

تأثیرات پوکه معدن دماوند در ساخت بتن سبک خود تراکم

علی باقریان

کارشناس معدن - سرپرست آزمایشگاه تحقیق و پژوهش بتن شرکت پریفاب

چکیده:

امروزه نقش بتن خود تراکم در اجرای ساختمان ها و برج ها و عملیات عمرانی بر کسی پوشیده نیست و همواره تلاش می شود که با سبک سازه ها و کاهش هزینه ها و افزایش مقاومت نقش این نوع بتن ها پر رنگ تر گردد.

بتن خود تراکم به علت بی نیاز بودن به تراکم لرزشی و پوشش دادن تمام سطوح قالب به علت روانی ، یکی از بهترین انواع بتن برای ساختن قطعات بتنی می باشد . بیشتر موارد استفاده آن در سقف ها ، تیرها ، ستون ها ، پل ها و لاینینگ تونل ها می باشد و بسیار مناسب برای محل هایی است که آرماتور بندی شدیداً متراکم است . حال اگر در مواردی مانند سقف ها بتوان علاوه بر داشتن مقاومت فشاری و کششی بالا ، سبکسازي نیز انجام داد ، این نوع بتن کارایی بیشتری نیز خواهد داشت.

این مقاله تحقیقی به منظور تعیین نسبت های مخلوط بتن سبک خود تراکم پرمقاومت است. برای کاهش وزن آن از پوکه های معدنی پومیس معدن دماوند جهت دستیابی به بتنی سبک پر مقاومت استفاده شده است . پوکه پومیس دارای ۶۰٪ سیلیس می باشد که به نوبه خود کمک شایانی در دستیابی به مقاومت و دوام خواهد کرد. همچنین از پودر سنگ و پودر میکروسیلیس به منظور کاهش تخلخل و افزایش مقاومت فشاری استفاده شد . با در نظر داشتن جنبه های اجرایی این نوع از بتن، متغیرها در طرحهای مختلف شامل :نسبت آب به مصالح سیمانی، مقدار دانه های سبک در کل حجم بتن، مقدار سیمان و پودر سنگ بوده اند . آزمون های ساخته شده در آزمایشگاه بتن شرکت پریفاب، تا روز آزمایش مقاومت فشاری در حوضچه نگهداری نمونه عمل آوری گردید . نتایج این پژوهش نشان می دهد که می توان با استفاده از دانه های پوکه معدنی پومیس بتن سبک خود تراکم ، با کارایی بالا ساخت.

واژه های کلیدی: بتن سبک ، بتن خود تراکم ، پوکه معدنی ، پومیس ، پودر میکروسیلیس

مقدمه :

یکی از مشکلات مهم در طراحی و اجرای فعالیتهای عمرانی (ساختمان های مرتفع و پل ها) وزن بکار رفته قطعات سازه در آن است . از این رو با استفاده از بتن سبکی که دارای خواص مکانیکی مطلوب باشد، امتیازات قابل توجهی را می توان به دست آورد . از آن جمله کاهش مقاطع در تیر ، ستون، دال و پی است که در نهایت به اقتصادی شدن طرح منجر خواهد شد .



شکل ۱- Perchtoldsdorf, Austria

تاکنون تلاش های زیادی برای ساختن بتن سبک سازه ای صورت گرفته است . بررسی ها ی نوشچنو و ویتکومب نشان داد که با استفاده از سبکدانه های سیلیسی منبسط شده با مصرف سیمان و میکروسیلیس تا ۲۰ % وزن سیمان می توان مقاومتی معادل $70/5 \text{ MPa}$ با وزن مخصوص $1/860 \text{ kg/m}^3$ دست یافت . [1] کیهی، آتیز، یاسر، وازکان نشان دادند که می توان با دانه ها ی بازالت - پومیس، 450 kg/m^3 سیمان و ۱۰ % وزنی سیمان استفاده از میکروسیلیس به صورت جایگزین، می توان به مقاومت فشاری $43/8 \text{ MPa}$ با وزن مخصوص خشک در حدود kg/m^3 ۱۸۲۰ بعد از گذشت ۳ ماه دست یافت . [2] تحقیقات روسیگنولو، آگنسنی و مورایس نشان داد که با استفاده از دانه های سبک برزیلی می توان به مقاومت فشاری ۲۸ روزه معادل $53/2 \text{ MPa}$ با وزن مخصوص خشک در حدود $1/605 \text{ kg/m}^3$ دست یافت . [3] مالهوترا نیز حدود توانست با استفاده از سنگدانه های سنگ رسی منبسط و سیمان نوع ۳ به مقدار 500 kg/m^3 به مقاومت فشاری 70 MPa در ۳۶۵ روز که دارای وزن مخصوص $2/000 \text{ kg/m}^3$ بوده است . [4]

بتن تولیدی با این روش دارای قابلیت های زیر می باشد:

- کاهش وزن مخصوص.
- استفاده از روان کننده های قوی و افزایش اسلامپ بتن و کاهش نسبت آب به سیمان طرح مخلوط و رسیدن به حداکثر مقاومت فشاری.
- امکان شکل دهی مناسب به سطح بتن.
- پمپ کردن آسان آن به طبقات.
- بدون نیاز به تراکم لرزشی و خارج سازی هوای موجود در بتن
- به عنوان محصولی صنعتی از نظر کیفیت دارای یکنواختی مطلوبی می باشد.
- قیمت آن نسبت به سنگدانه های مصنوعی پایین تر است و به وفور یافت می شود.
- فاقد مواد زیان آوری است که ممکن است در تولید سنگدانه های مصنوعی بکار رفته باشد .
- به دلیل تشکیل شدن از گدازه های آتشفشانی مقاومت مطلوبی در برابر شوکهای حرارتی دارند.

تئوری مطالعه :

مشکلاتی که بر سر راه طرح مخلوط بتن سبکدانه یا نیمه سبکدانه و اجرای آن وجود دارد عبارتند از:

- ۱- تغییرات شدید مقاومت با توجه به نوع سنگدانه سبک درشت و ریز با نسبت آب به سیمان ثابت
- ۲- تعریف نسبت آب به سیمان در بتن سبکدانه و کنترل آن با توجه به جذب آب قابل توجه سبکدانه ها در طول زمان برخلاف سنگدانه معمولی

۳- جداسدگی و روزدن سبکدانه های درشت و غیرهمگن شدن بتن بویژه در بتن هایی با کارآیی زیاد

۴- تغییر روند جذب آب با توجه به رطوبت اولیه سبکدانه ها و ایجاد مشکل برای تعیین مقدار آب لازم جهت اختلاط با بتن

۵- تغییر شدید کارآیی در طول زمان و مشکل تأمین کارآیی مناسب در زمان مورد نظر برای تعیین نسبت آب به سیمان (با توجه به تجربیات و چگالی سنگدانه ها و استحکام آن، مقداری تخمین زده می شود تا بتوان به مقاومت و دوام مورد نظر رسید). در صورتی که ماسه معمولی بکار رود مقاومت ها افزایش می یابد. به علت تفاوت در چگالی سنگدانه ها، به ویژه در بتن نیمه سبکدانه لازم است درصدهای وزنی با توجه به منحنی دانه بندی بدست آید. مقدار آب آزاد طبق آن چه در روش ملی آمده است، تعیین می شود.

پس از محاسبه حجم کل سنگدانه ها با استفاده از رابطه حجم مطلق، حجم کل سنگ دانه ها بدست می آید. با در دست داشتن سهم حجمی هر یک از سنگدانه ها می توان حجم آنها را محاسبه نمود. سپس با استفاده از چگالی هر نوع سنگدانه می توان وزن آنها را تعیین کرد.

بتن خود تراکم، بتنی است که قابلیت جریان و پر کردن درون قالب و لا به لای میلگردها را به راحتی و سهولت دارا می باشد، ضمن این که همگنی آن حفظ می شود و جداسدگی و آب انداختن آن ناچیز می باشد. این بتن نیاز به تراکم ندارد. معمولاً افزایش روانی و جریان بتن و چسبندگی درونی ظاهراً سازگاری ندارد. با افزایش آب آزاد و افزایش روانی بتن، پایداری و همگنی بتن از بین می رود و برای حفظ آن لازم است ذرات ریز به ویژه ذرات چسبنده سیمانی افزایش یابد؛ اما افزایش این مواد می تواند با جریان بتن (جاری شدن) و کاهش گرانروی آن منافات داشته باشد. با استفاده از فوق روان کننده های قوی می توان مانع افزایش مقدار آب و در نتیجه روانی لازم را تأمین نمود. به هر حال در این مورد نیز گرانروی کم شده و امکان جداسدگی و حتی آب انداختن وجود دارد و توصیه می شود ذرات ریز مانند پودر سنگ، سرباره و برخی پوزولان های طبیعی و مصنوعی (دوده سیلیسی، خاکستر پسته برنج، متاکائولن و خاکستر بادی) به قدر کافی بکار رود و بافت دانه بندی ریزتر شود. در بین این مواد، پودر سنگ یا ماسه های خیلی ریز از چسبندگی کمتری برخوردارند و مصرف آنها ترجیح دارد.

امروزه مصرف فوق روان کننده هایی بر پایه پلی کربوکسیلات در کشورمان رایج است. گاه می توان برای بالا بردن گرانروی از مواد اصلاح کننده گرانروی بهره گرفت به ویژه اگر نتوان از مقدار کافی پودر سنگ و سایر مواد و ذرات ریز استفاده نمود. با توجه به کارایی بالای هر دو نوع بتن سبک و بتن خود تراکم در این مقاله سعی شده که ترکیب این دو نوع بتن را آزمایش و نتایج حاصله در فاز خمیری و بتن سخت شده با بتن شاهد فاقد سبکدانه مقایسه گردد. [5].

پوک های معدنی بدلیل بعضی از خواص فیزیکی خود همچون سبکی، مقاومت در مقابل آتش، ضریب هدایت صوتی و حرارتی پایین (عایق صوتی و حرارتی) دارای کاربردهای بسیار متنوع در بخشهای مختلف صنعت می باشند. در بسیاری از کشورهای صنعتی دنیا این منابع بصورت شایسته ای مورد شناسایی قرار گرفته و در صنایع مختلف استفاده می شوند [4] عمده مصرف این مواد در صنعت ساختمان بوده که جهت سبکسازی استفاده می شود. سبکسازی منجر به کاهش نیروی زلزله وارد بر ساختمان شده و علاوه بر ارتقاء سطح ایمنی لرزه های ساختمان باعث کاهش مصرف مصالح سازهای بکار رفته در سازه نیز میگردد. با توجه به زلزله خیز بودن کشور از یک سو و مصرف بیش از حد انرژی بدلیل ضعف سیستم عایق بندی (صوتی و حرارتی) اکثر ساختمانها از سوی دیگر، استفاده بهینه از

منابع نسبتاً ارزان پوکه معدنی کشور میتواند علاوه بر افزایش ایمنی در مقابل زلزله به کاهش قابل ملاحظه در مصرف سایر مصالح با ارزشتر همچون سیمان، میلگرد، نفت و گاز بیانجامد.

مواد مو مصالح مورد استفاده در تحقیق :

سیمان:

سیمان به کار رفته در این پژوهش سیمان تهران تیپ ۴۲۵-۱ می باشد که دارای مشخصات زیر است :

جدول ۱ . نتایج آزمایشهای انجام شده بر روی سیمان ۴۲۵-۱

ویژگی	استاندارد	حد استاندارد	نتیجه آزمون
وزن مخصوص (kg/m ³)	ملی ۳۸۹ ایران	۳,۱۵	۳,۱۵
نرمی	ملی ۳۸۹ ایران	۲۸۰۰	۳۰۰۰
مقاومت فشاری (۲۸ روزه ملات استاندارد) (kg/m ²)	ملی ۳۸۹ ایران	۴۲۵	۴۳۸

پوکه:

پوکه استفاده شده از نوع پوکه پومیس معدنی ، معدن دماوند با مشخصات زیر است :
آزمایشات مربوط به این قسمت بر اساس استاندارد ۹۴ASTM-C94 و ASTM-C97 انجام شده که در آنها با داشتن وزن مصالح در حالت خشک و اشباع در هوا و بصورت اشباع با سطح خشک ، پارامترهای مذکور محاسبه می شوند. پوکه استفاده شده از نوع پوکه پومیس بوده و دارای مشخصات زیر است.



شکل ۲ - پوکه معدنی پومیس

آنالیز شیمیایی آن به شرح زیر است :

جدول ۲ - آنالیز شیمیایی پوکه پومیس

سایر عناصر %	Cao %	Fe ₂ O ₃ %	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	شماره نمونه
-----------------	----------	-------------------------------------	-------------------------------------	-----------------------	-------------

7592	۶۵	۲۵	۵	۲	۳
------	----	----	---	---	---

جدول ۳- خصوصیات فیزیکی پوکه معدنی

درصد جذب آب (%)	وزن مخصوص خشک (kg/m ³)	وزن مخصوص در حالت ssd (kg/m ³)	نوع نمونه
۱۲,۵	۰,۸	۱,۵۵	زیر الک ۴
۱۲,۵۸	۰,۸۴	۱,۸۴	بالای الک ۴

پودر سنگ:

پودر سنگ اثر قابل ملاحظه ای بر بهبود خواص مکانیکی پوکه معدنی دارد. در صورت استفاده از پودر سنگ مقاومت خمشی حدود ۴۰٪ افزایش خواهد یافت، بدون آنکه وزن مخصوص افزایش قابل ملاحظه ای داشته باشد. همچنین پودر سنگ فضای خالی مابین سنگدانه را پر کرده و از نظر ظاهری سطحی عاری از خلل و فرج به بتن می دهد.

پودر سنگ استفاده شده از نوع میکرونیزه کربنات کلسیم (CaCO₃) با خلوص ۹۸٪ مشخصات زیر:

جدول ۴- مشخصات فیزیکی و شیمیایی کربنات کلسیم

شماره نمونه	Sio ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	MgO %	TiO ₂ %	MnO %	P ₂ O ₅ %	وزن مخصوص g/cm ³	جذب آب %
7592	.14	.07	.02	56.82	.06	.01	.26	.001	.001	0.082	2.2	1

میکرو سیلیس:

استفاده از مواد افزودنی مانند میکروسیلیس به دلیل داشتن خصوصیات پوزولانی در بتن خود تراکم کاربرد دارد که می تواند باعث بهبود خواص مهندسی بتن خودتراکم شود و کمک شایانی به ساخت سازه هایی با عملکرد بالا و با دوام می نمایند.

مشخصات میکروسیلیس استفاده شده بر مبنای ASTM C1240 - EN13263 به شرح زیر می باشد.

مشخصات شیمیایی:

جدول ۵- آنالیز شیمیایی میکروسیلیس

درصد	ترکیب شیمیایی مواد
------	--------------------

Sio2	95-97%
Al2o3	1-2%
Cao	0.4-0.5%
L.O.I	1-1.5%

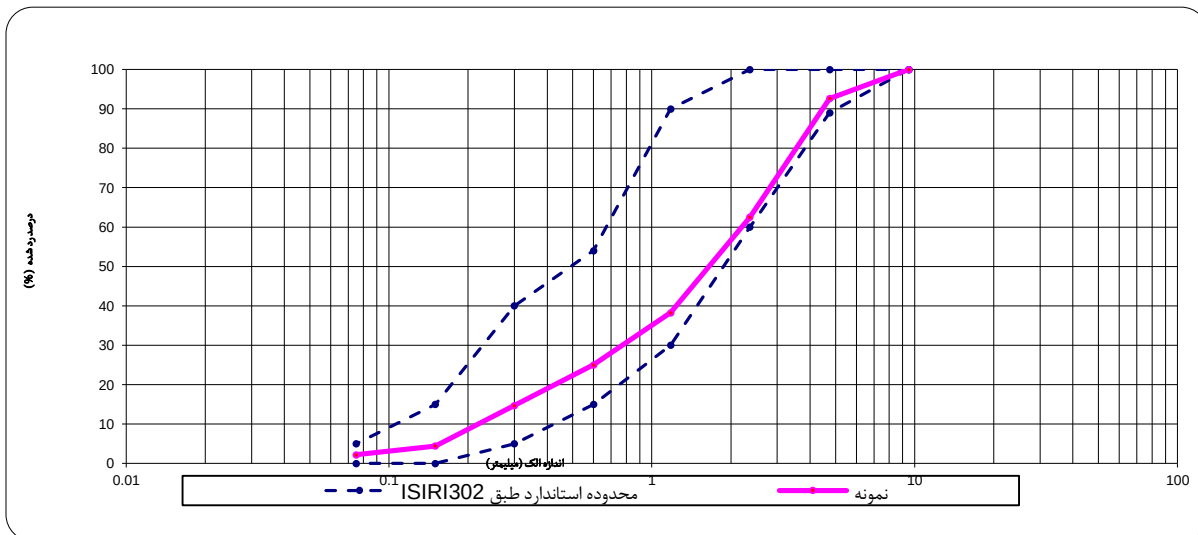
جدول ۶- مشخصات فیزیکی میکروسیلیس

مشخصات فیزیکی	نتیجه آزمایش
چگالی	۲,۲ gr/cm ³
چگالی حجمی	۶۰۰ gr/cm ³
چگالی ظاهری	۰,۳۶ gr/cm ³
ضریب فعالیت پوزولانی (هفت روزه)	۱-۱۱۴

شن و ماسه :

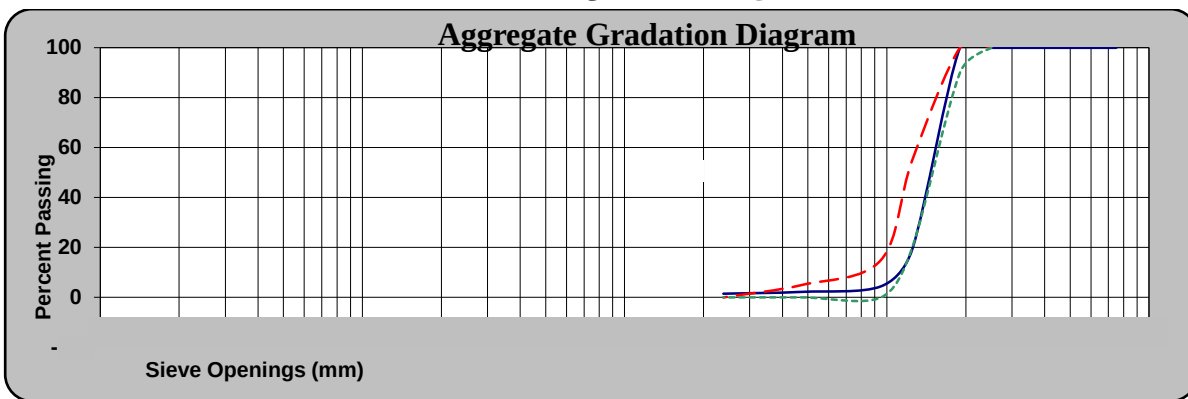
شن و ماسه استفاده ، شن و ماسه تولیدی شرکت پریفاب با مشخصات و دانه بندی جدول ۷ و ۸ می باشد.

جدول ۷- دانه بندی و مشخصات ماسه استفاده شده (ISIRI 4977)



نام آزمایش	روش آزمایش	نتیجه آزمایش
درصد گذشته از الک ۲۰۰	ASTM C117-03	۲,۹%
چگالی ریزدانه (SSD)	ASTM C128-01	۲,۳۸ kg/m ³
مدول نرمی (FM)	ISIRI 4977	۳,۶
جذب آب ریزدانه	ASTM C128-01	۳,۲۴%
ارزش ماسه ای	ASTM D2419	۹۴%

جدول ۸- دانه بندی و مشخصات شن استفاده شده (ASTM C 33)



نام آزمایش	روش آزمایش	نتیجه آزمایش
درصد گذشته از الک 200	ASTM C117-03	0.5%
چگالی درشت دانه (SSD)	ASTM C127-01	۲,۵۱ kg/m ³
جذب آب درشت دانه	ASTM C127-01	۲,۲۲%

افزودنی بتن :

روان کننده در تمام طرح ها ثابت بوده و از نوع فوق روان کننده پلی کربوکسیلاتی با چگالی 1.2 gr/cm^3 می باشد.

مشخصات مصالح در طرح های مخلوط به شکل جدول ۹ می باشد.

جدول ۹- مشخصات مصالح مورد استفاده

نوع مصالح	محل تأمین	حدکثر اندازه سنگدانه MSAmm	جذب آب. %	چگالی SSD (kg/m ³)	درصد عبوری از الک. % ۲۰۰
ماسه طبیعی	ماسه شویی پریفاب	4.75	3.24	2.38	2.00
شن پوک	معدن دماوند	19	12.5	1.55	0.4
شن نیمه شکسته	سنگ شکن پریفاب	19	2.2	2.54	0.4
پودر سنگ	پودر سازان آزادی	0.3	1	2.2	1

ماسه پوکه	معدن دماوند	4.75	12.58	1.84	4.00
ترکیب سنگدانه ها		12.5	-	2.108	
مواد سیمانی	سیمان	تیپ ۱،۴۲۵ تهران		3.15	
	میکروسیلیس			2.2	
روان کننده	پلی کربوکسیلات			1.2	

شرح عملیات پژوهشی و طرح های آزمایشی:

طبق جدول ۱۰ همانطور که مشاهده می شود طرح اول که به صورت شاهد بوده و از پوکه استفاده نشده است . در طرح های بعدی پوکه با نسبت های مختلف مورد استفاده قرار گرفته و رفتار سنجی می شود که شامل اسلامپ اولیه و ثانویه (بعد از ۱۵ دقیقه و ۳۰ دقیقه)، آزمایش قیف V و جعبه L، چگالی سنجی و مقاومت فشاری ۳ و ۷ و ۲۸ روزه می باشد . نمونه ها در قالب های مکعبی ۱۰*۱۰*۱۰ تهیه و برای عمل آوری در حوضچه آب به دمای ۲۳ درجه سانتی گراد نگهداری می گردد. در شکل ۳ و ۴ و ۵ و ۶ فاز خمیری، آزمایش اسلامپ فلو، آزمایش جعبه L و آزمایش قیف V، طرح شماره SCC110 نمایش داده شده است .



شکل ۴- آزمایش اسلامپ فلو



شکل ۳- فاز خمیری طرح ها



شکل ۶- آزمایش قیف V



شکل ۵- آزمایش جعبه L

معیارهای انتخاب بهترین طرح ها روانی مناسب بتن خود تراکم، پایین ترین چگالی و بالاترین مقاومت فشاری بوده اند.

همانطور که در جدول ۱۲ مشاهده می گردد کمترین چگالی مربوط به طرح شماره scc110 با چگالی ۱,۸ kg/cm³ و بهترین نتیجه مقاومت فشاری در سن ۲۸ روز مربوط به شماره scc111 با مقاومت ۵۸۸ kg/m² می باشد. در آزمایشات فاز خمیری همانطور که در جدول ۱۱ مشاهده می گردد scc110 و scc108 نسبت به بقیه طرح ها نتایج بهتر و در فاز خمیری عملکرد مناسبتری داشته اند.

جدول ۱۰- اجزای مخلوط های آزمایشی در یک متر مکعب بتن (kg) و وزن مخصوص نمونه ها (kg/cm³)

وزن خشک	وزن مخصوص	وزن محاسباتی	وزن مخصوص	اسلاکس	چسب	گرمس (پود)	ماسه	شن	آب آزاد	آب کل	فوق روان کننده	میکروسیس	سیمان	طرح آزمایش
2.35	2.355	2.162	۶۳	۰	۱۰۶	983	577	158	202	8	۰	400	scc 100	
2.21	2.285	2.039	67	341	107	595	349	152	183	8	0	400	scc 101	
2.11	2.285	1.996	73	257	107	694	406	152	186	8	0	400	scc 102	
2.12	2.180	1.926	63	427	153	744	176	180	185	8	0	400	scc 103	
2.3	2.365	1.963	68	287	220	713	253	176	209	8	10	400	scc 104	
2.11	2.155	1.752	74	760	149	322	86	152	250	12	0	400	scc 105	
2.03	2.170	1.749	72	740	145	314	84	160	255	12.6	20	400	scc 106	
2.1	2.200	1.753	82	832	149	241	86	136	240	8.8	40	400	scc 107	
1.845	2.055	1.773	82	812	145	236	84	134	234	9.9	45	450	scc 108	
1.985	2.242	1.740	85	826	222	240	0	141	242	8.8	40	400	scc 109	
1.8	2.145	1.772	87	939	176	0	0	155	261	11.1	55	500	scc 110	
2.18	2.270	1.966	81	329	216	688	0	194	255	11.1	55	500	scc 111	

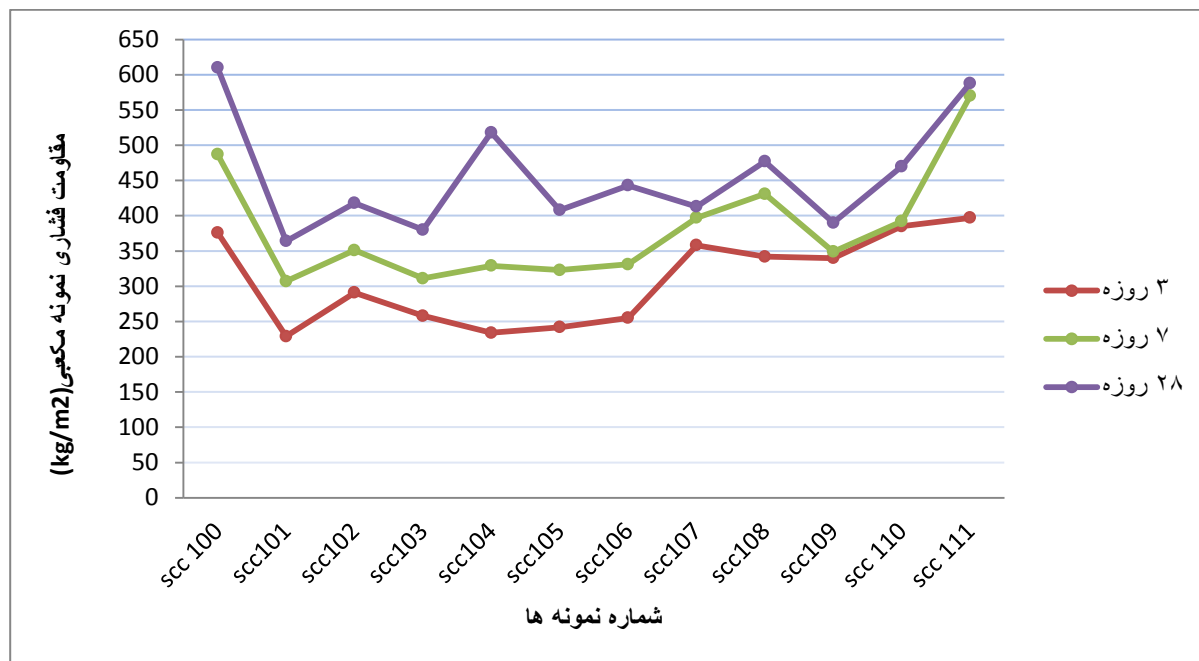
جدول ۱۱ - آزمایشات فاز خمیری صورت گرفته روی بتن

شماره نمونه	scc100	scc101	scc102	scc103	scc104	scc105	scc106	scc107	scc108	scc109	scc110	scc111
اسلاکس cm	63	73	73	65	68	74	65	82	82	85	87	81

قیف v (s)	00:05	00:07	00:04	00:10	00:08	00:08	00:09	00:04	00:03	00:06	00:03	00:06
جعبه L	0.91	0.78	0.92	0.45	0.78	0.78	0.75	1.0	1.0	0.80	1.0	0.77

جدول ۱۲- مقاومت فشاری نمونه ها و رفتار بتن در هنگام تولید (kg/m²)

نمونه	چگالی	۳ روزه	۷ روزه	۲۸ روزه	جداشدگی	آب انداختن	خمیری بودن	تراکم پذیری	نسبت مقاومت فشاری به چگالی
scc 100	2.35	376	487	610	ندارد	ندارد	کم	متوسط	259.57
scc 101	2.21	229	307	364	کم	دارد	کم	متوسط	164.71
scc 102	2.11	291	351	418	کم	دارد	کم	متوسط	198.10
scc 103	2.12	258	311	380	کم	کم	متوسط	متوسط	179.25
scc 104	2.3	234	329	518	ندارد	کم	زیاد	زیاد	225.22
scc 105	2.11	242	323	408	کم	دارد	کم	متوسط	193.36
scc 106	2.03	255	331	443	کم	دارد	کم	متوسط	218.23
scc 107	2.1	358	397	413	کم	دارد	متوسط	متوسط	196.67
scc 108	1.845	342	431	477	کم	دارد	کم	متوسط	258.54
scc 109	1.985	340	349	۳۹۰	کم	دارد	متوسط	متوسط	196.47
scc 110	1.8	385	392	۴۷۰	کم	کم	کم	متوسط	261.11
scc 111	2.18	397	570	588	کم	متوسط	کم	متوسط	269.72



شکل ۷ - نمودار مقایسه مقاومت فشاری نمونه ها (kg/m²)



شکل ۸ - نمودار میله ای مقایسه چگالی نمونه ها



شکل ۱۰ - آزمون ۲۸ روزه مربوطه به طرح scc110 پس از بارگذاری فشاری

شکل ۹ - توزین نمونه ۱۰*۱۰*۱۰ طرح scc108



شکل ۱۱ - آزمون ۲۸ روزه مربوطه به طرح scc108 پس بارگذاری فشاری

. با توجه به جدول ۱۱ و ۱۲ نمودارهای ۷ و ۸ می توان آزمونهای آزمایشی را در دو بخش بتن نیمه سبک با چگالی نزدیک به 2 kg/m^3 و بتن سبکدانه با چگالی نزدیک به $1/8 \text{ kg/m}^3$ سنجید ؛ که با این حساب می توان گفت در نمونه های نزدیک به چگالی 2 kg/m^3 آزمون scc106 با چگالی $2,03 \text{ kg/m}^3$ و مقاومت 443 kg/m^2 و نسبت مقاومت فشاری به چگالی $218/23$ و در آزمونهای نزدیک به چگالی $1/8 \text{ kg/m}^3$ آزمون scc110 با چگالی $1/8 \text{ kg/m}^3$ و مقاومت فشاری 470 kg/m^2 و نسبت مقاومت فشاری به چگالی $261/11$ بهترین طرح های تهیه شده است

نتیجه گیری:

پومیس با اینکه از لحاظ وزن مخصوص بالاتر از سایر پوکة های معدنی و مصنوعی می باشد اما به دلیل وجود بیش از ۶۰٪ سیلیس کمک شایانی در بهبود نتایج مقاومت فشاری می کند و همچنین سازگار تر با بتن خود تراکم است. با توجه به طرح مخلوط های آزمایش شده و مشاهدات رفتار پومیس در بتن خود تراکم پیشنهاد می گردد با توجه به نیاز طراح و مقدار سبک سازی مخلوط بتن از دو طرح scc106 و scc110 استفاده گردد. نیاز گسترده و روز افزون جامعه به ساختمان و مسکن ، ضرورت استفاده از روش ها و مصالح جدید به منظور افزایش سرعت ساخت ، سبک سازی ، افزایش عمر مفید و نیز مقاوم نمودن ساختمان در برابر زلزله را بیش از پیش مطرح کرده است. حل مشکلاتی نظیر زمان طولانی اجرا و یا هزینه زیاد اجرای ساختمان ها نیاز مند ارائه راهکار هائی به منظور استفاده عملی از روش های نوین و مصالح ساختمانی جدید جهت کاهش وزن و کاهش زمان ساخت و دوام بیشتر و نهایتا کاهش هزینه

اجراست. این روش سبک سازی با توجه به آزمایشهای انجام شده و نتایج حاصله هم در بخش سرعت اجرایی و هم در بخش مقاوم سازی و کاهش هزینه ها کاملاً اجرایی و مقرون به صرفه می باشد.

مراجع :

1. "How to obtain – strength concrete using Density Aggregate," by V. Norok shchenov and w. whit comb .ACI. SP 121-33, P.683, (1990)
2. "High – Strength light weight concrete made with Scoria aggregate Containing mineral admixtures," by A. Kilic, C.D. Atis, E. Yasar, F. Ozcan, Cement and Concrete research, (2003).
3. "Properties of high – Performance LWAC for pre -cast structures with Brazilian light weight aggregates," by J.A. Rossignolo, M.V.C. Agnesinin, J.A. Morais, cement & concrete composites, (2001).
- 4-Cobanog, I., Ozpinar, Y., Ozbek, A., (2003), "Engineering properties of tuffs in the Sandikli region(Afyon—Turkey) and their possible use as concrete aggregates", Bull Eng Geol Env, 369–378

۵-روش ملی طرح مخلوط/وزارت مسکن و شهرسازی، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ص ۷۴-۷۹ (۱۳۸۶)