کاهش خسارت ناشی از زلزله با استفاده از تکنولوژی بتن سبک

سید عباس حق پرست [۱]، حسین روحی زارع [۲]، حسین خیرخواه [۳]، فرهاد شکوئی [۳]

۱-دانش آموخته عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین،پژوهشگر مرکز تحقیقات صنعت ساختمان دانشگاه آزاد قزوین
A.haghparast@qiau.ac.ir

۲-دانش آموخته عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین،پژوهشگر مرکز تحقیقات صنعت ساختمان دانشگاه آزاد قزوین

۳-دانشجوی کارشناسی مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده

کشور ما در منطقه ای زلزله خیز قرار دارد و همان طور که می دانید خسارات وارد بر یک بنا در اثر تکان های زلزله با وزن آن بنا رابطه مستقیمی دارد. بنابر این هر اندازه که با بهره گیری از فناوری های نوین وزن یک ساختمان را کاهش دهیم، سازه در برابر ویرانی ایمن تر خواهد شد. از جمله مواد جدیدی که جایگاه ویژه ای در ساخت و ساز به خود اختصاص داده است بتن سبک می باشد که در سالیان اخیر به خاطر مزایای عملی استفاده از آن، به عنوان یکی از مصالح سازه ای مهم شناخته شده و تقاضا برای استفاده از آن در حال افزایش است. استفاده از بتن سبک سازه ای در سازه های بتنی ، با کم کردن بار مرده ساختمان باعث کاهش نیروی ناشی از زلزله و نیروی وارده بر ستون ها و پی می شود. از این رو اگر چه معمولا تولید بتن سبک هزینه بیشتری دارد اما استفاده از آن به دلیل کم کردن ابعاد اعضا مقرون به صرفه است . در این تحقیق سعی شده اثر میکروسیلیس بر بتن سبک در راستای عملکرد بهتر سازه در برابر زلزله مورد بررسی قرار گیرد. بنابر این با ساخت نمونه های متعدد آزمایشگاهی خواص مرتبط با بتن سبک اندازه گیری و گزارش شده اند. به این منظور پارامترهای اساسی در طرح اختلاط بتن مانند نسبت آب به سیمان و همچنین درصد میکروسیلیس به عنوان پارامترهای اصلی تعیین گردیده‌اند و متغیرهای مقاومت، میزان جذب آب و مقاومت ویژه الکتریکی به عنوان متغیرهای مرتبط با دوام بتن مورد بررسی قرار میگیرند.

واژه‌های کلیدی: بتن سبک، زلزله، میکرو سیلیس، کاهش خسارت، سبک سازی

۱. مقدمه

از آنجا که کشور پهناورایران بر روی کمربند زلزله قرار گرفته است و وقوع زلزله می تواند خسارات جانی و مالی بسیاری را تحمیل کند. از این رو تدوین راهکارهای مناسب جهت بهسازی لرزه ای سازه های ساخته شده اهمیت بسزایی خواهد داشت.

با توجه به روند فزاینده استفاده از بتن سبک در جهان که به علت منافع حاصل از سبک نمودن ساختمان و در نتیجه کاهش بار مرده و نیروی زلزله وارد به سازه ها و همچنین عملکرد بهتر از نظر عایق بندی حرارتی و در نتیجه صرفه جویی در مصرف انرژی می باشد، لزوم بررسی پتانسیل های استفاده از بتن سبک با مقاومت بالا در صنعت ساختمان مشخص می گردد. [1]از سویی دیگر با توجه به توسعه کارهای ساختمانی بتنی در سراسر جهان و کمبود سیمان در اکثر کشورهای جهان و همچنین در کشور های توسعه یافته، در ساخت بتن از مصالح و مواد جدید جایگزین درصدی از سیمان استفاده می شود. همچنین تولید سیمان یکی از بزرگ ترین آلاینده های زیست محیطی و تحدید کننده جانداران زنده روی زمین محسوب می شود به نحوی که به ازای تولید هر تن کیلینکرسیمان تقریبا یک تن گاز منواکسید کربن وارد جو می شود. صنعت بتن با تولید سالانه ۱۰تا ۱۱.۵ میلیارد تن به عنوان بزرگترین مصرف کننده منابع طبیعی مطرح گردیده است چرا که اجزای اصلی تشکیل دهنده بتن (سنگدانه ،سیمان، آب) خود یا به عنوان منابع طبیعی و خام موجود در طبیعت مطرح می باشند،یا جهت تولید خود نیاز به مصالح اولیه و خام موجود در طبیعت دارند لذا به ازای هر انسان در سراسر جهان سالانه یک و نیم تن بتن تولید وبه مصرف می رسد در نتیجه بتن به عنوان پر مصرف ترین و اثر گذارترین مصالح در جهان هستی مطرح می گردد. به همین علت استفاده از مصالح و مواد جدید جایگزین سیمان های تولید شده در کارخانه های تولید سیمان مطرح و مهم تلقی می گردد.

برای استفاده بهینه و کمتر از منابع طبیعی نیاز به تولید بتن هایی که ویژگی های بتن معمولی را ارتقا دهند به وجود آمد. از جمله این بتن های جدید بتن سبک می باشد که ویژگی هایی نظیر کم کردن وزن ساختمان، عملکرد مطلوب در برابر زلزله، کاهش مصرف مواد اولیه، عایق بودن در برابر حرارت و در نتیجه کاهش مصرف انرژی در ساختمان، آن را از انواع معمول بتن متمایز کرده است.

افراد زیادی در سراسر جهان بر روی خواص بتن های سبک چه از لحاظ آزمایشگاهی و چه از نظر تحلیلی در جهت بهبود دوام و عملکرد بتن با استفاده از مواد افزودنی خاصی تحقیق نموده اند[۲].

آدرس: مشهد، بلوار ملک آباد، فرهاد ۱۸، پلاک ۱۲۶
تلفن: ۷۶۵ ۹۲ ۴۷
فاکس: ۷۶۷ ۸۳ ۸۷
Website: www.clcir.com
Email: clcir@yahoo.com

This document has been edited with Infix PDF Editor - free for non-commercial use.
To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm

قدس (۱۳۸۷) اثر الیاف فولادی را بر دوام بتنهای سبک مورد بررسی قرار داد. او در کار خود اثر این الیاف را بر خواص مکانیکی بتن سبک تحت سیکلهای تر و خشک مورد بررسی قرار داد [۳]. رنجبر و همکاران (۱۳۸۸) دوام بتنهای سبک حاوی دانه های منبسط شونده پلی استایرن را در محیطهای حاوی کلراید مورد بررسی قرار دادند. این گروه بتنهای سبک حاوی میکروسیلیس را در محیط حاوی ۵٪ کلراید سدیم تحت سیکل تر و خشک قرار دادند و موقعیت این بتنها را با بتنهای معمولی مقایسه کردند [۴]. احمدی و سهرابی (۱۳۸۷) اثر پوزولان متاکائولن را بر خواص مکانیکی و دوام بتنهای سبک در شرایط خورنده بررسی کردند. این گروه در تحقیق خود دوام بتنهای سبک با چگالی ۱۵۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب را در منطقه خلیج فارس بررسی کردند. نتیجه کار حاکی از بالاتر بودن مقاومت فشاری و پایین تر بودن درصد تخلخل در بتنهای حاوی متاکائولن نسبت به بتنهای معمولی بود [۵]. Wallو Freeman(۲۰۰۳) نفوذ پذیری بتنهای سبک در مقابل یون کلراید را با بتنهای معمولی مقایسه کردند. این گروه در کار خود عملکرد بتنهای سبک با چهار طرح اختلاط را تحت آزمایش RCPT با بتنهای معمولی مقایسه کردند. نتایج کار حاکی از پایین تر بودن نفوذ کلراید در بتنهای سبک بود [۶]. Haque و Khaiat (۱۹۹۹) دوام بتنهای سبک را تحت شرایط محیطی مختلف با بتنهای معمولی مقایسه کردند. به این منظور این گروه تعدادی نمونه یتن سبک با مقاومت ۳۵ Mpa و ۵۰ Mpa و تعدادی بتن معمولی با مقاومت ۵۰Mpa را تحت شرایط محیطی دریایی گرم برای مدت ۲ سال قرار دادند. نتایج آزمایشها نشان می‌داد که نفوذپذیری آب و عمق کربناسیون در بتنهای سبک بیشتر از بتنهای معمولی بود و این امر مستقل از شرایط عمل آوری بود [۷]. Van Breugel و Taberi (۲۰۰۰)نفوذ کلراید را در تیرهای بتنی ساخته شده از بتن سبک بررسی کردند. این گروه اثر تنشهای ثانویه در تار بالای تیر تحت اثر خوردگی را بررسی کردند.نتایج کار نشان می‌داد که رفتار یتنهای سبک در مقایسه با بتنهای معمولی تحت اثر بارهای سیکلی و حرارتی در محیط خورنده تفاوت زیادی ندارد و در بعضی موارد عملکرد بتنهای سبک مناسب تر نیز بود [۸]. در این مقاله که بر پایه کار آزمایشگاهی استوار می باشد، سعی شده است تا با افزودن میکروسیلیس به بتن سبک خصوصیات فیزیکی و مقاومتی نمونه های بتنی سنجیده شود. [۸]

۲. برنامه آزمایشگاهی

۲-۱. مصالح مورد استفاده

سیمان مصرفی در ساخت تمام نمونه ها از نوع سیمان پرتلند تیپ ۴۲۵-۱ کارخانه سیمان تهران می‌باشد. سنگدانه مصرفی نیز از نوع سنگدانه لیکا سازه‌ای انتخاب شد. جدول ۱ نتایج آزمایشهای انجام شده بر روی سنگدانه لیکا بر اساس استاندارد ASTM را نشان می دهد.

جدول ۱ : مشخصات مکانیکی سنگدانه لیکای مصرفی

جرم حجمی خشک (kg/m^3)	جرم حجمی اشباع(kg/m^3)	درصد وزنی جذب آب
۵۵۰	۶۶۹	۹

۲-۲. طرح اختلاط نمونه ها

به منظور دست یابی به یک طرح اختلاط مطلوب که بتواند مقاومت سازه ای مناسبی را تامین کند، نمونه های مختلف بتنی با ترکیب مختلف میزان سنگدانه و سیمان ساخته شد. در نهایت بر اساس نتایج حاصله دانه بندی ارائه شده در جدول ۲ در ساخت نمونه ها مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۲ : دانه بندی سنگدانه های لیکا در بتن

ردیف	نمره الک	درصد عبوری تجمعی
۱	" 1/2	94
۲	"3/8	86
۳	# ۴	76
۴	# ۸	62
۵	#۱۶	45
۶	#۳۰	27
۷	# ۵۰	3

دانه بندی فوق در ساخت تمام نمونه ها مورد استفاده قرار گرفت. برای دستیابی به انرژی تراکم یکسان در ساخت تمام نمونه ها ، میزان اسلامپ نمونه ها در محدوده ۵ تا ۷ سانتیمتر ثابت نگه داشته شد. این امر با تغییر میزان فوق روان کننده مصرفی در ساخت نمونه ها محقق شد. فوق روان کننده مصرفی بر پایه نفتالین بود که موجب تسریع در سرعت گیرش بتن می‌شد. میزان میکروسیلیس جایگزین سیمان در تمام طرحها ۷٪ وزن سیمان در نظر گرفته شد. جدول ۳ طرح اختلاط نمونه های مورد آزمایش را نشان می دهد.

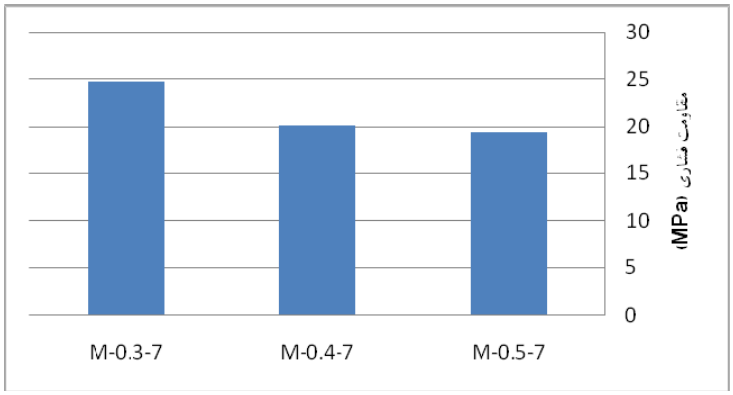
جدول ۳ : طرح اختلاط نمونه های بتنی

شماره طرح	کد طرح	W/C	سیمان(kg/m^3)	میکروسیلیس (kg/m^3)	آب(kg/m^3)	سبکدانه لیکا (kg/m^3)	چگالی مرطوب (kg/m^3)	مقدار روان کننده (درصد وزن سیمان)
۱	M-0.5-7	۰/۵	۳۷۲	۲۸	۲۰۰	۷۰۰	۱۵۰۰	۰
۲	M-0.4-7	۰/۴	۳۷۲	۲۸	۱۶۰	۷۰۰	۱۴۸۰	۰/۸
۳	M-0.3-7	۰/۳	۳۷۲	۲۸	۱۲۰	۷۰۰	۱۴۸۰	۱/۳

با توجه به جذب آب بالای سنگدانه ها، قبل از ساخت نمونه ها، سنگدانه ها با آب اشباع شدند و سپس در حالت اشباع با سطح خشک در ساخت بتن مورد استفاده قرار گرفتند. نمونه ها در آب ۲۲ درجه به مدت ۲۸ روز عمل آوری شدند.

۳. نتایج آزمایش ها

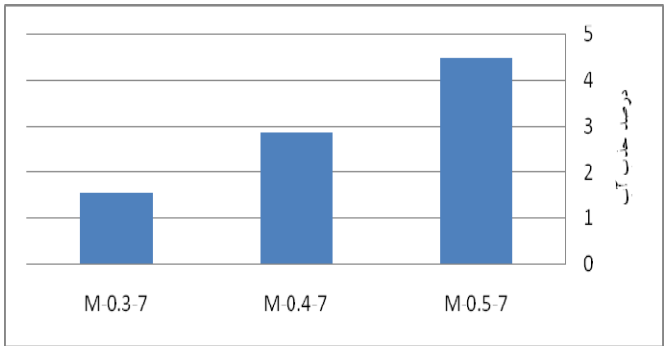
مهمترین ویژگی که به عنوان مشخصات بتن بیان می‌گردد مقاومت فشاری می باشد. آزمایش مقاومت فشاری بتن مطابق با استاندارد BS-1881 بر روی نمونه آزمونه های مکعبی به ابعاد ۱۰*۱۰*۱۰ سانتیمتر انجام شد. شکل ۱ متوسط مقاومت فشاری بر روی سه نمونه متوالی از هر طرح را در سن ۲۸ روز نشان می دهد.



شکل ۱ : نتایج آزمایش مقاومت فشاری نمونه های بتنی

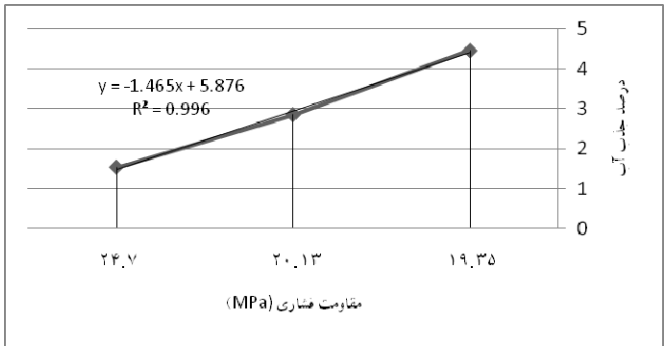
همانگونه که مشاهده می شود مقاومت فشاری نمونه ها در محدوده نسبت آب به سیمان پایین مقاومت بالاتری نسبت به نمونه های با نسبت آب به سیمان بالا دارد و این روند با بالا رفتن نسبت آب به سیمان کاهش می یابد. علت این امر را میتوان در ضعف لایه انتقال دانست. به عبارت دیگر با بالا رفتن نسبت آب به سیمان، لایه انتقال بین سنگدانه و ملات تا حد زیادی ضعیف شده و ضعف مقاومتی بتن را سبب می‌شود. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که ضعف لایه انتقال بالا رفتن نسبت آب به سیمان و زیاد شدن ترکها در این ناحیه به سرعت تشدید شده و لذا تفاوت مقاومت بتن با نسبت آب به سیمان ۰/۴ و ۰/۵ کم می‌شود.

شکل ۲ نتایج آزمایش جذب آب نمونه های بتنی را نشان می دهد. مشابه آزمایش مقاومت فشاری این آزمایش نیز بر روی نمونه های ۲۸ روزه انجام شده است. این آزمایش به منظور تعیین میزان تخلخل ظاهری بتن بر روی نمونه های ۱۰*۱۰*۱۰ سانتیمتر براساس استاندارد (ASTM-C642-97) انجام شده است که به عنوان معیاری در تعیین میزان حفرات موئینه بتن کاربرد دارد.



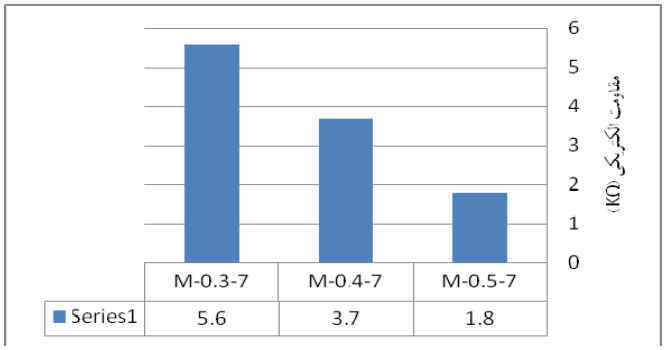
شکل ۲ : نتایج آزمایش جذب آب نمونه های بتنی

همانگونه که مشاهده می شود درصد جذب آب رابطه مستقیمی با نسبت آب به سیمان دارد که این امر را میتوان به پر شدن تخلخل خمیر سیمان نسبت داد. با مقایسه این نمودار با نمودار شکل ۱ می توان نتیجه گرفت که رابطه مقاومت فشاری و درصد جذب آب یک رابطه خطی می باشد. بر این اساس میتوان رابطه ای مشابه نمودار شکل ۳ را بین مقاومت فشاری و درصد حذب آب تعریف کرد.



شکل ۳ : رابطه بین مقاومت فشاری و درصد جذب اب

شکل ۴ نتایج آزمایش مقاومت ویژه الکتریکی را بر روی نمونه های بتنی ۲۸ روزه نشان می دهد. روش آزمایش مقاومت الکتریکی به این صورت است که چهار الکترود در یک خط راست بر روی سطح بتن و یا درست زیر سطح آن در فواصل مساوی قرار می‌گیرند جریان متناوب با فرکانس کم از دو الکترود انتهایی می‌گذرد و در همان حال افت ولتاژ بین دو الکترود داخلی اندازه گیری می‌شود. مقاومت ظاهری از فرمول $P=2SV/I$ محاسبه می‌شود که S فاصله الکترود، V افت ولتاژ و I مقدار جریان است.با تعیین مقاومت الکتریکی می‌توان احتمال خوردگی را در سازه تعیین کرد. نکته حائز توجه در مورد این نمودار این است که مقاومت ویژه الکتریکی رابطه معکوس با نسبت آب به سیمان دارد. به نظر می رسد که فضای تخلخل در بتنهای سبک تاثیر بیشتری را نسبت به ملات سیمان در بالا بردن مقاومت الکتریکی بتن داشته باشد. با این حال اظهار نظر قطعی در این مورد نیاز به آزمایشهای بیشتر دارد. با مقایسه این نمودار با نمودار شکل ۱ می توان نتیجه گرفت که رابطه مقاومت فشاری و مقاومت الکتریکی یک رابطه غیر خطی می باشد.



شکل ٤: رابطه بین مقاومت ویژه الکتریکی و نسبت آب به سیمان

٤. نتیجه گیری

با توجه به اینکه کشور ایران در کمربند لرزه ای واقع می باشد و با توجه به این نکته که خسارات ناشی از زلزله، علاوه بر آسیب به اموال مردم سرمایه های اصلی کشور که همان جان و سلامتی افراد می باشد را از بین خواهد برد، بنابراین استفاده از متدهایی که بتواند از ایجاد چنین فاجعه هایی جلوگیری کند یا آن را بکاهد بر عهده همه متخصصین و در پیشاپیش همه آن ها مهندسین عمران می باشد.

برای رسیدن به هدف فوق، در این تحقیق تلاش شد تا با استفاده از میکروسیلیس در بتن سبک به اندازه گیری مشخصات آن پرداخته شود. بتن سبک با توجه به وزن کمتر خود نسبت به بتن های معمول در برابر بارهای دینامیکی زلزله عملکرد بهتری خواهد داشت.

در همه مراحل آزمایشات سعی بر این بوده تا عملکرد و دوام بتن به خوبی تست شود. با بررسی نمونه های حاصل از عمر ۲۸ روزه بتن نتایج زیر حاصل شده است:

- مقاومت فشاری نمونه ها با ثابت ماندن نوع دانه بندی سنگدانه ها و درصد میکروسیلیس، رابطه معکوس با نسبت آب به سیمان دارد. تغییر مقاومت در نسبتهای آب به سیمان پایین تر شدیدتر است. به این معنا که با کاهش نسبت آب به سیمان در بتن سبک علاوه بر حفظ سبکی ساختمان به تحمل بارهای فشاری بر سازه نیز کمک کرده ایم.
- درصد جذب آب بتن رابطه مستقیمی با نسبت آب به سیمان دارد.
- مقاومت الکتریکی بتن رابطه معکوس با نسبت آب به سیمان بتن دارد. تعیین دقیق این رابطه نیاز به آزمایشهای بیشتر دارد.

با توجه به اینکه هر یک از سه عامل فوق پارامتر مهمی در دوام بتن محسوب می شوند، با ارتقای خواص این سه عامل سعی شد تا ارزش استفاده از بتن های سبک در جهت سبک سازی سازه ها مورد توجه قرار گیرد. سبک سازی سازه ها در منطقه زلزله خیزی چون ایران می تواند از جمله راهکارهای کاهش صدمات ناشی از زلزله باشد که امید است با اهتمام هرچه بیشتر متخصصان به این قضیه، نتایج بهتر و بیشتری در سبک سازی با بتن سبک حاصل شود.

۵.مراجع

[۱] چاندار، س و برنتسون، ل، "بتن سبکدانه"، ترجمه دکتر محمد شکرچی زاده و همکاران، موسسه ی چاپ و انتشارات دانشگاه تهران

[2] K.Tuutti, (1982). “Corrosion of Steel in Concrete” Technical Report, Swedish Cement and Concrete Research Institute, Stockholm.

[۳] علی قدس، "بررسی اثر الیاف فولادی بر دوام بتن سبک" چهادهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی عمران.

[۴] ملک محمد رنجبر، رحمت مدندوست، سید یاسین موسوی، علی صدر ممتازی،(۱۳۸۸)، "ارزیابی دوام بتنهای سبک حاوی دانه های منبسط شونده پلی استایرن (EPS) در محیط مخرب نمکی" هشتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران.

[۵] عقیل احمدی، محمد رضا سهرابی، (۱۳۸۷)، "بررسی اثر متاکائولن بر روی خواص مکانیکی و دوام بتن سبک در شرایط محیطی مهاجم" چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران.

[6] Jody R. Wall, Charles Freeman,(2003), "Rapid chloride permeability of structural light weight aggregate concrete compared with normal density concrete having similar proportions" carrolina stalite company research lab.

[7] N.Haque, A.Al.Khaiatan,(2006), "Strength and durability of light weight concrete in hot marine exposure condition" journal of Materials and Structure.

[۸] رمضانیانپور، ع.ا و جهرمی، م و مهدیخانی، م و مودی، ف، (۱۳۸۸)، "مقایسه اثر نانو سیلیس و دوده سیلیس بر خصوصیات مکانیکی، زیرساختار و دوام بتن"، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بتن، ۱۵ مهرماه