تاثیر استفاده هم زمان مواد افزودنی میکروسیلیس و هوازا بر روی بتن سبک پرلیتی

مهین قنادی
عضو هیئت علمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سراب
Mahin8185saze@yahoo.com

محمدعلی لطف‌اللهی یقین
استاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارومیه

راهب امیری
فوق لیسانس مهندسی عمران- سازه

چکیده

در مقاله حاضر تاثیر استفاده هم‌زمان مواد افزودنی میکروسیلیس و هوازا بر روی بتن سبک پرلیتی به صورت آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور ٦٣ نمونه بتنی با طرح اختلاط ها و درصدهای مختلفی از مواد افزودنی میکروسیلیس و هوازا مورد بررسی و آزمایش قرار گرفته است. همچنین جهت مقایسه نتایج حاصل، ٦٣ نمونه بتنی شامل طرح اختلاط‌هایی که در آنها فقط ماده افزودنی میکروسیلیس استفاده شده آزمایش گردیده و مورد بررسی قرار می‌گیرد. در مجموع ١٢٦ نمونه بتنی مورد بررسی و آزمایش قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از افزودنی هوازا در بتن سبک پرلیتی با درصدهای خاص باعث افزایش مقاومت فشاری می‌شود. استفاده هم زمان از میکروسیلیس در محدوده ۱۰ درصد و هوازا تا حدود ۰,۵ درصد برای رسیدن به هدف مورد نظر کاملا معنی‌دار است. در این بررسی نسبت آب به سیمان ثابت نگهداشته شده است و اگر با افزایش درصد هوازا نسبت آب به سیمان نیز کاهش یابد به مراتب به مقاومت بالاتری می‌توان دست یافت.

کلمات کلیدی: پرلیت، میکروسیلیس، هوازا

۱- مقدمه

در کارهای ساختمانی بتنی، وزن خود بتن قسمت عمده ای از کل بار وارده بر سازه را تشکیل می‌دهد و از این رو امتیازات قابل توجهی در کاهش وزن آن وجود خواهد داشت. امروزه اکثرساختمانها دارای اسکلت فلزی یا بتنی هستند و دیوار باربر که وزن سقف اعم از بار مرده و زنده را تحمل کند وجود ندارد. اگر دیوارها وزن خود را تحمل نموده و مقاومت فشاری حدود ۲۰ تا ۳۰ کیلوگرم بر سانتی مترمربع داشته باشند برای تحمل اثرات محیطی کافی خواهد بود. از مزایای کاربرد بتن سبک می توان به موارد زیر اشاره کرد:

– این نوع بتن ها معمولا عایق حرارتی بوده و در بهینه‌سازی مصرف سوخت نیز کاربرد دارد.

– در بتن سبک، قالب فشار کمتری را نسبت به بتن معمولی تحمل می نمایند، همچنین کل وزن مصالحی که باید جابجا گردد کاهش می یابد که سبب افزایش تولید خواهد شد

– کاهش میزان بار وارد بر فونداسیون، موجب کوچکتر شدن ابعاد آن، کمتر شدن تعداد و کوچکتر شدن شمعها و کاهش مقدار آرماتورها و به طبع آن اجرای سریع تر و آسان تر فونداسیون می‌گردد.

– کاهش بار مرده سبب کوچک تر شدن اعضای نگهدار (حمال) می‌شود.

– در گسترش پلها با استفاده از مواد سبک مانند بتن سبک، می توان عرشه پل را جهت تحمل ترافیک بیشتر بزرگ‌تر نمود بدون اینکه تغییری در سازه و یا فونداسیون پل ایجاد شود.

– با توجه به مقاومت مطلوب بتن سبکدانه در برابر آتش سوزی، می توان از حداقل ضخامت بتن توصیه شده در کفها – بیان شده در ACI-216 کاست.

– حمل و نقل قطعات پیش‌ساخته با بتن سبک بسیار راحت تر بوده و هزینه کمتری دارد.

روشهای گوناگونی برای سبک کردن بتن و تولید بتن سبک به کار گرفته شده است که می‌توان عمومی ترین آنها را به سه دسته تقسیم کرد:

الف) دسته اول بتن‌هایی هستند که در حین ساخت آن ها با ایجاد کف یا حباب گاز، حباب ها و منافذی در خمیر سیمان یا در ملات سیمان – سنگدانه

ایجاد می‌گردد که اصطلاحاً «بتن اسفنجی» یا «بتن متخلخل» یا «بتن منفذدار» نامیده می‌شود. وزن مخصوص بتن اسفنجی عمدتا در محدوده ۲۰۰ تا۷۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب تنظیم می‌شود. از انواع بتن اسفنجی می‌توان «بتن کفی» و «بتن گازی» را نام برد.

ب) دسته دوم بتن‌هایی هستند که با حذف ریزدانه (ماسه) از ساختار آنها ساخته می‌شوند بطوریکه منافذ متعددی بین ذرات بوجود می‌آید و دانه های

درشت با خمیر سیمان به یکدیگر می‌چسبند، که اصطلاحا «بتن بدون ریزدانه» یا «بتن با ساختار باز» نامیده می شود. وزن مخصوص این بتن ها عمدتاً در محدوده ۷۰۰ تا ۱۵۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب قرار می گیرد.

پ) دسته سوم بتن هایی هستند که با استفاده از مصالح متخلخل سبک با وزن مخصوص ظاهری کم، بجای سنگدانه های معمولی ساخته می شوند و در واقع سبک کردن از طریق استفاده از سنگدانه های سبک صورت می گیرد که اصطلاحاً «بتن سبکدانه» نامیده می شوند [۱].

علاوه بر طبقه‌بندی بتن سبک از نظر ساختار، این بتن ها بر مبنای کاربری و مقاومت در سه گروه طبقه بندی می‌شوند:

الف) بتن سبک غیر سازه‌ای یا عایق بندی (Insulating Lightweight Concrete) بتن های سبک با مقاومت کمتر از ۷ مگا پاسکال در رده بتن های سبک غیر سازه ای طبقه‌بندی می‌شوند و به منظور حصول خواص عایق بندی حرارتی (ضریب انتقال حرارت کم)، حداکثر وزن مخصوص آنها به ۸۰۰ کیلو گرم در متر مکعب محدود می‌گردد [۴].

ب) بتن سبک سازه‌ای (Structural Lightweight Concrete)

به بتن سبکی، سازه‌ای گفته می شود که دارای وزن مخصوصی بین۱۴۴۰ تا ۱۸۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب و مقاومت فشاری بالای ۱۷ MPa و یا ۲۵۰۰ Psi باشد، از آنجایی که هر چقدر بتن سبکتر گردد شکل پذیری آن نیز کاهش می‌یابد، برای بتن سبک سازه‌ای مقدار حداقل وزن مخصوص در نظر گرفته می‌شود [۴].

در ساخت بتن سبک ساختمانی معمولا از مصالح سنگی سبک (Medium) و تولید شده از پرلیت، شیلها، رسها، اسلیت (Slate) و روباره آهنگدازی استفاده می‌شود. ساخت این بتن‌ها صرفا با استفاده از سنگدانه های سبک و مقاوم امکان پذیر است. اکثر بتن های سبک سازه‌ای از خانواده بتن های سبکدانه می‌باشند که در آن برای کاهش وزن مخصوص بتن از سنگدانه های سبک استفاده شده است. مقاومت بتن سبک معمولا تابعی از وزن مخصوص آن است. لازم به ذکر است که استفاده از سبکدانه های سنگین‌تر، لزوما باعث افزایش مقاومت بتن ساخته شده نخواهد شد. سبکدانه ای که در این مقاله برای ساخت بتن سبک سازه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است سبکدانه "پرلیت" است [۴و۷].

ج) بتن سبک نیمه سازه‌ای

بتن های سبک موجود در این طبقه عمدتا از نوع بتن های سبک دانه و بتن های با ساختار باز می‌باشند. وزن مخصوص بتن سبک نیمه سازه ای بین ۸۰۰ تا ۱۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب است. مقاومت فشاری این نوع بتن از ۷ تا ۱۷ مگاپاسکال تغییر می کند [۲].

لغت پرلیت از پرل (Perle) فرانسوی به معنی مروارید گرفته شده است. پرلیت در ترکیب خود دارای (SiO_2 (٪۶۹,۸–٪۷۳,۵)، (Al_2O_3 (٪۱۳,۷–٪۱۲,۵)، ($Fe_2O_3+TiO_2$ (٪۱,۵–٪۲,۳)، ($CaO+MgO$ (٪۳,۱–٪۵)، (K_2O+Na_2O (٪۵,۵–٪۷)، (H_2O (٪۲–٪۵) است. عامل مهم انبساط، وجود ۵ ٪– ۲٪ آب ترکیبی است. یکی از خصوصیات جالب پرلیت، رنگ سفید برفی تا متمایل به خاکستری است

در صورتیکه در طبیعت سنگ خامپرلیت برنگهای خاکستری روشن، سبز و حتی سیاه براق می‌باشد. وزن مخصوص پرلیت منبسط Kg/m^3 ۲۴۰- ۳۲ است.

وقتی دانه‌های پرلیت خرد شده، به طور ناگهانی تا درجه حرارت نزدیک به نقطه ذوب (۱۲۰۰- ۸۰۰ درجه سانتی گراد) گرم شوند، آب تبدیل به بخار آب شده و اجزای نرم متخلخلی از آن باقی می‌ماند که همان پومیس مصنوعی است. در درجه حرارتهای بین ۱۲۰۰-۸۰۰ درجه سانتی گراد فشارهای ناشی از تبخیر آب افزایش می یابد و سنگ شیشه نرم می‌شود و حالت خمیری پیدا می‌کند. خروج ناگهانی بخار آب و گازهای فرار باعث ایجاد تخلخل ریز در سنگ شده و توده شیشه‌ای به ماده سبک سفید رنگی تبدیل می‌شود که همان پرلیت منبسط شده است [۲].

دکتر خالو و همکارانشان در سال ۱۳۷۶ مطالعات فراوانی در جهت افزایش مقاومت فشاری بتن‌های سبک بویژه بتن های سبک پرلیتی انجام دادند و تاثیر ماده افزودنی میکروسیلیس را در جهت افزایش مقاومت فشاری مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که افزایش میکروسیلیس بین ۱۰ تا۲۰ درصد نقش بسیار موثری در جهت افزایش مقاومت فشاری بتن سبک دارد و بیش از ۲۰ درصد در جهت افزایش مقاومت فشاری بی‌معنی است. دکتر خالو و همکارانشان در جمع بندی که ارائه دادند میزان بهینه مصرف میکروسیلیس را در جهت افزایش مقاومت فشاری بتن سبک بین ۱۵ تا ۲۰ درصد توصیه کردند [۵و۸]. رمضانیان پور و همکارانشان در سال ۱۳۸۳ تاثیر افزایش درصد ماده افزودنی میکروسیلیس و مواد پوزولانی را بر روی ساختار بتن‌های سبک در جهت افزایش مقاومت فشاری مورد بررسی قرار دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که میکروسیلیس، مواد پوزولانی و بویژه مواد پوزولانی طبیعی نقش بسیار مثبتی در جهت ایجاد بتنی توپر و تقریبا نیمه مقاوم دارد و از بررسی هایی که انجام دادند دریافتند که می‌توان مواد افزودنی نظیر دوده، سیلیس، میکروسیلیس و پوزولانها را به میزان ۵ تا ۱۵ درصد در طرح اختلاط بتن مورد استفاده قرار داد [۶].

۲. مواد و روشها

در این مقاله بتن سبک پرلیتی در دو نوع طرح اختلاط تهیه و مورد بررسی و آزمایش قرار گرفته است. در طرح اختلاط های نوع یک فقط از ماده افزودنی میکروسیلیس استفاده شده است. در طرح اختلاط های نوع دو از مواد افزودنی میکروسیلیس و هوازا به طور هم زمان استفاده شده است. هر نوع طرح اختلاط خود شامل ۹ طرح اختلاط مجزا است که هر کدام ۷ بار تکرار شده‌اند و در کل ۱۲۶ نمونه بتنی مورد بررسی و آزمایش قرار گرفته است. دانه‌بندی پرلیت مورد استفاده در آزمایشات درجدول (۱ نشان داده شده است. مشخصات ماده افزودنی میکروسیلیس و هوازای مورد استفاده در طرح اختلاط ها به ترتیب در جداول (۲) و (۳) آورده شده است. سیمان مصرفی برای انجام آزمایشات سیمان پرتلند تیپ I است. نمونه‌های بتنی مورد آزمایش در قالبهای مکعبی فلزی به ابعاد ۱۵× ۱۵× ۱۵ سانتی متر تهیه شده اند و برای عمل‌آوری نمونه‌ها از روش عمل‌آوردن در بخار با فشار اتمسفر که نوعی روش تسریع شده است استفاده شده است [۳].

جدول ۱- دانه بندی پرلیت مورد استفاده در آزمایشات

محدوده قطر دانه ها	نوع پرلیت	درصد مورد استفاده
۰ - ۰,۱۵mm	R_1	۴۰
۰,۱۵ - ۰,۵Mm	R_2	۳۵
۰,۵ -۱ mm	R_3	۰
۱ -۲,۵ mm	R_4	۲۵

جدول ۲- ترکیبات شیمیایی میکروسیلیس مورد استفاده در آزمایش ها

ترکیبات شیمیایی	SiO_2	Al_2O_3	MgO	CaO	Fe_2O_3
درصد	۸۵-۹۵	۱,۷	۰,۱-۰,۹	۲-۲,۳	۰,۴-۲

جدول ۳- مشخصات فنی هوازای مورد استفاده در آزمایش ها

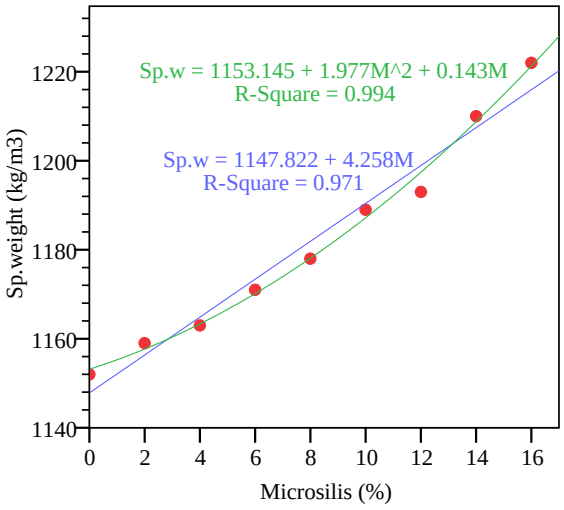
رنگ	نوع ماده	وزن مخصوص
زرد شفاف	ماده فعال سطحی	۱,۰۱ کیلوگرم برلیتر

۳- نتایج حاصل از طرح اختلاط های نوع یک

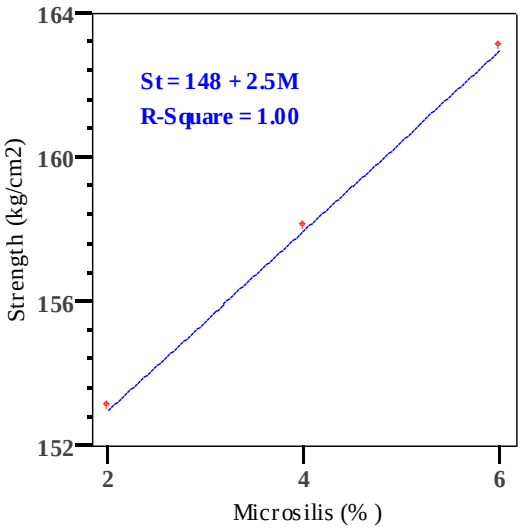
نتایج حاصل از آزمایشات انجام شده بر روی نمونهای بتنی تهیه شده از طرح اختلاط‌های نوع یک در جدول (۴) آورده شده است. برای رسم نمودار نتایج بدست‌آمده از نرم افزار SPSS استفاده شده است که در شکل های (۱) تا (۳) نشان داده شده است.

جدول ۴- نتایج آزمایش مقاومت فشاری بر روی نمونه های طرح اختلاط های نوع یک

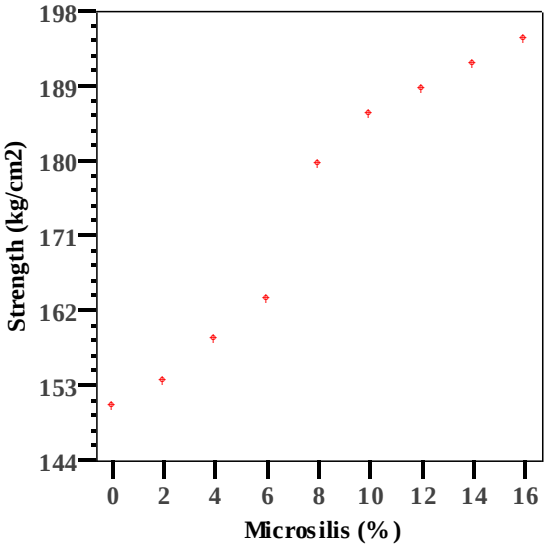
ردیف	سیمان (kg)	ماسه (kg)	پرلیت (kg)	$\frac{W}{C}$	میکروسیلیس (درصد)	وزن مخصوص (kg/m^3)	مقاومت فشاری (kg/cm^2)
۱	۵۰	۵	۲۵	۰,۵	۰	۱۱۵۲	۱۵۰
۲	۵۰	۵	۲۵	۰,۵	۲	۱۱۵۹	۱۵۳
۳	۵۰	۵	۲۵	۰,۵	۴	۱۱۶۳	۱۵۸
۴	۵۰	۵	۲۵	۰,۵	۶	۱۱۷۱	۱۶۳
۵	۵۰	۵	۲۵	۰,۵	۸	۱۱۷۸	۱۷۹
۶	۵۰	۵	۲۵	۰,۵	۱۰	۱۱۸۹	۱۸۵
۷	۵۰	۵	۲۵	۰,۵	۱۲	۱۱۹۳	۱۸۸
۸	۵۰	۵	۲۵	۰,۵	۱۴	۱۲۱۰	۱۹۱
۹	۵۰	۵	۲۵	۰,۵	۱۶	۱۲۲۲	۱۹۴



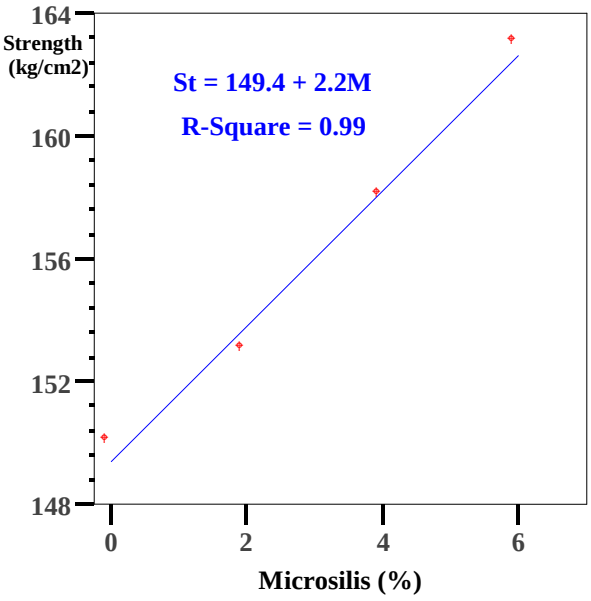
شکل ۱- نمودار وزن مخصوص – درصد میکروسیلیس



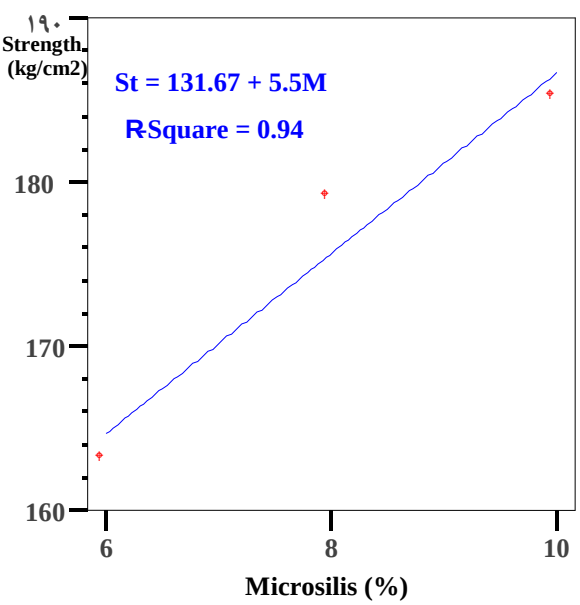
شکل ۳- نمودار مقاومت فشاری – میکروسیلیس



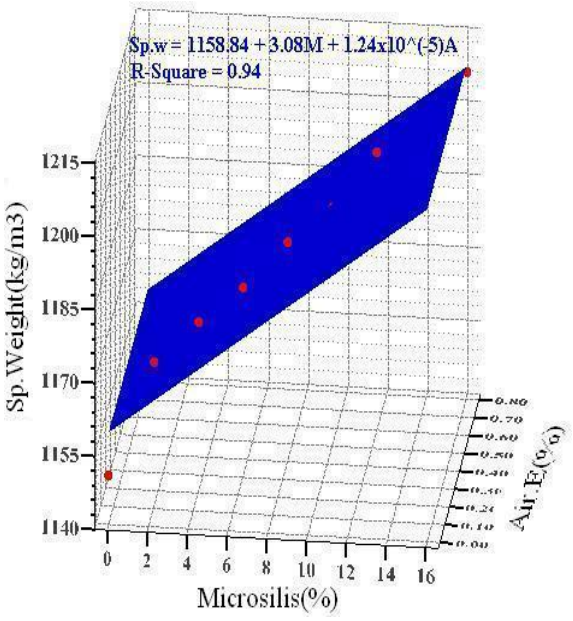
شکل ۲- نمودار مقاومت فشاری – درصد میکروسیلیس



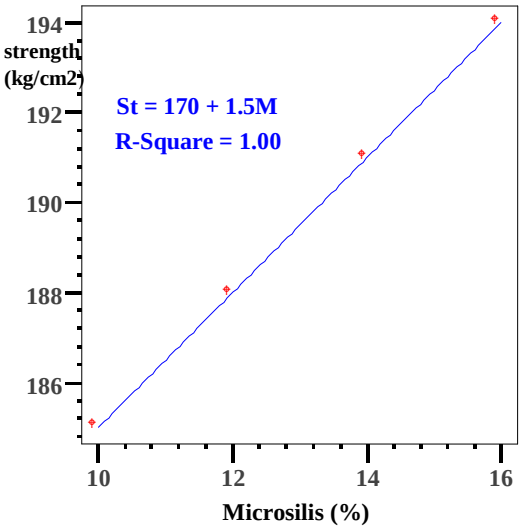
ادامه شکل ۳- نمودار مقاومت فشاری – میکروسیلیس



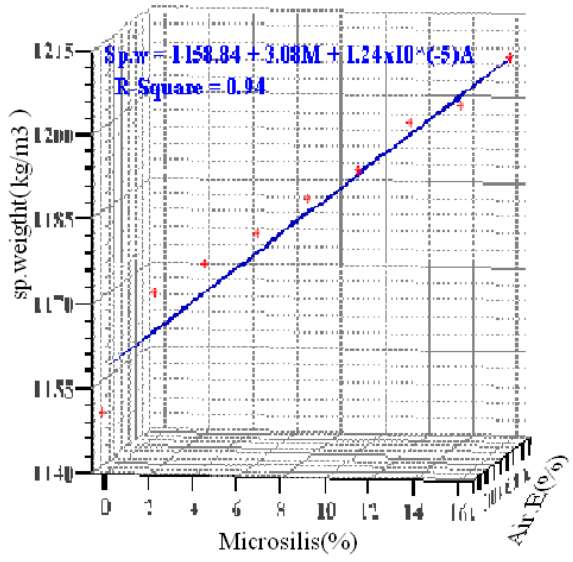
ادامه شکل ۳- نمودار مقاومت فشاری – میکروسیلیس



شکل ۴- نمودار وزن مخصوص- درصد میکروسیلیس- درصد هوازا



ادامه شکل ۳- نمودار مقاومت فشاری – میکروسیلیس



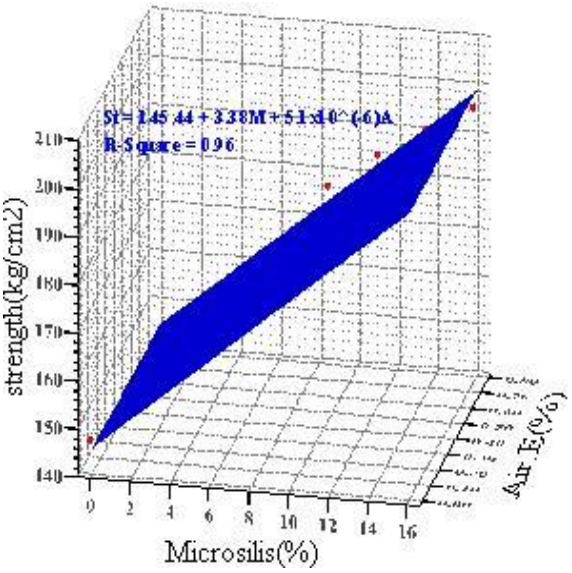
شکل ۵- شکل ۴ دید از روبرو

٤- نتایج حاصل از طرح اختلاط های نوع دو

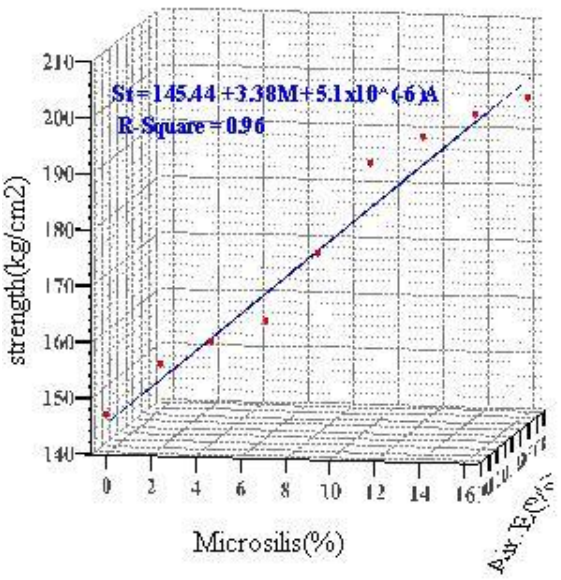
نتایج حاصل از آزمایشات انجام شده بر روی نمونهای بتنی تهیه شده از طرح اختلاطهای نوع دو در جدول (۵) آورده شده است. برای رسم نمودار نتایج بدست آمده از نرم افزار SPSS استفاده شده است که در شکل های (۴) تا (۱۲) نشان داده شده است. چون در این طرح اختلاط ها دو متغیر وابسته وزن مخصوص و مقاومت فشاری و دو متغییر مستقل درصد میکروسیلیس و درصد هوازا وجود دارد بنابراین به مختصات سهبعدی نیاز است.

جدول ۵- نتایج مقاومت فشاری بر روی نمونه های طرح اختلاط های نوع دو

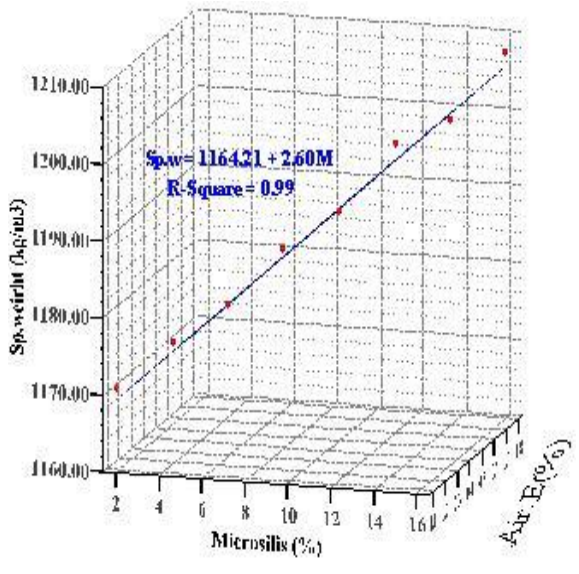
ردیف	سیمان (kg)	ماسه (kg)	پرلیت (kg)	$\frac{W}{C}$	میکروسیلیس (درصد)	هوازا (درصد)	وزن مخصوص (kg/m³)	مقاومت فشاری (kg/cm²)
۱	۵۰	۵	۲۵	۰,۵	۰	۰	۱۱۵۰	۱۴۶
۲	۵۰	۵	۲۵	۰,۵	۲	۰,۱	۱۱۷۰	۱۵۴
۳	۵۰	۵	۲۵	۰,۵	۴	۰,۲	۱۱۷۵	۱۵۷
۴	۵۰	۵	۲۵	۰,۵	۶	۰,۳	۱۱۷۹	۱۶۰
۵	۵۰	۵	۲۵	۰,۵	۸	۰,۴	۱۱۸۵	۱۷۱
۶	۵۰	۵	۲۵	۰,۵	۱۰	۰,۵	۱۱۸۹	۱۸۶
۷	۵۰	۵	۲۵	۰,۵	۱۲	۰,۶	۱۱۹۷	۱۹۰
۸	۵۰	۵	۲۵	۰,۵	۱۴	۰,۷	۱۱۹۹	۱۹۳
۹	۵۰	۵	۲۵	۰,۵	۱۶	۰,۸	۱۲۰۷	۱۹۵



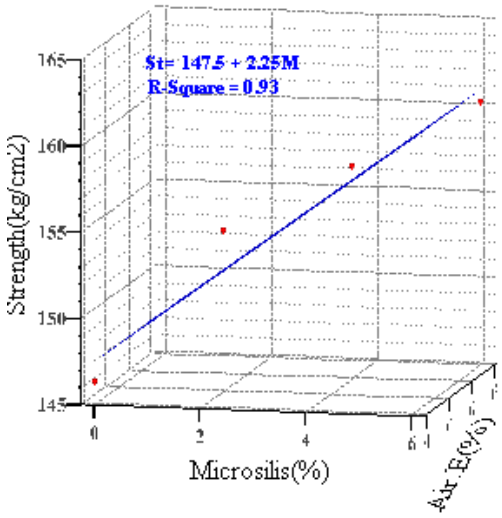
شکل ۷- نمودار مقاومت- میکروسیلیس- هوازا



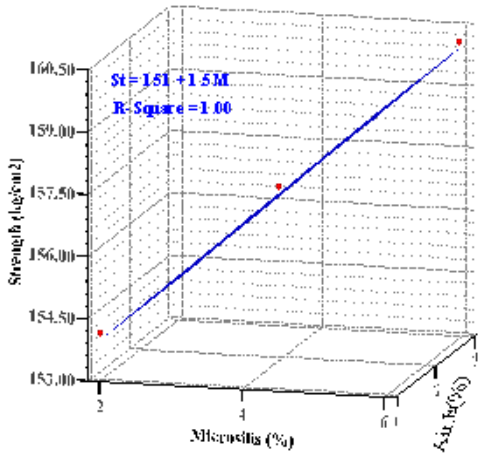
شکل ۸- شکل ۷ دید از روبرو



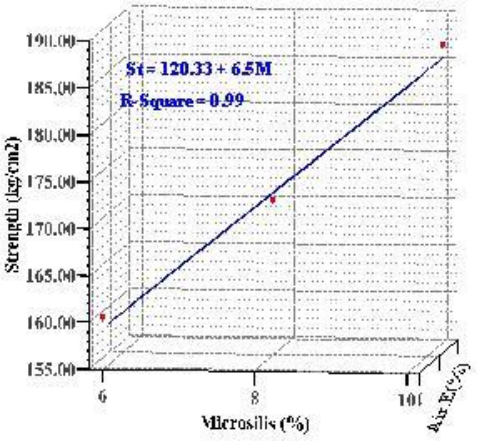
شکل ۶- نمودار وزن مخصوص- میکروسیلیس دربازه ۱۶-۲درصد- هوازا



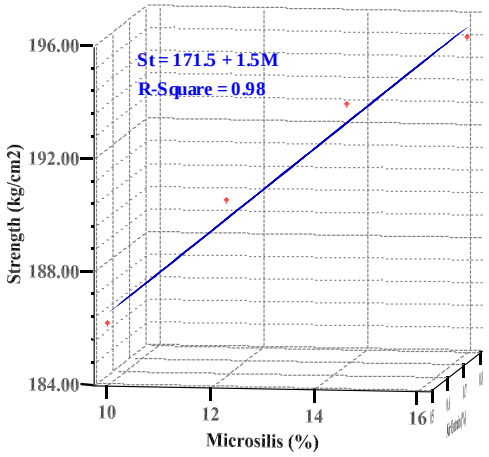
شکل ۹- نمودار مقاومت- درصد هوازا - میکروسیلیس در بازه ۶- ۰درصد



شکل ۱۰- نمودار مقاومت- درصد هوازا - میکروسیلیس در بازه ۶-۲ درصد



شکل ۱۱- نمودار مقاومت- میکروسیلیس در بازه ۱۰-۶ درصد - درصد هوازا



شکل ۱۲- نمودار مقاومت- میکروسیلیس در بازه ۱۶-۱۰ درصد – هوازا

۵- بحث و بررسی نتایج

از نتایج جدول (۴) و نمودارهای شکلهای (۱) و (۲) چنین بر می‌آید که با افزایش درصد میکروسیلیس وزن مخصوص و مقاومت فشاری بتن افزایش می یابد.

شکل (۱) نشان می دهد که افزایش هر۱٪ درمقدار میکروسیلیس تقریبا ۴,۲۶ kg/m^3 به مقدار وزن مخصوص می‌افزاید. شکل (۳) نشان می دهدکه در بازه ۶-۲ درصد افزایش هر ۱٪ در مقدار میکروسیلیس ۲,۵ kg/cm^2 به مقدار مقاومت فشاری می‌افزاید. همچنین شکل (۳) نشان می دهد که در بازه ۱۰-۶ درصد میکروسیلیس هر ۱٪ در افزایش میکروسیلیس ۵,۵ kg/cm^2 بر مقدار مقاومت فشاری می افزاید و در بازه ۱۶-۱۰ درصد افزایش هر ۱٪ در مقدار میکروسیلیس ۱,۵ kg/cm^2 به مقدار مقاومت فشاری می‌افزاید.

ملاحظه می‌شود که درمحدوده ۱۰-۲ درصد میکروسیلیس، مقدار افزایش مقاومت فشاری سریع‌تر از محدوده ۱۶-۱۰ درصد است، ضمن اینکه با توجه به شکل (۱) ملاحظه می شود که در محدوده ۱۰-۲ درصد وزن مخصوص نیز با شیب کمتری نسبت به بازه ۱۶-۱۰ درصد افزایش می‌یابد، بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که استفاده از میکروسیلیس تا ۱۰ درصد کاملا معنی دار و معقولانه است.

از جدول (۵) و نمودارهای شکل(۴) و (۷) چنین برمی‌آید که با افزایش درصد میکروسیلیس و درصد ماده هوازا به طور هم زمان، وزن مخصوص و مقاومت فشاری افزایش می‌یابد. شکل (۶) در بازه ۱۶-۲ درصد نشان می دهد که در این محدوده هر ۱٪ افزایش در مقدار میکروسیلیس kg/m^3 ۲,۶ به وزن مخصوص می‌افزاید و نیز نشان می‌دهد که ماده هوازا تاثیری بر وزن مخصوص بتن ندارد.

شکل (۱۰) نشان می‌دهد که در بازه ۶-۲ درصد هر ۱٪ افزایش در مقدار میکروسیلیس، kg/cm^2 ۱,۵ بر مقدار مقاومت فشاری می

افزاید، و نیز این رابطه نشان می‌دهد که استفاده از ماده هوازا به همراه میکروسیلیس تاثیری در مقاومت فشاری بتن ندارد.

شکل (۱۱) نیز نشان می‌دهد که در بازه ۱۰-۶ درصد میکروسیلیس هر ۱٪ افزایش در مقدار میکروسیلیس، $6{,}5\ kg/cm^2$ بر مقدار مقاومت فشاری می‌افزاید و همچنین این رابطه نشان می‌دهد که در این بازه نیز ماده هوازا تاثیری بر مقاومت فشاری بتن ندارد، همچنین ملاحظه می شود که در این بازه افزایش مقاومت با شیب بیشتری صورت می‌گیرد و حدود ۴٫۳۳ برابر بیشتر از بازه ۶-۲ درصد میکروسیلیس، بر افزایش مقاومت فشاری تاثیرگذار است.

شکل (۱۲) نیز نشان می‌دهد که در بازه ۱۶-۱۰ درصد میکروسیلیس هر ۱٪ افزایش در مقدار میکروسیلیس، $1{,}5\ kg/cm^2$ بر مقدار مقاومت فشاری می‌افزاید و همچنین این رابطه نشان می‌دهد که در این بازه نیز ماده هوازا تاثیری بر مقاومت فشاری بتن ندارد. ملاحظه می‌شود که در این بازه افزایش مقاومت با سرعتی برابر بازه ۶-۲ درصد میکروسیلیس و کمتر از بازه ۱۰-۶ درصد میکروسیلیس صورت می گیرد.

مقایسه نتایج طرح اختلاط نوع دو و نوع یک نشان می‌دهد که استفاده هم زمان میکروسیلیس و ماده هوازا باعث کاهش در وزن مخصوص بتن و افزایش در مقاومت فشاری می‌شود، زیرا همانطور که ذکر شد، افزایش ۱٪ در مقدار میکروسیلیس در طرح اختلاط نوع یک وزن مخصوص راحدود $4{,}26\ kg/m^3$ افزایش می‌دهد، حال آنکه با بکار بردن ماده هوازا در کنار میکروسیلیس به ازای هر ۱٪ افزایش در مقدار میکروسیلیس، $2{,}6\ kg/m^3$ بر وزن مخصوص بتن افزوده می شود که این مقدار تقریبا ۰٫۶ برابر حالتی است که ماده افزودنی هوازا استفاده نمی شود.

همچنین این نتیجه حاصل می شود که تا ۳٪ میکروسیلیس استفاده از ماده هوازا مقاومت را افزایش می دهد و از ۳ تا ۱۰ درصد مقاومت را اندکی کاهش می‌دهد و عملا تاثیر چندانی ندارد.

همچنین این نتیجه حاصل می شود که در بازه ۱۶-۱۰ درصد میکروسیلیس باعث افزایش مقاومت می‌شود و این باور که ماده هوازا همیشه سبب کاهش مقاومت می شود نقض می‌شود. بنابراین استفاده هم‌زمان میکروسیلیس و ماده هوازا هم برای مقاومت فشاری و هم برای وزن مخصوص در محدوده بیشتر از ۱۰ درصد میکروسیلیس و ۰٫۵ درصد ماده هوازا کاملا معنادار می‌باشد و باعث بهبود نتایج نسبت به حالتی می‌شود که فقط میکروسیلیس بکار برده شده بود.

٦- نتیجه گیری

نتایج آزمایشات نشان می‌دهد که استفاده هم زمان از میکروسیلیس و ماده هوازا، هم برای مقاومت فشاری و هم برای وزن مخصوص در محدوده بیشتر از ۱۰ درصد میکروسیلیس و ۰٫۵ درصد ماده هوازا کاملا معنادار است و باعث بهبود نتایج نسبت به حالتی می‌شود که فقط میکروسیلیس بکار برده شود. با استفاده هم زمان از میکروسیلیس و ماده هوازا، بتنی سبک و سازه ای با کارایی بالا حاصل می‌شود. در این آزمایشات نسبت آب به سیمان ثابت نگهداشته شده است و کاملا واضح است که مقاومت فشاری بتن به طور قابل ملاحظه‌ای به نسبت آب به سیمان بستگی دارد و با کاهش نسبت آب به سیمان مقاومت فشاری افزایش می‌یابد، بنابراین اگر با افزایش درصد ماده هوازا در طرح اختلاط ها نسبت آب به سیمان کاهش داده شود مقاومت فشاری به مراتب افزایش خواهد یافت.

۷- مراجع

۱. حامی، ا.، راهنمای بتن ساز، انتشارات مروی، ۱۳۶۴.
۲. انیستیتو مصالح ساختمانی دانشکده فنی دانشگاه تهران، سبکدانه سازه‌ای، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۶.
۳. قنادی، م.، بررسی ساختار بتن‌های سبک مقاوم پرلیتی، پایان نامه کارشناسی ارشد سازه، دانشگاه محقق اردبیلی، ۱۳۸۷.
۴. طسوجی، م.ا.، طرح و کنترل مخلوط‌های بتنی، انجمن سیمان پرتلند، ۱۳۶۲.
۵. خالو، ع.، رفتار سازه‌ای بتن دارای میکروسیلیس، مجموعه مقالات سمینار بین المللی کاربرد میکروسیلیس، ۱۳۷۶.
۶. رمضانیان‌پور، ع.، پرهیزگار، ط.، طاهری، ا.، مواد افزودنی و پوزولانی و کاربرد آن در بتن، مرکز تحقیقات ساختمانی و مسکن، ۱۳۸۳.
7. Slat, F.O., Nilson, A.h., Martinez, S., Mechanical Properties of High-Strength Light Weight Concrete, ACI Materials Journal, Vol. 81, No. JL83-54, 1986.
8. Khaloo, A., Kim, N., Effect of curing condition on strength and elastic modulus of light weight high strength concrete, ACI Material journal, Vol. 96, No. 96-M61, 1999.

Effect of Air Entrain and Microsilis Additives on Light Weight Perlite Concrete

M.Gannadi

Department of Civil Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Sarab Branch, Iran

M.A.Lotfollahi yaghin

Department of Civil engineering, Islamic Azad University, Urmia Branch, Iran

R.Amiri

M.Sc in Civil Engineering

Abstract

This paper presents the results of a laboratory study carried out on effect of using microsilis and air entrain on compressive strength of light weight perlite concrete. In this study, 63 test specimens with different percentage and mixtures including microsilis and air entrain were used. 63 test specimens including microsilis were also prepared for comparison purposes. Laboratory test results showed that workability and compressive strength can be increased, and density can be decreased by the use of air entrain and microsilis. These results showed that concrete mixture incorporating 0.5% air entrain and 10% microsilis can be optimum case.

Key words: perlite, microsilis, air entrain