

## بررسی آزمایشگاهی تأثیر میکروسیلیس بر مقاومت فشاری بتن در سنین مختلف

میلاذ ارجمند<sup>۱\*</sup>، میثم نجفیان آذر<sup>۲</sup>، پیمان حیدر ریحانی<sup>۳</sup>

۱- ارشد عمران آب و سازه های هیدرولیکی، دانشگاه سمنان، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی مراغه، ایران

۳- فارغ التحصیل ارشد ژئوتکنیک، دانشگاه آزاد اسلامی مراغه، ایران

\* Arjomand.civil@gmail.com

ارسال: آذر ماه ۹۷ پذیرش: بهمن ماه ۹۷

### چکیده

شنا سایی خواص بتن به عنوان یکی از پر مصرف ترین مصالح ساختمانی تا کنون همواره مورد بررسی بسیاری از محققین قرار داشته است. مقاومت فشاری بتن یکی از ویژگی هایی بوده است که بسیاری از متخصصین به بررسی آن پرداخته اند. از این رو میکروسیلیس به عنوان مواد افزودنی، یکی از ترکیبات مهم جهت افزایش مقاومت فشاری بتن به حساب می آید. هدف اصلی مقاله حاضر بررسی تأثیر میکروسیلیس بر مقاومت فشاری بتن با استفاده از مصالح رودخانه زرینه رود شهرستان میاندوآب می باشد. در این تحقیق ابتدا ۱۰۰ نمونه بتن با طرح اختلاط های مختلفی با نسبت میکروسیلیس و نسبت آب به سیمان ثابت ۰.۵ در قالب هایی با اندازه های  $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 10\text{cm}$  در آزمایشگاه ساخته شده است و سپس تأثیر میکروسیلیس در سنین ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸ روزه بتن برای طرح های مختلف مورد ارزیابی و بررسی قرار میگیرد. نتایج نشان میدهد طرح ۴ در سنین مختلف نسبت میکروسیلیس به سیمان ۱۵ درصد، نسبت بهین های برای طرح های مختلف اختلاط بتن میباشد.

کلمات کلیدی: بتن، میکروسیلیس، مقاومت فشاری، مصالح رودخانه ای.

### ۱- مقدمه

امروزه بتن به عنوان یکی از پر کاربرد ترین مصالح ساختمانی، اهمیت زیادی در صنعت ساخت و ساز دارد. از این رو محققین همواره به دنبال پیدا کردن رابطه ای مناسب بین پارامترهای تأثیرگذار جهت افزایش مقاومت فشاری و بهبود خواص بتن می باشند. مقاومت بتن معمولاً مهم ترین معیار برای ارزیابی کیفیت بتن به کار برده می شود. افزایش مقاومت به مرور زمان بر اساس تداوم آنگیری سیمان و کاهش درصد تخلخل و فضای خالی بین مواد تشکیل دهنده در مرحله چسبندگی می باشد [۱]. میکروسیلیس موجود در بتن که یک ماده پوزولانی محسوب می شود، با هیدروکسید کلسیم ناشی از هیدراتاسیون سیمان ترکیب شده و ترکیب ژل مانند می سازد. این ترکیب عامل اصلی افزایش مقاومت و کاهش تخلخل ذرات تشکیل دهنده بتن می باشد. کریستال های بزرگ هیدروکسید کلسیم در فصل مشترک سنگدانه و خمیر، مانع افزایش مقاومت می شود که میکروسیلیس تحت واکنش

پوزولانی با هیدروکسید کلسیم آن را به اجزاء مقاومی بنام سیلیکات کلسیم هیدراته تبدیل می کند و بدین ترتیب باعث افزایش مقاومت فشاری بتن می شود [۲].

## ۲- پیشینه تحقیق

جوادی و پوربابا به بررسی آزمایشگاهی تاثیر پودر کوارتز در مقام فشاری بتن با مقاومت بالا با استفاده از مصالح آذرشهر پرداخته و نتایج بدست آمده نشان می دهد نسبت بهینه میکروسیلیس و پودر کوارتز به ترتیب حدود ۱۰ و ۱۱ درصد وزن سیمان می باشد [۳]. در پژوهشی دیگر اکبری و همکاران نسبت بهینه میکروسیلیس در افزایش مقاومت فشاری بتن را ۱۵ درصد بدست آوردند. [۴] ملکی و اسماعیلی با بررسی تأثیر فرآورده های میکروسیلیس بر روی خواص بتن سخت شده به این نتیجه رسیدند که استفاده از فرآورده های میکروسیلیس از جمله پودر و ژل میکروسیلیس مقاومت فشاری را به ترتیب ۳۷.۵ و ۵۶ درصد افزایش می دهد [۵]. فرخ زاد و مهرپویا به مطالعه استفاده از میکروسیلیس و نانو سیلیس جهت ارتقاء خواص مکانیکی و دوام بتن خودتراکم حاوی سنگدانه های حاصل از بازیافت بتن پرداخته و نتایج نشان می دهد نمونه های بتن با ۱۵ درصد میکروسیلیس بیشترین متوسط مقاومت فشاری و کمترین آن ها نمونه های شاهد می باشد [۶]. احمد اردکانی و همکاران تاثیر میکروسیلیس بر مقاومت فشاری بتن پس از آتش سوزی را بررسی نموده و یافته های تحقیق نشان می دهد که بهترین درصد میکروسیلیس برای حصول بتن با بیشترین مقاومت در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد به ۸.۷ درصد می باشد، درحالی که با افزایش دما این درصد کاهش یافته و در نهایت در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد به ۵.۸ درصد می رسد [۷]. مقاله حاضر به تأثیر میکروسیلیس بر مقاومت فشاری بتن در سنین مختلف و با استفاده از مصالح رودخانه ای پرداخته است که در ادامه به آن می پردازیم.

## ۳- مصالح به کار رفته

### ۳-۱- سیمان مصرفی

سیمان مصرفی در کلیه طرح ها، سیمان پرتلند ارومیه تیپ II با سطح مخصوص ۳۶۳۶ سانتی مترمکعب بر گرم می باشد. مشخصات شیمیایی سیمان مصرفی در جدول ۱ نشان داده شده است [۸].

جدول ۱- مشخصات شیمیایی سیمان مصرفی

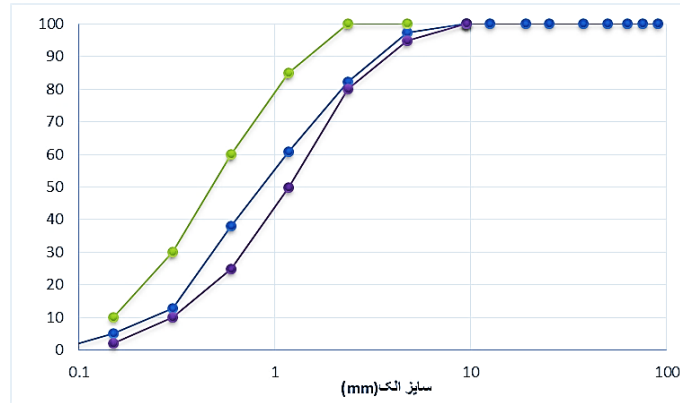
ترکیب شیمیایی	درصد ترکیب
$\text{SiO}_2$	20.67
$\text{Al}_2\text{O}_3$	4.89
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	3.09
CaO	63.56
MgO	1.70
$\text{Na}_2\text{O}$	0.23
$\text{K}_2\text{O}$	1.11
$\text{SO}_3$	2.54

### ۳-۲- سنگدانه مصرفی

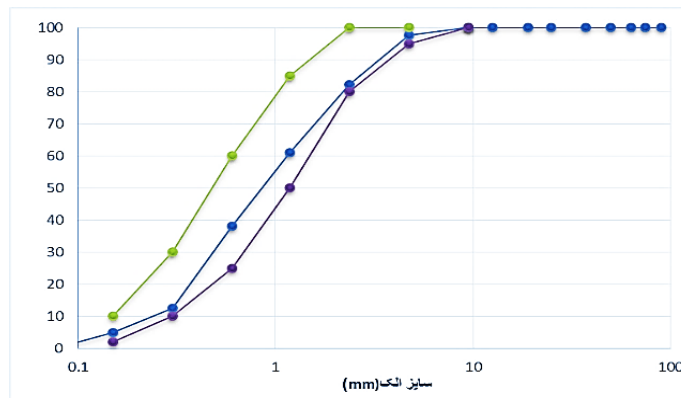
سنگدانه مصرفی در کلیه طرح ها، ماسه رودخانه زربینه رود شهرستان میاندوآب می باشد که مقدار آن در طرح اختلاط های مختلف مطابق جدول ۲ می باشد. نمودار دانه بندی طرح های مختلف به ترتیب در شکل های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ رسم شده است.

جدول ۲- مقدار ماسه مصرفی در طرح اختلاط مختلف بر حسب کیلوگرم

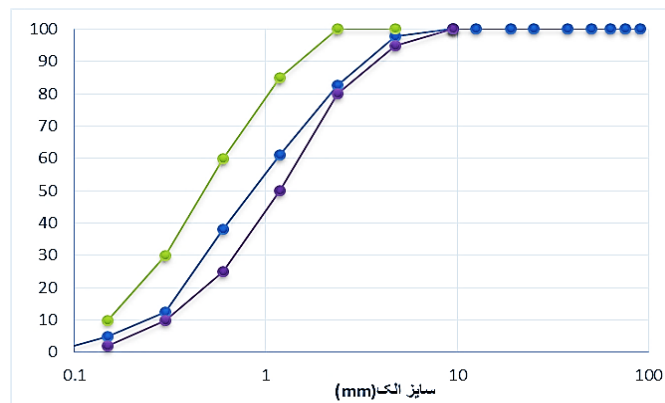
طرح	وزن ماسه	مجموع ۲۰ طرح
1	1.970	39.400
2	1.956	39.120
3	1.934	38.680
4	1.907	38.140
5	1.893	37.860



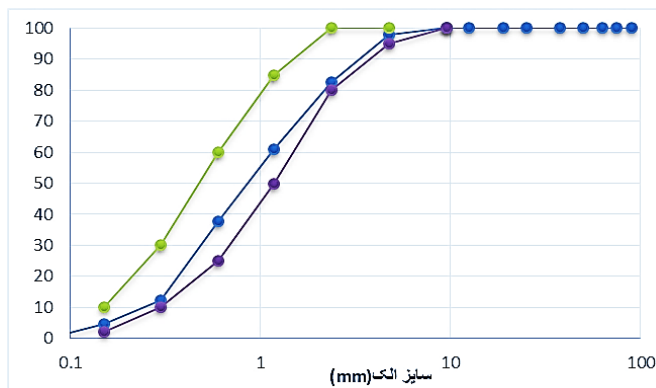
شکل ۱- نمودار دانه بندی طرح ۱



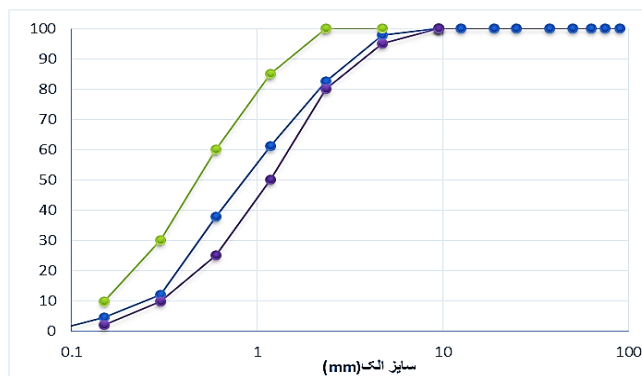
شکل ۲- نمودار دانه بندی طرح ۲



شکل ۳- نمودار دانه بندی طرح ۳



شکل ۴- نمودار دانه بندی طرح ۴



شکل ۵- نمودار دانه بندی طرح ۵

توضیح:

در نمودارهای فوق رنگ سبز و بنفش به عنوان دامنه استاندارد ماسه بوده و رنگ آبی مصالح مورد مطالعه در این آزمایش میباشد.

### ۳-۳- آب مصرفی

آب یکی از مهمترین پارامترهای ساخت بتن است و به همین جهت استفاده از آب مناسب در بتن همواره باید مورد توجه قرار گیرد. مناسب ترین آب مورد استفاده در ساخت بتن، آب شرب می باشد. در کلیه طرح ها از آب شرب موجود در آزمایشگاه و با نسبت آب به سیمان ثابت و برابر ۰.۵ استفاده شده است.

### ۳-۴- مواد افزودنی میکروسیلیس

میکرو سیلیس یا دوده سیلیس که محصول فرعی کوره های قوس الکتریکی صنایع فرو آلیاژ و فرو سیلیس بوده و ماده ای است با فعالیت پوزولانی بسیار شدید که بیش از ۵۱ درصد سیلیس بلوری نشده دارد و می توان از آن برای جایگزین سیمان استفاده کرد. در این آزمایش از میکرو سیلیس خاکستری روشن استفاده شده است. برخی از خواص این ماده افزودنی عبارت است از:

- افزایش مقاومت فشاری، کششی و چسبندگی بتن
- حفاظت از بتن در برابر حملات شیمیایی
- افزایش دوام، کارائی و عمر بتن
- کاهش نفوذپذیری بتن

## ۴- روند انجام آزمایش

در این تحقیق از ۱۰۰ طرح اختلاط که تنها پارامتر متغیر میکروسیلیس مصرفی در بتن با نسبت‌های ۵،۰،۱۰،۱۵،۲۰ درصد می‌باشد. به منظور دقت بهتر در بدست آوردن نتایج، برای هر سنین از بتن (۲۸،۲۱،۱۴،۷) روزه ۴ نمونه ساخته شده است و سپس از مقدار میانگین مقاومت‌ها استفاده می‌شود. برای مثال در طرح ۱ نسبت میکروسیلیس صفر درصد و برای هر سنین ۴ نمونه بوده و در نتیجه گیری از میانگین مقاومت استفاده می‌شود. به منظور داشتن شرایط یکسان برای تمامی نمونه‌ها، از قالب‌های (۱۰\*۱۰\*۱۰) سانتی متر استفاده می‌شود. طرح اختلاط‌ها از نظر عیار سیمان، نسبت آب به سیمان یکسان اما از نظر درصد میکروسیلیس متفاوت می‌باشند. برای بالا بردن دقت نتایج نهایی قبل از ریختن هر طرح اختلاط در میکسر، میکسر با آب کاملاً شسته می‌شود. بعد از مخلوط کردن مواد در میکسر، محصول بدست آمده در قالب‌های فلزی ریخته و به منظور تراکم بهتر بر روی میز ویبره قرار داده می‌شود. ۲۴ ساعت بعد از بتن ریزی، بتن از قالب‌ها بیرون و به منظور نگهداری مطابق شکل (۶) در آب گذاشته و بعد در سنین ۲۸،۲۱،۱۴،۷ روزه توسط دستگاه جک فشاری، مقاومت فشاری آنها اندازه گیری شده است. در ادامه به بررسی نتایج حاصل از آزمایش می‌پردازیم.



شکل ۶- عمل آوری طرح‌ها

## ۵- نتیجه گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد بیشترین متوسط مقاومت فشاری ۲۸،۲۱،۱۴،۷ روزه مربوط به طرح ۴ به ترتیب ۳۳،۳۲، ۳۸،۳۸، ۳۹،۹۶، ۴۳،۳۸، ۴۲،۷۲ مگاپاسگال می‌باشد. به عبارتی بهترین نسبت میکروسیلیس که در تمامی سنین بیشترین متوسط مقاومت فشاری حاصل می‌شود، طرح ۴ با ۱۵ درصد میکروسیلیس می‌باشد. نتایج بدست آمده عبارتند از:

جدول ۳- نتایج حاصل از تحقیق

۲۰درصد میکروسیلیس	۱۵درصد میکروسیلیس	۱۰درصد میکروسیلیس	۵درصد میکروسیلیس	۰درصد میکروسیلیس	
۲۷،۵۶	۳۳،۳۲	۱۷،۲	۱۷،۹۴	۱۹،۷۶	متوسط مقاومت ۷ روزه
۳۰،۲۶	۴۳،۳۸	۲۹،۷۶	۳۴،۹۶	۳۲،۸۸	متوسط مقاومت ۱۴ روزه
۳۸،۲۶	۳۹،۹۶	۳۱،۲	۲۹،۹	۲۶،۹	متوسط مقاومت ۲۱ روزه
۲۸،۲	۴۷،۷۲	۳۵،۱۴	۲۸،۸۴	۳۶،۷۲	متوسط مقاومت ۲۸ روزه

## ۶- منابع

1. Yuan, R.L., Ragab, M., Hill, R.E. and Cook, J.E., " Evaluation of Core Strength in High-Strength Concrete International, American Concrete Institute, Vol. 13, No. 5, May 1991, PP. 30-34.

۲. رمضانیان پور، علی اکبر، "بتن با مقاومت زیاد"، سمینار بین المللی کاربرد میکروسیلیس در بتن، ۷ اردیبهشت-۱۳۷۶ تهران.
۳. جوادی، جواد، پوربابا، مسعود، "بررسی آزمایشگاهی تاثیر پودر کوارتز در مقاومت فشاری بتن های با مقاومت بالا (HSC)"، فصلنامه آنالیز سازه-زلزله، دوره ۱۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷.
۴. اکبری، محمود، خادمی، فائزه السادات، خادمی، سید سروش، "بررسی تاثیر میزان پوزولانی میکروسیلیس بر مقاومت فشاری بتن"، هشتمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، بابل ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ماه ۱۳۹۳.
۵. ملکی، احمد، اسماعیلی، فردین، "مطالعه‌ی آزمایشگاهی تاثیر فرآورده های میکروسیلیس بر روی خواص بتن سخت شده"، فصلنامه آنالیز سازه-زلزله، دوره ۱۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵.
۶. فرخ زاد، رضا، مهرپویا، محسن، "استفاده از میکروسیلیس جهت ارتقاء خواص مکانیکی و دوامی بتن خودتراکم حاوی سنگدانه های حاصل از بازیافت بتن، فصلنامه آنالیز سازه، دوره ۱۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵.
۷. اردکانی، احمد، سلوکلائی، حسین برزگر، دهقانی فیروزآبادی، احسان، "بررسی تاثیر میکروسیلیس بر مقاومت فشاری بتن پس از آتش سوزی"، هفتمین کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران - تهران - ۱۵ مهر ۱۳۹۴
۸. شرکت سیمان ارومیه، [www.urmiacement.com](http://www.urmiacement.com)