1989).

20. BS 812, "Testing Aggregates Part 2: Methods of Determination of Density, London", UK, British Standards Institution (1995).

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-07-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.2.4.4 ]

21. ASTM C 33, "Standard Specification for Concrete Aggregates", Annual Book of ASTM Standards, vol. 4.08, ASTM, Philadelphia, PA (1990).

۲۲. شاه‌نظری، محمد، سحاب، محمد باقر، *دستورالعمل آزمایشگاه بتن*، انتشارات علم و صنعت۱۱۰، چاپ اول، تهران (۱۳۷۱).

23. BS 1881, Part 201, "Guide to the Use of Non-Destructive Methods of Test for Hardened Concrete", London, UK: British Standards Institution, (1990).

۲٤. شریفی، جواد، نیکودل، محمد رضا، یزدانی، محمود، *تأثیر جنس سنگ‌دانه‌ها بر سرعت انتشار امواج فشاری در بتن*، مجموعه مقالات هشتمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، دانشگاه شیراز، شیراز، ۲۱تا ۲۳ اردیبهشت (۱۳۸۸).

25. Brown, E. T., "Rock characterization testing and monitoring", published for the Commission on Testing Methods, International Society for Rock Mechanics by Pergamon Press, Oxford, New York (1981).

۲٦. سامع، سید علی، *کیفیت و طرح اختلاط بتن*، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان، چاپ اول، اصفهان (۱۳۷۷).

۲۷. مستوفی‌نژاد، داوود، *تکنولوژی و طرح اختلاط بتن*، انتشارات ارکان دانش، چاپ یازدهم، اصفهان (۱۳۸۵).

28. BS 1881, Part 102, "Determination of slump and temperature in fresh concrete, London", UK, British Standards Institution (1990).

29. BS 1881, Part 111, "Method of normal curing of test specimens (20°C method)", London, UK, British Standards Institution (1990).

30. BS 1881, Part 116, "Method for determination of compressive strength of concrete cubes", London, UK, British Standards Institution, (1983).

31. BS 1881, Part 117, "Tensile Splitting Strength", London, UK, British Standards Institution (1990).

32. BS 1881, Part 114, "Method for determination of static modulus of

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-07-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.2.4.4 ]

elasticity in compression", London, UK, British Standards Institution, (1983).

۳۳. شریفی، جواد، نیکودل، محمد رضا، ایزدی،هادی، *مدل سازی اعداد چکش اشمیت با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی دقیق‌تر مقاومت بتن*، مجموعه مقالات ششمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، سمنان، ٦تا ٧ اردیبهشت (۱۳۹۰).

34. ASTM C 294, "Standard Descriptive Nomenclature for Constituents of Concrete Aggregates", Annual Book of ASTM Standards, vol. 4.08, ASTM, Philadelphia, PA (1990).

35. Tasong, W. A., Lynsdale, C. J., Cripps, J. C., "Aggregate-Cement paste interface Part II: influence of physical properties", Cement and Concrete Research, Vol. 28 (1999)1453-1465.

36. Tasong, W. A., Lynsdale, C. J., Cripps, J. C., "Aggregate-cement paste interface Part I: Influence of aggregate geochemistry", Cement and Concrete Research 29 (1998) 1019-1025.

37. Scrivener, K. L., Crumbie, A. K., Pratt, P. L., "A study of the interfacial region between cement paste and aggregate in concrete, bonding in cementatious composites", Proc Mat Res Soc Sympos, 114:87-9 (1988).

38. Xiong G., Liu J., Li G., Xie H., "A way for improving interfacial transition zone between concrete substrate and repair materials", Cement and Concrete Research 32 (2002) 1877-1881.

39. Kou, Shi-Cong, Chi-Sun, Poon, "Properties of concrete prepared with crushed fine stone, furnace bottom ash and fine recycled aggregate as fine aggregates", Construction and Building Materials 23 (2009) 2877-2886.

40. Baalbaki, W., Benmokrane, B., Challal, O, Aitcin, PC, "Influence of coarse aggregate on elastic properties of high performance concrete", ACI Mater J 88(5) (1991) 499-503.

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2024-07-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1389.4.2.4.4 ]