

بررسی اثر جایگزینی دوده و غبار کارخانه ذوب فولاد با سیمان

بر مقاومت فشاری، جذب آب و کارایی بتن

آرش ناظران - دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران، مدیریت ساخت - واحد یزد،

دانشگاه آزاد اسلامی - سرپرست سیویل شرکت آسفالت طوس -

Arash.nazeran@gmail.com

دکتر محمدعلی دشتی رحمت آبادی - استادیار گروه عمران، واحد یزد، دانشگاه آزاد

Dashti@iauyazd.ac.ir - اسلامی

چکیده

با توجه به گسترش روز افزون بتن به عنوان یکی از اصلی‌ترین مصالح ساختمانی در پروژه‌های بزرگ عمرانی و نقش اساسی سیمان در هزینه تولید بتن و همچنین میزان قابل توجه تولید غبارهای حاصل از کارخانه ذوب و ریخته‌گری فولاد، در این تحقیق سعی شد با ثابت نگه داشتن نسبت آب به سیمان و جایگزین کردن این غبارها با نسبت (۲۰،۱۵،۱۰،۵) درصد وزنی سیمان، تاثیر این مواد بر مقاومت فشاری بتن، کارایی بتن و درصد جذب آب بررسی شود. به این منظور حدود ۱۴۴ نمونه آزمایشگاهی با نسبت ثابت آب به سیمان، تهیه و در سنین ۰.۷، ۲۸ و ۹۰ روزگی، مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که افزودن این غبارها علاوه بر افزایش کارایی بتن در برخی موارد سبب افزایش مقاومت فشاری آن حتی تا ۱۰٪ می‌گردد. همچنین جایگزینی این غبارها سبب کاهش اثرات سوء زیست محیطی حاصل از تولید سیمان و کاهش مشکلات و هزینه‌های ناشی از امحاء این غبارها می‌گردد.

کلمات کلیدی: غبار حاصل از کارخانه ذوب فولاد، مقاومت فشاری بتن، کارایی بتن، درصد جذب آب، کاهش هزینه

تولید بتن.

Abstract

Due to increasing use of concrete as the main construction material of projects and essential role of cement in production cost of concrete, as well as considerable amount of dust produced in steel making and casting plants, we tried to investigate the impact of these materials on compressive strength, performance and water absorption percent of concrete with keeping constant water-cement ratio and replace the dust with 5, 10, 15 and 20 percent of ratio of cement weight. For this purpose, 144 samples with constant ratio of water to cement produced and investigated in age of 7, 28 and 90 days. The results of experiments show that the addition of this dust in addition to increasing efficiency, increased compressive strength of concrete in some cases even up to 10%. Replacing the dust also reduces the environmental impacts of cement production and reduces problems and costs resulting from the elimination of the dust.

مقدمه

روند صنعتی شدن جوامع و افزایش ساخت و سازه‌ها باعث افزایش روزافزون مصرف بتن و فولاد به عنوان عناصر اصلی در انواع ساخت و سازه‌های مسکونی و صنعتی [۱۱] شده است. از طرفی تولید هر کدام از این عناصر عوارض زیست محیطی و هزینه‌های قابل توجهی [۱۲] را به دنبال دارد. به عنوان مثال در روند تولید فولاد به روش کوره قوس الکتریکی که بیش از ۸۰٪ تولیدات کشور به این روش است، مواد زائد زیادی مانند سرباره‌های کوره ذوب و غبارهای حاصل از فرایند، تولید می‌شود که هزینه و انرژی زیادی صرف امحاء آنها می‌گردد.

از سوی دیگر تولید سیمان هم با هزینه‌های فراوان و آلودگی‌های زیست محیطی [۱۲] بسیاری همراه است. تاکنون تحقیقات بسیاری بر روی انواع سرباره‌های کوره‌ی آهن‌گدازی انجام شده ولی کمتر به غبارهای حاصل از کارخانه ذوب پرداخته شد. [۱] و [۲] و [۳] و [۴] و [۵]

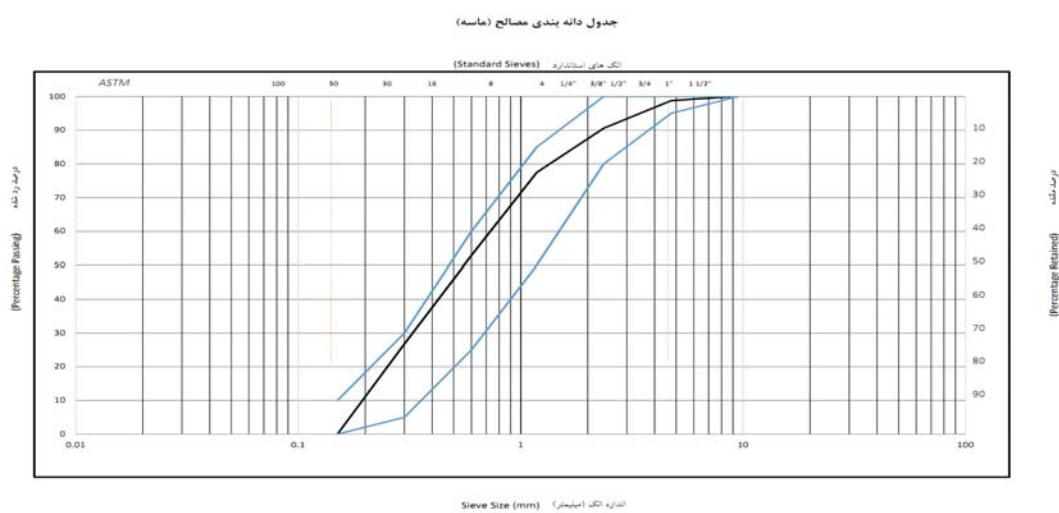
با توجه به موارد فوق الذکر و در راستای کاهش هزینه‌های تولید بتن [۱۰] و استفاده بهینه غبارهای کارخانه ذوب و ریخته‌گری، در این مقاله به بررسی تاثیر جایگزینی انواع غبارهای حاصل از کارخانه با درصد‌های مختلف سیمان می‌پردازیم.

به این منظور با ثابت نگه داشتن طرح مخلوط و نسبت آب به سیمان چهار نوع از این غبارها را با درصد‌های (۲۰، ۱۵، ۱۰، ۵، ۳۰) با سیمان جایگزین کردیم و پس از بررسی مقاومت فشاری و جذب آب و روانی، ۱۴۴ نمونه بتن ساخته شد. مناسب‌ترین نوع غبار با درصد بهینه که علاوه بر افزایش مقاومت تاثیر قابل توجهی بر روانی جذب آب بتن دارد، بدست آمد.

مصالح

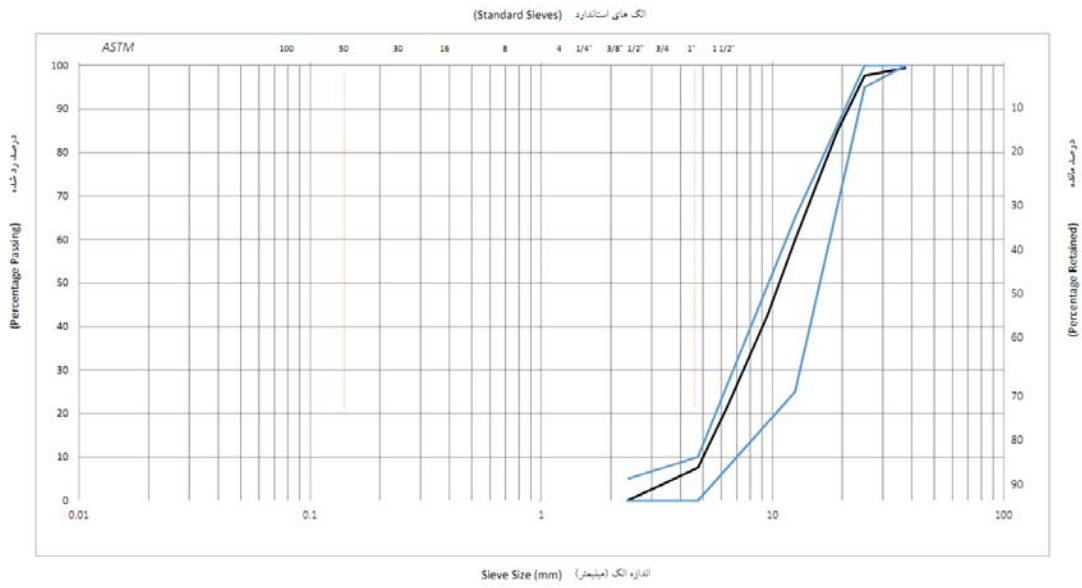
مصالح به کار رفته در این آزمایش شامل سه جزء ماسه، شن نخودی و بادامی می‌باشد که به صورت کلی در تمام نمونه‌ها ثابت بود.

۱- ماسه : از مصالح طبیعی رودخانه‌ای از معدن اطراف سایت گندله سازی اردکان تامین شد.



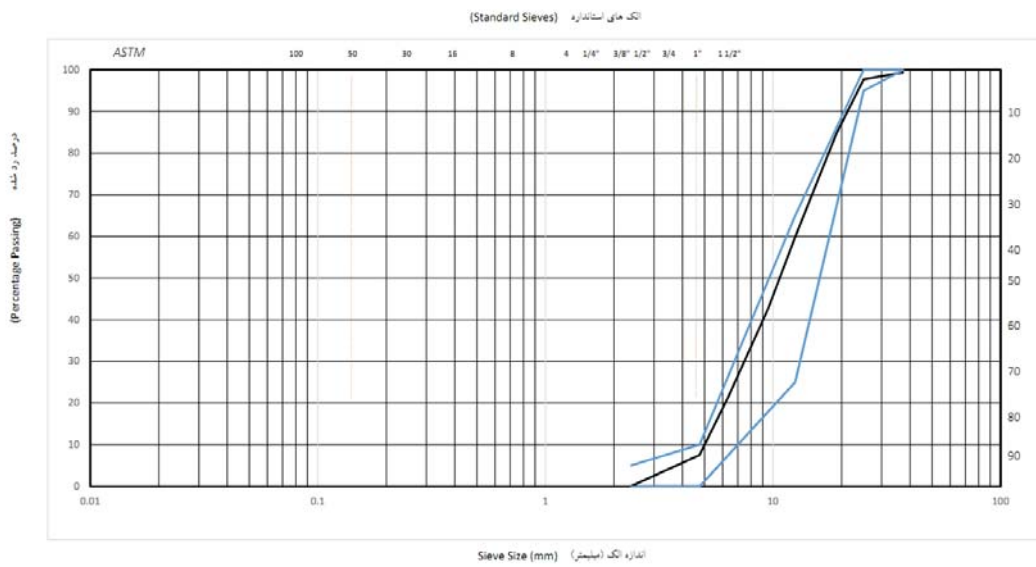
۲- شن بادامی:

جدول دانه بندی مصالح (بادامی)



۳- شن نخودی:

جدول دانه بندی مصالح (نخودی)



آب: آب مورد استفاده در این تحقیق آب شرب شهری بوده که کلیه خواص تاثیر گذار آن بر روی بتن (PH ، ذرات جامد، دما و ...) در محدوده قابل قبول می باشد.

سیمان: سیمان مورد استفاده در این تحقیق از کارخانه سیمان اردستان و تیپ ۲ می باشد.

Physical & Chemical Analysis "Cement Type 2"					
Chemical Analysis		Standard Value		Physical properties	
SiO2%	22.00 ± 0.4	20 %	Min.	Setting Time	Minutes
Al2O3%	5 ± 0.3	6 %	Max	Initial Sett.	95 ± 5
Fe2O3%	3.82 ± 0.2	6 %	Max	Final Sett.	150 ± 10
CaO%	64.00 ± 0.5				
MgO%	1.9 ± 0.2	5 %	Max	Fineness (Cm2/gr)	Standard Values
SO3%	1.5 ± 0.2	3 %	Max	Blaine	3000 ± 50
K2O%	0.49 ± 0.2				
Na2O%	0.25 ± 0.15			AUTOCLAVE%	Standard Values
Cl%	0.019 ± 0.001			0.14 ± 0.1	0.8 Max.
Insoluble Residue	0.46 ± 0.2	0.75 %	Max		
L.O.I%	1.0 ± 0.2	3 %	Max	Compressive Strength (Kg/Cm2)	Standard Values
L.S.F	91.00 ± 1.0			3 Days	>= 170
C3A%	6.5 ± 1	5 - 8 %		7 Days	>= 275
CaOfree	1.2 ± 0.2			28 Days	>= 370

طرح مخلوط بتن در نمونه های آزمایشگاهی

طرح مخلوط بتن در نمونه های آزمایشگاهی مطابق با جدول زیر می باشد:

طرح مخلوط نمونه های مورد آزمایش		
ردیف	نام مصالح	مقدار KG/m ³
1	ماسه	1300
2	بادامی	400
3	نخودی	100
4	سیمان + مواد افزودنی	360
5	آب	180

مواد جایگزین سیمان (مواد افزودنی)

این مواد حاصل از تصفیه دود و غبار کارخانه ذوب می باشد که به واسطه ریزی زیاد، عناصر تشکیل دهنده سمی و مخرب برای محیط زیست بوده و کارخانجات فولاد ملزم به تصفیه و جدا سازی آنها از گازهای خروجی از کوره می باشند.

در این آزمایش چهار نوع غبار حاصل از گازهای خروجی کوره ، سیستمهای خنک کننده و انتقال مواد را جایگزین سیمان کرده و ابتدا یک نمونه شاهد بدون مواد افزودنی و نمونه های ۱۰٪ و ۳۰٪ ساخته شد. در نمونه های تهیه شده با مواد افزودنی، در دو نمونه افزایش مقاومت فشاری و روانی بتن مشاهده شد (مواردی که رنگی شده است)، ولیکن دو نمونه از این مواد مقاومت را کاهش دادند که خلاصه نتایج و نمودارهای مربوطه به شرح ذیل می باشند:

نتایج با جایگزینی پودر LF			
	Compressive Strength (Age)		
Sample	7	28	90
شاهد	232.1	282	310.5
10%	288.45	318.5	353.5
30%	195.2	225.5	247.5

نتایج با جایگزینی پودر EAF			
	Compressive Strength (Age)		
Sample	7	28	90
شاهد	232.1	282	310.5
10%	134.45	165	189
30%	130.15	149.5	180.5

نتایج با جایگزینی پودر متریال هندلینگ			
	Compressive Strength (Age)		
Sample	7	28	90
شاهد	232.1	282	310.5
10%	260.3	284	330
30%	175.65	210.5	225.5

نتایج با جایگزینی پودر NC			
	Compressive Strength (Age)		
Sample	7	28	90
شاهد	232.1	282	310.5
10%	180	249.5	262.5
30%	108.45	127.5	154

جهت استفاده گسترده از این مواد در بتن محدودیتهای زیر می بایست مد نظر قرار گیرد:

۱- با توجه به گوناگونی روشهای امحاء غبارها و سیستم های خنک کننده در کارخانجات ذوب و ریخته گری، گاهاً بعضی از این غبارها به صورت ترکیبی امحاء می گردند. لذا بررسی جداگانه همه آنها فایده چندانی نداشته و مقرون به صرفه نیز نمی باشد.

۲- از آنجاکه این غبارها به عنوان محصولات زاید کارخانه ذوب و ریخته گری بوده، لذا هیچگونه نظارت و کنترل کیفیتی روی تولید این مواد وجود ندارد. بنابراین کیفیت این مواد در مقاطع زمانی مختلف می بایست بررسی گردد.

۳- تولید این غبارها در همه قسمتها میزان قابل توجهی ندارد و فقط دو نوع EAF و LF از تولید بالایی در کارخانجات ذوب و ریخته گری برخوردارند.

با توجه به مطالب عنوان شده اقدام به نمونه گیری از غبارها در دو زمان مختلف و با فاصله زمانی قابل توجه شد و پس از بررسی خواص شیمیایی و فیزیکی این مواد و مقایسه آنها با سیمان تصمیم گرفته شد که نمونه های نهایی فقط با دو ماده EAF و LF ساخته شود که در صورت حصول نتیجه قابل قبول، هم قابلیت استفاده وسیع و گسترده را داشته باشد و هم از کیفیت و یکنواختی آنها تا حد قابل قبول اطمینان حاصل شود. آنالیز شیمیایی و فیزیکی نمونه ها مطابق با جدول زیر می باشد:

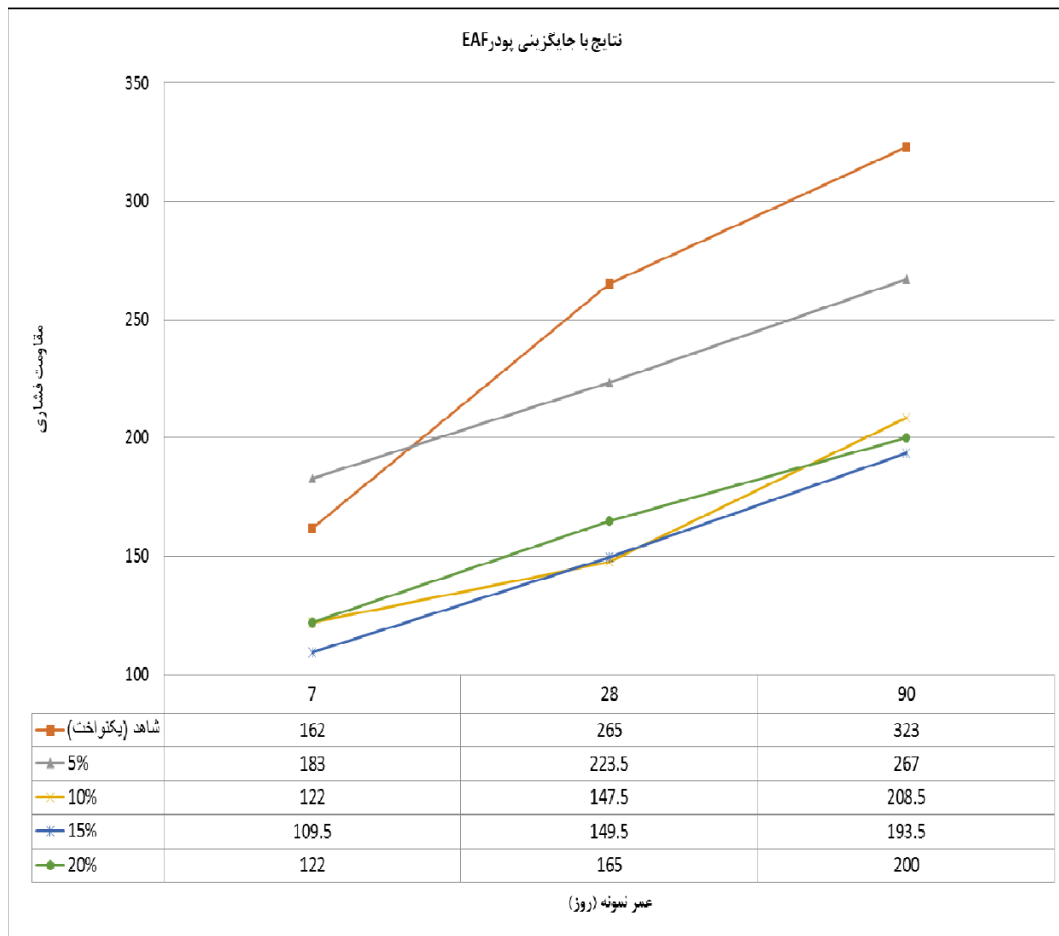
آنالیز شیمیایی و فیزیکی نمونه های مربوط به سرباره											
Sample Name	Fe %	P %	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	MgO %	CaO %	V %	Mn %	TiO ₂ %	Particle Density (g/cm ³)	Blaine (cm ² /g) (Specific Surface)
نمونه اولیه LF	26.14	0.028	1.92	9.438	8.462	13.41	0.006	3.526	0.084	3.41	3398
نمونه ثانویه LF	29.38	0.026	2.058	9.546	9.282	13.01	0.003	4.02	0.17	3.52	3275
Material Handling	35.62	0.094	1.772	6.624	5.091	22.14	0.078	0.109	0.161	3.4	2267
نمونه اولیه EAF	23.06	0.319	0.529	3.186	4.737	12.32	0.061	0.368	0.147	3.02	3112
نمونه ثانویه EAF	27.42	0.182	0.687	4	3.927	13.87	0.065	0.371	0.076	3.06	2635

با توجه به نتایج آنالیز شیمیایی و فیزیکی و همچنین موارد فوق الذکر، تصمیم گرفته شد که نمونه های نهایی با استفاده از دو ماده افزودنی غبار EAF و LF تهیه گردد.

تفسیر نتایج

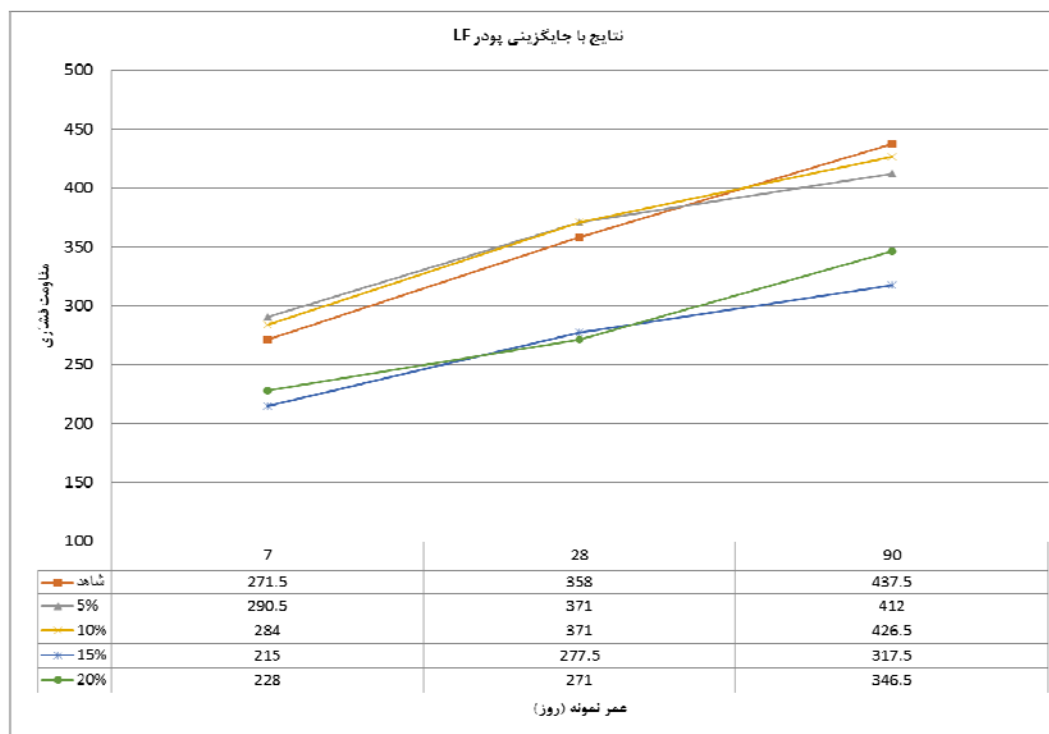
نمونه های نهایی با درصد های ۵ و ۱۰ و ۱۵ و ۲۰ با استفاده از این دو ماده افزودنی ساخته شد و نتایج، نمودارها و تفاسیر مربوطه به شرح ذیل می باشد:

الف: EAF



همانطوریکه از جدول و نمودارهای فوق مشخص می باشد، جایگزینی غبار حاصل از EAF تقریباً هیچ تاثیر مثبتی بر مقاومت فشاری نمونه ها در هیچ یک از بازه های زمانی ندارد. به عبارت دیگر در تمامی موارد به جز مقاومت ۷ روزه ۵٪، این مقدار کاهش یافته است که مطلوب نمی باشد.

ب: LF



همانطوریکه از جدول و نمودارهای فوق مشخص می باشد، جایگزینی غبار حاصل از LF به خصوص به میزان ۱۰٪، کاملاً بر مقاومت فشاری نمونه تاثیر گذاشته است. به عبارت دیگر مقاومت فشاری نمونه دارای ۱۰٪ غبار LF، در شکست ۷ روزه برابر با 284 Kg/cm^2 می باشد در حالیکه این مقاومت در نمونه شاهد برابر با 271.5 Kg/cm^2 بوده و رشد ۱۲٫۵ واحدی را نشان می دهد. همچنین این مقاومت در شکست ۲۸ روزه نمونه دارای ۱۰٪ غبار LF برابر با 371 Kg/cm^2 و در نمونه شاهد برابر با 358 Kg/cm^2 بوده و دارای افزایش ۱۳ واحدی می باشد. این اختلاف رشد در مقاومت ۹۰ روزه برابر با ۹٫۵ واحد می باشد.

ج: جذب آب

پس از بررسی مقاومت های فشاری و انتخاب دو نمونه با مواد افزودنی EAF و LF ، به بررسی درصد جذب آب نمونه های ساخته شده با این مواد پرداخته شد. جدول نتایج بدست آمده به شرح ذیل می باشد:

درصد جذب آب نمونه های آزمایشگاهی					
شماره نمونه	ابعاد	نمونه تر	نمونه خشک	رطوبت	درصد رطوبت
EAF 5%	15*15*15	7464	7323	141	1.90%
LF 5%	15*15*15	7723	7585	138	1.80%
EAF 30%	15*15*15	7670	7516	154	2.00%
LF 30%	15*15*15	7623	7473	150	2.00%

با توجه به نتایج بدست آمده و با مقایسه نمونه های مورد بررسی، این نتیجه حاصل می شود که با جایگزینی مواد فوق به جای سیمان، درصد جذب آب نمونه ها بالا می رود.

نتیجه گیری

مطابق با نتایج به دست آمده از نمونه های آزمایشگاهی ساخته شده با پودر (غبار) حاصل از EAF و LF، نمونه LF به میزان ۱۰٪، باعث افزایش مقاومت فشاری و روانی بتن می گردد و با توجه به تولید روز افزون این غبارها به علت افزایش تولید فولاد در کشور، به نظر می رسد که استفاده از این مواد در جایگزینی با سیمان، باعث کاهش هزینه های تولید بتن می گردد. همچنین با توجه به افزایش کارایی بتن، استهلاک ماشین آلات ساخت و حمل و پمپاژ بتن به حداقل می رسد. مضاف بر این موارد، هزینه های ناشی از امحاء این غبارها نیز از چرخه تولید فولاد حذف می گردد.

منابع:

- ۱- احمدی ، بابک ، بررسی و امکان سنجی استفاده از زئولیت به عنوان پوزولان در بتن ، پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشکده فنی دانشگاه تهران ، ۱۳۸۶.
- ۲- اورعی گلمکانی ، علی اکبر و همکاران ، بررسی افزایش دوام بتن در برابر سیکل های یخبندان و ذوب یخ ، هشتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران ، دانشگاه شیراز ، ۱۳۸۸.

- ۳- پیدایش ، منصور ، اثر انواع پوزلانهای طبیعی بر دوام بتن در برابر حمله کلرایدی، اولین کنفرانس ملی بتن ، ۱۳۸۸.
- ۴- جبل عاملی ، بهرام ، بررسی تاثیرات میکروسیلیس بر خصوصیات مقاومتی و دوام بتن سبک سازه‌ای و توجیه پذیری اقتصادی آن ، فصلنامه صنعت مقاوم سازی و بهسازی، سال پنجم ، شماره ۱۸ ، ۱۳۹۰ ، ص: ۴۵-۵۰.
- ۵- جلال زاده ، علی اصغر ، ضرورت استفاده از سیمان های آمیخته (مخلوط) در طرح های عمرانی ، ارائه شده در همایش سیمان های پوزولانی از تولید به مصرف (دانشگاه علم و صنعت) ، ماهنامه سیمان ، سال سیزدهم، شماره ۱۱۳ ، ۱۳۸۵.
- ۶- رمضانپور ، علی اکبر، عملکرد ملاتهای تعمیراتی با پایه های مختلف برای سازه های بتنی در محیط های شدید، اولین کنفرانس ایمن سازی و بهسازی سازه ها ، ۱۳۸۱.
- ۷- صفاری ، مریم و فیروزی ، محمود، بررسی خواص خاکستر بادی و تاثیر آن در تولید بتن های مقاوم در برابرورود یونهای کلرور، اولین همایش بین المللی بتن های ناتراوا مخازن ذخیره آب شرب ، ۱۳۹۰.
- ۸- فضلی، عبدالحسین و هکاران، بهبود خواص بتن حاوی تراس جاجرود با نانوسیلیس ، نهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان ، ۱۳۹۱.
- ۹- قدوسی ، پرویز ، مکانیزم و علل کاهش آسیب پذیری بتن دارای میکروسیلیس ، مجموعه مقالات بین المللی کاربرد میکروسیلیس در بتن ، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ، ۱۳۷۶ ، ص: ۱۸۲-۱۹۶.
- ۱۰- جانمیان، کامبیز، تولید صنعتی بتن مقاومت بالا، ویرایش اول، ۱۳۹۰
- ۱۱- جلالی، حسین، تحلیل و طراحی سازه های فولادی و بتنی به کمک نرم افزارهای ETABS 2000 و SAFE، چاپ اول، ۱۳۸۸
- ۱۲- منوری، مسعود، اثرات زیست محیطی پروژه های توسعه، طرحهای عمرانی و ارزشیابی اثرات، چاپ اول، ۱۳۸۸