

بررسی موردی اندرکنش افزودنی فوق روان ساز نرمال و زودگیر بر سیمان تیپ ۲ تولیدی های مختلف

علی اکبر کفاش بازاری

رئیس آزمایشگاه مرکز تحقیق و توسعه کارخانه سیمان تهران

Eliaskafash@gmail.com

چکیده

تامین کنندگان مواد افزودنی حدود دوز مصرف این مواد در بتن را پیشنهاد می دهند؛ لیکن واضح می باشد که تعیین دقیق دوز مصرف باید حین اجرای طرح مخلوط بتن های آزمایشگاهی صورت پذیرد. در برخی تولیدی های بتن یا پروژه ها، واحد آزمایشگاه با اجرای طرح مخلوط بتن آزمایشگاهی، میزان دوز مصرف افزودنی را تعیین می نماید. اما معمولاً پس از مدتی با تغییر فقط برند سیمان (و نه نوع سیمان)، دوز مصرف افزودنی بدون تغییر باقی می ماند. در این مطالعه آزمایشگاهی با استفاده از ۳ نمونه سیمان پرتلند تیپ ۲ که از ۳ کارخانه با تکنولوژی های تولید کاملاً مختلفی تهیه (و تشریح) شده اند، تاثیر ۲ نوع افزودنی فوق روان ساز (نرمال و زودگیر) بررسی گردید. از این رو بر روی هر نمونه سیمان ۷ طرح مخلوط بتن اجرا گردید که ۱ مخلوط بتنی به عنوان نمونه شاهد و فاقد افزودنی، ۳ مخلوط بتنی با مصرف ۰/۸٪، ۱/۱٪ و ۱/۵٪ افزودنی روان ساز نرمال تهیه شد و ۳ مخلوط بتنی دیگر نیز حاوی ۰/۸٪، ۱/۱٪ و ۱/۵٪ افزودنی روان ساز زودگیر بود. تلاش بسیار مضاعفی شد تا مخلوط های بتنی با کارایی یکسانی تهیه گردند و اسلامپ آنها ۸۵-۸۰ میلی متر تنظیم شود. علت انتخاب روانی یکسان، مشابه سازی با فعالیت های کارگاهی-اجرائی بود. علیرغم اینکه نمونه های سیمان تولید ۳ سیستم مختلف اما دارای مشخصات شیمیائی تقریباً یکنواختی بودند، نتایج نشان دادند که مشخصات فنی مخلوط های بتنی کاملاً متفاوت می باشند. از این رو توصیه می شود که در تولیدی های بتن به محض تغییر در تامین کننده سیمان، ضمن تعیین دقیق مشخصات فنی سیمان جدید، طرح مخلوط جدیدی با توجه به نیاز و شرایط ارائه گردد.

کلمات کلیدی: سیمان، افزودنی، مشخصات فنی، واکنش.

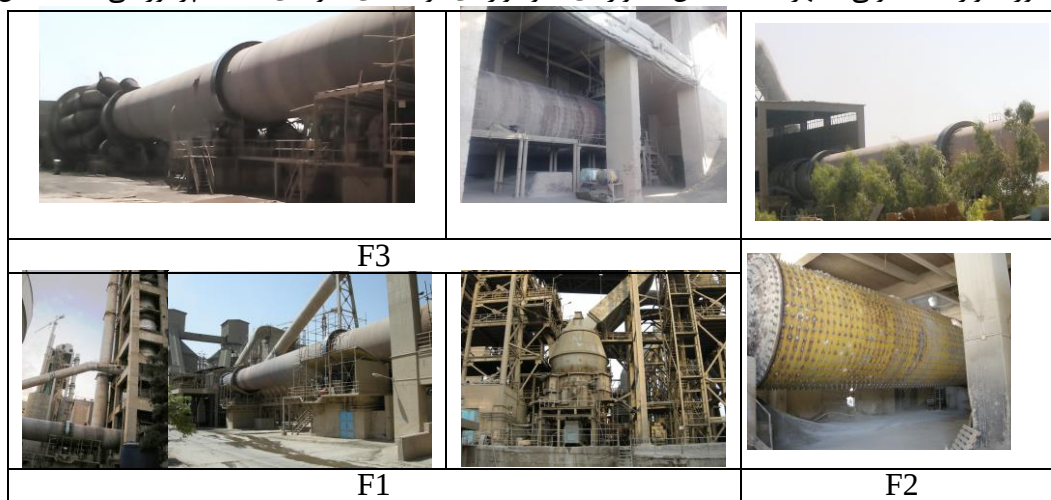
۱. مقدمه

در بتن های مدرن افزودنی های شیمیائی بیشتر می باشد [۱]. ایچین و همکارش (۲۰۱۴) با مطالعه گسترده ای پیشنهاد دادند که تولید کنندگان سیمان، ۲ نوع سیمان تولید نمایند که ۱ نوع برای بتن های معمولی با نسبت w/c بیش از ۰/۵ و نوع دیگر برای بتن های با کارایی بالا و نسبت w/c حدود ۰/۴-۰/۳ و دارای افزودنی باشد [۲]. طی یک دهه اخیر مصرف بتن حاوی افزودنی روان ساز در کشور عزیزمان رواج بسیاری یافته است. تعیین مقدار بهینه (دوز) مصرف مواد افزودنی در بتن به موارد مختلفی وابسته است که مهمترین آنها نسبت های مخلوط مصالح (شامل سیمان، سنگدانه، آب) در بتن و نوع مصالح می باشند. تامین کنندگان مواد افزودنی بازه ای برای دوز مصرف در بتن را پیشنهاد می دهند؛ لیکن همواره توصیه می شود که تعیین دقیق دوز مصرف باید حین اجرای طرح مخلوط بتن های آزمایشگاهی صورت پذیرد. طبق این توضیحات ارائه شده، در برخی تولیدی های بتن یا پروژه ها، واحد آزمایشگاه حین اجرای طرح مخلوط بتن آزمایشگاهی، میزان دوز مصرف افزودنی را تعیین می نماید. اما موارد بسیار متعددی گزارش شده اند [۳] که پس از تغییر فقط برند سیمان (و نه نوع سیمان)، دوز مصرف افزودنی بدون تغییر باقی می ماند؛ حال آنکه به محض تغییر تامین کننده افزودنی، طرح مخلوط بتن بازنگری می شود. علت این موضوع کمبود اطلاع از وابستگی اندرکنش افزودنی روان ساز با سیمان و نحوه تاثیر آن می باشد. دلیل دیگر نیاز به واریسی سیمان برند جدید آنست که در استاندارد ملی [۴] و حتی آمریکائی [۵] محدودیت زیادی برای مشخصات

شیمیائی سیمان پرتلند تعیین نشده است. لذا در این مطالعه آزمایشگاهی با استفاده از ۳ نمونه سیمان تیپ ۲ که از واحدهای تولیدی مختلفی تهیه شده‌اند، تاثیر ۲ نوع افزودنی فوق روان ساز (نرمال و زودگیر) مقایسه و بررسی گردید. مطالعات گسترده‌ای برای تشریح چگونگی عملکرد و نحوه تاثیر انواع افزودنی فوق روان ساز (نفتالینی یا پلی کربوکسیلاتی) در انواع بتن‌ها انجام شده است [۱۶-۶] که این موضوع خارج از بحث مورد نظر می‌باشد و چندان تحقیقاتی در زمینه اندرکنش افزودنی فوق روان ساز نرمال و زودگیر بر سیمان تیپ ۲ تولیدی‌های مختلف در دسترس نمی‌باشد. البته باید دقت نمود که بطور معمول افزودنی‌ها بر فاز آلومینات (C_3A) اثر می‌گذارند؛ تا آنجا که حتی در برخی منابع حد بهینه برای فاز آلومینات سیمان مورد استفاده در بتن را پیشنهاد داده‌اند [۱۷]، اما همانطور که اشاره شد در استاندارد ملی [۴] محدودیت برای آن وجود ندارد. باید دقت نمود که سیمان‌های دارای C_3A متوسط (حدود ۹٪) افت اسلامپ را بیش از حد افزایش می‌دهند (پارنچیو ۱۹۷۹)؛ از طرفی دیگر زمانیکه C_3A کمتری در دسترس باشد، فوق روان کننده اجازه خواهد داد که مقادیر بیشتری از C_3S و C_2S را به صورت سطحی جذب نمایند و کاهش سرعت توسعه مقاومت حاصل شود (رابرت ۱۹۹۵). گزارش شده است که استفاده از سیمان پرتلند ویژه حاوی کمتر از ۱۰٪ فاز زمینه ($C_3A: 3.6\%$ و $C_4AF: 6.9\%$) از نظر مصرف دوز افزودنی فوق روان ساز بسیار اقتصادی بوده و در یک نسبت w/c مشخص، بتن با کارایی و روانی مناسبی ایجاد نموده است [۱۸]. با توجه به بحران کنونی نرخ ارز (به لحاظ وارداتی بودن اغلب مواد افزودنی فوق روان ساز و افزایش هزینه تهیه بتن)، عدم تعادل بازار عرضه-تقاضای سیمان، برخورد سهل‌انگارانه برخی فعالان صنعت بتن با نوع سیمان (تغییر مکرر برند تامین کننده)، تعیین مقدار دقیق افزودنی در مخلوط بتن موضوع بسیار مهمی می‌باشد که در این مقاله به صورت موردی به این موضوع پرداخته شده است.

۲. برنامه آزمایشگاهی و مواد تحقیق:

نمونه‌های سیمان پرتلند تیپ ۲ از ۳ واحد تولیدی مختلف استفاده شد که هم‌اکنون پرکاربردترین سیمان در سازه‌های بتنی شهر تهران هستند و به ترتیب $F1$ ، $F2$ و $F3$ نام‌گذاری شدند. نمونه سیمان $F1$ محصول کارخانه‌ای بود که دارای کوره دوار مجهز به پیش گرمکن ۵ سیکلونی، گریت (خنک‌کن کلینکر) و آسیای غلتکی می‌باشد. نمونه سیمان $F2$ محصول کوره مجهز به پیش گرمکن ۶ سیکلونی، گریت و آسیای گلوله‌ای با سپراتور نسل دوم بود و نمونه سیمان $F3$ از یک کارخانه قدیمی اخذ گردید که دارای کوره دوار ۸ سیکلونی مجهز به خنک‌کن ماهواره‌ای (گوشواره‌ای) و آسیای گلوله‌ای فاقد سپراتور می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱- محل‌های اخذ نمونه‌های سیمان (کوره‌ها و آسیاهای مختلف)

^۱ F مخفف Cement Factory در نظر گرفته شد که از این پس به جای ذکر نمونه سیمان یا نمونه کلینکر کارخانه‌ها استفاده می‌شود. به جهت رعایت مسائل اخلاقی-رقابتی نام تامین کنندگان در این مقاله ذکر نشد.

بر روی این ۳ نمونه سیمان آزمایش‌های فیزیکی، شیمیایی (XRF) و دانه‌بندی لیزری صورت گرفت (جدول ۱ و ۲). همچنین مطالعات میکروسکوپی بر روی کلینکرهای این ۳ واحد صورت گرفت که نتایج آن در جدول ۳ دیده می‌شود.

جدول ۱- مشخصات شیمیایی نمونه سیمان‌های مورد استفاده در این پروژه

Code	%SiO ₂	%Al ₂ O ₃	%Fe ₂ O ₃	%CaO	%MgO	%SO ₃	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A
F1	20.7	4.62	3.71	61.24	3.42	1.87	50.2	21.5	6
F2	21.21	4.29	3.56	62.1	3.2	1.8	52.5	21.1	5.4
F3	20.7	4.19	3.79	61.28	3.63	2.31	52.9	19.1	4.7

جدول ۲- مشخصات فیزیکی نمونه سیمان‌های مورد استفاده در این پروژه

Code	Compressive Strength-Mortar (kg/cm ²)			Setting Time (min)		Retained on sieve (%)		Blaine (cm ² /gr)
	2 Days	7 Days	28 Days	Initial	Final	90μ	45μ	
F1	199	422	550	165	240	3	16	3150
F2	234	367	530	170	245	2	19	3052
F3	137	262	448	190	130	6	*	3572

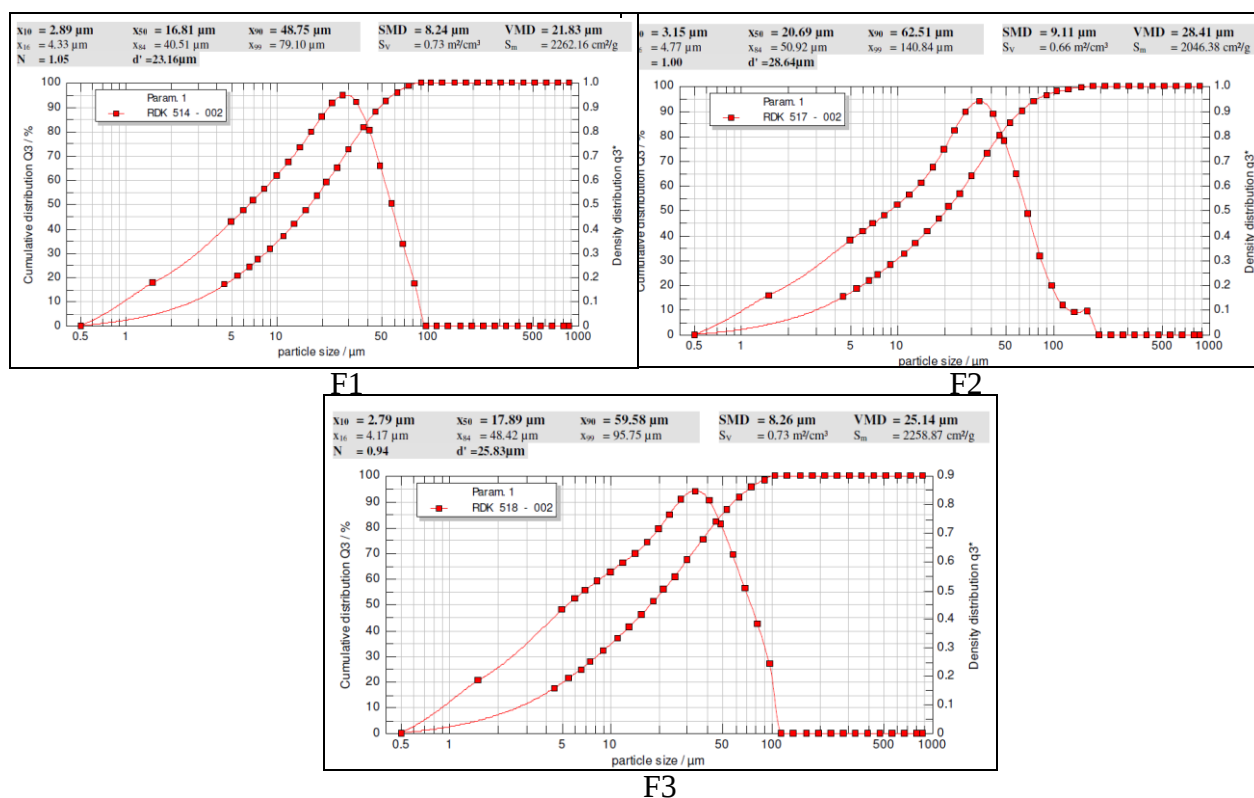
جدول ۳- خلاصه نتایج مطالعات میکروسکوپی نمونه‌های کلینکر

کد نمونه	فاز بلیت-C ₂ S (%)	فاز آلیت-C ₃ S (%)	فاز زمینه (%)	حفره و فضای خالی (%)	نحوه خنک شدن	زمان پخت شدن	سرعت افزایش گرما
F1	۸-۱۰	۶۵-۷۰	۱۵-۲۰	۵-۸	سریع	طولانی	نسبتاً سریع
F2	۵-۸	۶۵-۷۰	۱۵-۲۰	۵-۸	سریع	طولانی	متوسط تا نسبتاً آهسته
F3	۱۵-۲۰	۶۵-۷۰	۱۵-۲۰	۵	*	نسبتاً طولانی	متوسط

در مطالعات میکروسکوپی مقطع نازک کلینکر به روش اونو (Ono)، افزایش سریع دمای کوره (۱۴۰۰-۱۲۰۰) توسط ابعاد و اندازه فاز آلیت مشخص می‌گردد. بیرفرژانس (انکسار نور قرمز و آبی) یا دو شکستگی فاز آلیت، به حداکثر درجه حرارت پخت بستگی دارد. ابعاد فاز بلیت بیانگر زمان ماندگاری مواد در منطقه پخت در دمای بالاتر از ۱۴۰۰ درجه است. رنگ فاز بلیت به سرعت خنک کردن اولیه کلینکر (خنک شدن کلینکر در داخل کوره و قبل از ورود آن به خنک‌کن) ارتباط دارد. خنک کردن سریع ضروری می‌باشد. در مجموع عمده عوامل بهبود دهنده در زمینه افزایش سریع یا کند پروفایل حرارتی در منطقه پخت، زمان ماندگاری بالا یا پائین در منطقه پخت، سرعت خنک کردن اولیه در منطقه خنک کن کوره، به طراحی سیستم پخت باز می‌گردد. در حالت کلی، پخت آرام از طریق شعله بلند، تولید کریستالهای آلیت با ابعاد بزرگ و بالعکس، پخت سریع از طریق شعله کوتاه، تولید کریستالهای آلیت با ابعاد کوچکتر می‌نماید. البته باید گفت که روش مطالعه مقطع صیقلی کلینکر به روش کمپل بسیار مطلوب‌تر می‌باشد. در مجموع مقایسه نتایج آنالیز شیمیایی و مطالعات میکروسکوپی مندرج در جداول ۱ و ۲ اثبات می‌نماید که برای کنترل مقادیر فازهای سیمان نباید به آنالیز شیمی اکتفا نمود. پر واضح بوده که فازها در آنالیز

شیمی بر طبق روابط بوک محاسبه می‌شوند، اما در مطالعات میکروسکوپی بطور مستقیم مشاهده می‌گردند. البته روش (کمی) XRD را نیز می‌توان برای کنترل مقادیر فازهای سیمان استفاده نمود.

برای تفسیر دانه‌بندی لیزری سیمان ۴ پارامتر بررسی شد. طبق مرجع [۱۹] پارامتر درصد ذرات ۳۰-۳ میکرون ($\Delta 3-30$)، عامل بسیار مهمی در تعیین مقاومت ملات سیمان می‌باشد؛ بطوریکه: ۱- اگر سهم این ذرات در سیمان ۵۰-۴۰٪ باشد، سیمان با مقاومت معمولی؛ ۲- اگر مقدار ذرات مذکور ۶۵-۵۵٪ باشد، سیمان با مقاومت بالا بوده؛ و ۳- اگر این ذرات بیش از ۷۰٪ باشند، سیمان با مقاومت ملات خیلی بالا رده‌بندی می‌شود. اصولاً افزایش پارامتر ضریب یکنواختی (n) به عنوان یک عامل مثبت در بهبود دانه‌بندی و متعاقباً بهبود مقاومت ملات سیمان منظور می‌شود. از طرفی ضریب یکنواختی آسیاهای غلتکی حدود ۱/۱-۱/۲ و برای آسیاهای گلوله‌ای مدار بسته با سپراتورهای معمولی ۰/۹-۱ است. اصولاً این ضریب کمتر تحت تاثیر شرایط عملیاتی آسیا بوده و بیشتر تابع نوع طراحی آسیا، سپراتور و ترکیب شارژ گلوله‌ها می‌باشد. اما پارامتر نرمی (d') قطر الکی است که ۶۳/۲٪ ذرات، زیر آن قرار دارند. سیمانهای تجاری دارای پارامتر نرمی ۳۰-۱۵ میکرون هستند. پارامتر نرمی ۳۰ میکرون معرف یک سیمان زبر و پارامتر نرمی ۱۵ میکرون مبین یک سیمان خیلی نرم است. این پارامتر در یک ضریب یکنواختی (n) ثابت، ارتباط معکوسی با بلین دارد. یعنی به هر میزان بلین سیمانی پائین‌تر باشد، پارامتر نرمی بالاتر و سیمان زبرتر است، اما این ارتباط خطی نیست.



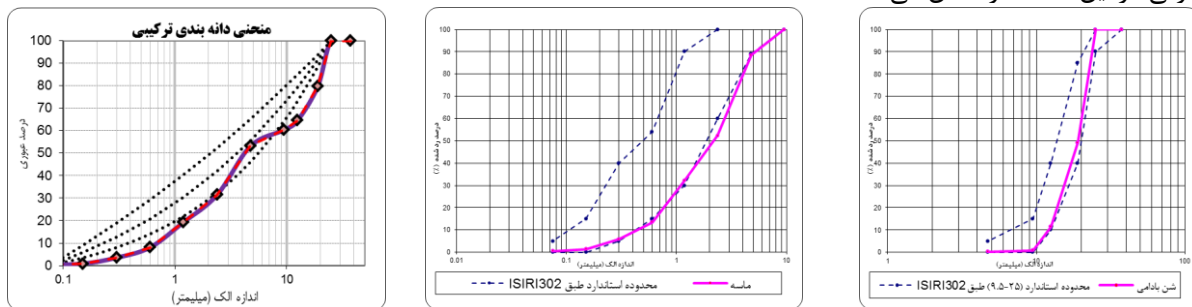
شکل ۲- نتایج دانه‌بندی لیزری برخی نمونه سیمان‌های مورد استفاده در این تحقیق

شکل ۲ و جدول ۴ نتایج و نمودارهای دانه‌بندی نمونه‌های سیمان را نشان می‌دهد. همانگونه که در نمودارها مشهود است میزان ذرات بین ۳۰-۳ میکرون در محدوده ۶۲-۵۴٪ است. طبق مرجع [۱۹]، میزان $\Delta 3-30$ برای سیمان با مقاومت ملات بالا ۵۵-۶۵٪ است. برخی مراجع دیگر [۲۰] حداقل ۵۰٪ را برای این پارامتر مطلوب ذکر نموده‌اند. این جدول به وضوح اختلاف کیفیت سایش ۳ نمونه سیمان مصرفی در این پروژه را نشان می‌دهد.

جدول ۴- خلاصه نتایج مطالعات میکروسکوپی نمونه‌های کلینکر

کد نمونه	n (ضریب یکنواختی)	d' (پارامتر نرمی)	ذرات ۰-۳ میکرون (%)	ذرات ۳-۳۰ میکرون (%)
F1	۱/۰۵	۲۳/۱۶	۱۱	۶۲
F2	۱/۰۰	۲۸/۶۴	۱۰	۵۴
F3	۰/۹۴	۲۵/۸۳	۱۱	۵۶

غالباً در کارگاه‌های ساخت بتن با سنگدانه MSA:25mm انجام می‌گیرد. مبنای انتخاب مصالح سنگدانه‌ای برای تهیه مخلوط بتن‌های آزمایشی در این تحقیق نیز بر همین منوال-مشابه اجرا بوده است. شکل ۳ و جدول ۵ مشخصات سنگدانه‌های مصرفی در این مطالعه را نشان می‌دهد.

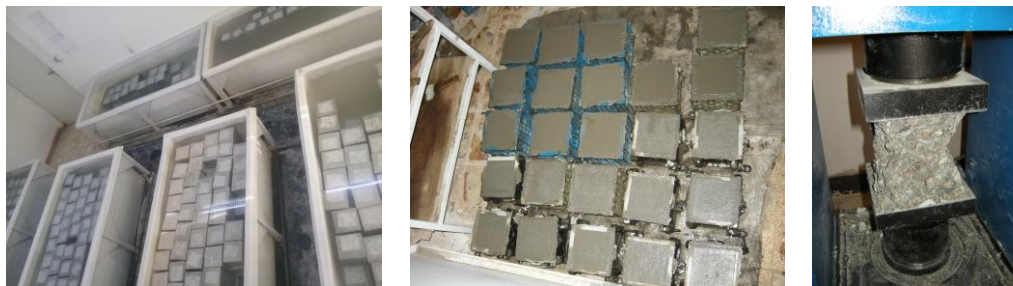


شکل ۳- نمودارهای دانه‌بندی شن (سمت راست)، ماسه (وسط) و ترکیب مصالح (سمت چپ) مصرفی در مخلوط‌های بتن

جدول ۵- مشخصات فنی مصالح مورد استفاده در طرح‌های مخلوط بتنی

درصد گذشته از الک ۲۰۰	درصد شکستگی	وزن مخصوص (SSD)	درصد جذب آب	مدول نرمی (FM)	نوع مصالح
۰/۲	۴۵	۲/۵۶	۲/۲۰	۷/۱	شن متوسط نیمه شکسته (بادامی)
۴/۳	*	۲/۵۱	۳/۶	۳/۸	ماسه نیمه شکسته

در کلیه طرح‌های مخلوط بتنی، کیفیت مصالح سنگدانه‌ای و آب، مقادیر وزنی مصالح و افزودنی‌ها، شرایط فیزیکی همچون دما، ابزار مورد استفاده، آزمون‌گرها، شرایط عمل‌آوری و ... تا حد امکان ثابت بوده‌اند تا با ایجاد شرایطی یکسان تنها متغیر سیمان مصرفی باشد (شکل ۲). عیار سیمان مورد استفاده در کلیه طرح‌ها نیز همان نوع پرکاربرد 350 kg/m^3 بود. طراحی مخلوط‌ها به روش ملی انجام شد و توان متناظر در رابطه فولر-تامسون با استفاده از جدول پیشنهادی مربوطه $n:0/35$ (میانگین ۰/۱ تا ۰/۶۷) در نظر گرفته شد که کاربرد گسترده‌ای (تیر، دال، ستون و مقاطع مختلف با رده روانی خمیری تا روان) دارد [۲۱]. بعلت فقدان ذرات شن ریز، نمودار دانه‌بندی از محدوده مجاز کمی منحرف شد. برای تهیه این مخلوط ۶۰٪ ماسه با ۴۰٪ شن مخلوط شده است (شکل ۴). طراحی اولیه مخلوط بتنی برای سیمان شاهد $W/C:0/55$ بود. در این پروژه مبنای تهیه مخلوط‌های بتن آزمایشگاهی، رسیدن به کارایی مناسب (اسلامپ $8 \pm 0/5$ سانتی‌متر) می‌باشد. واضح است که نسبت W/C در سایر مخلوط‌های بتنی حاوی افزودنی متغیر بوده است. البته هدف از این کار رصد تاثیر و واکنش مواد روان‌ساز با دوزهای یکسان بر روی سیمان‌های مختلف بود. طی سال‌های اخیر برخی تولیدکنندگان بتن به منظور افزایش مقاومت بتن، با مصرف افزودنی روان‌ساز از عیار سیمان مورد استفاده در بتن می‌کاهند. در نهایت مقاومت آزمون‌های بتنی در سنین ۷، ۲۸، ۹۰ و ۱۸۰ روزه اندازه‌گیری شدند.



شکل ۴- محل انجام پروژه-آزمایشگاه‌های مجتمع صنعتی سیمان تهران

۲ نوع افزودنی فوق روان‌ساز نفتالینی (نرمال و زودگیر) برای کنترل نحوه واکنش ۳ نمونه سیمان مصرف گردید. لذا بر روی هر نمونه سیمان ۷ طرح مخلوط بتن اجرا شد که ۱ مخلوط بتنی به عنوان نمونه شاهد و فاقد افزودنی، ۳ مخلوط بتنی با مصرف ۰/۸٪، ۱/۱٪ و ۱/۵٪ افزودنی روان‌ساز نرمال تهیه شد و ۳ مخلوط بتنی دیگر نیز حاوی ۰/۸٪، ۱/۱٪ و ۱/۵٪ افزودنی روان‌ساز زودگیر بود. (بن محیط (۲۰۱۳) دوز موثر مصرف افزودنی فوق روان‌ساز در بتن را ۱-۰/۶٪ تعیین نمود [۲۲]).

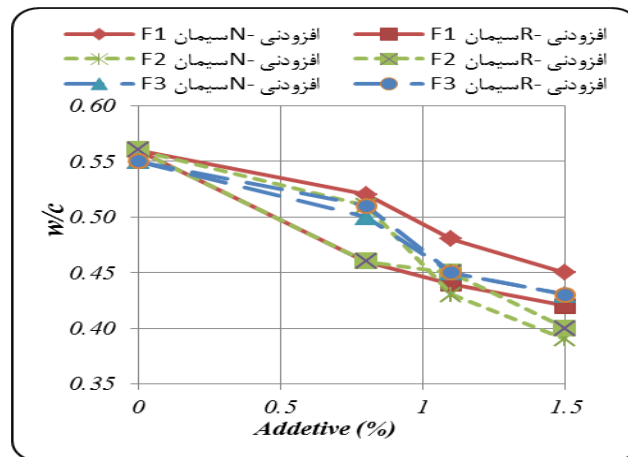
۳. نتایج آزمایشگاهی، بحث و تحلیل:

نتایج مقاومت مخلوط‌های بتن آزمایشگاهی در جدول ۶ دیده می‌شود.

جدول ۶- خلاصه نتایج طرح‌های مخلوط بتن آزمایشگاهی

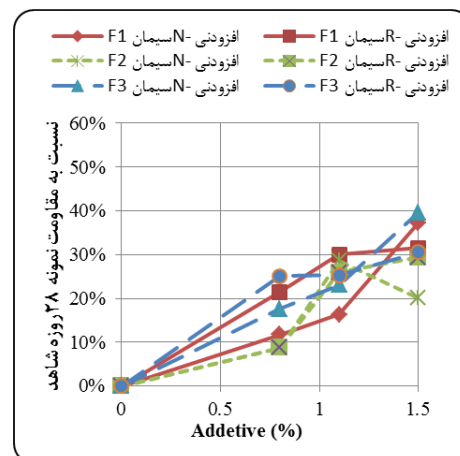
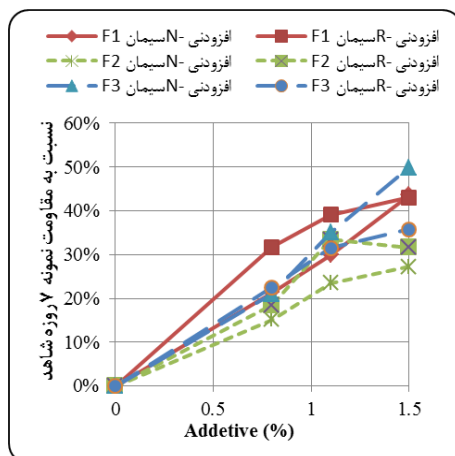
Cement Factory	Additive Type	Additive Dosage (%)	Code	Fresh Concrete		Compressive Strength- (Mpa)			
				Slump (mm)	w/c	7 Days	28 Days	90 Days	180 Days
F1	Normal (N)	*	F1-0%	80	0.56	19	26	32	32
		0.8	F1-0.8% N	85	0.52	24	29	36	37
		1.1	F1- 1.1% N	85	0.48	27	31	38	36
		1.5	F1- 1.5% N	80	0.45	34	41	45	45
	Accelerator (R)	0.8	F1-0.8% R	85	0.46	28	33	36	37
		1.1	F1- 1.1% R	85	0.44	32	37	43	42
		1.5	F1- 1.5% R	80	0.42	34	37	45	41
F2	Normal (N)	*	F2-0%	80	0.56	23	29	33	34
		0.8	F2-0.8% N	80	0.51	27	32	35	43
		1.1	F2- 1.1% N	85	0.43	29	41	45	48
		1.5	F2- 1.5% N	80	0.39	31	37	45	45
	Accelerator (R)	0.8	F2-0.8% R	80	0.46	28	32	36	35
		1.1	F2- 1.1% R	80	0.45	34	40	44	37
		1.5	F2- 1.5% R	80	0.40	33	42	46	38
F3	Normal (N)	*	F3-0%	80	0.55	17	23	26	36
		0.8	F3-0.8% N	85	0.50	21	28	32	36
		1.1	F3- 1.1% N	85	0.45	25	30	35	37
		1.5	F3- 1.5% N	80	0.43	33	38	41	43
	Accelerator (R)	0.8	F3-0.8% R	80	0.51	21	31	32	39
		1.1	F3- 1.1% R	85	0.45	24	31	34	40
		1.5	F3- 1.5% R	80	0.43	26	33	44	38

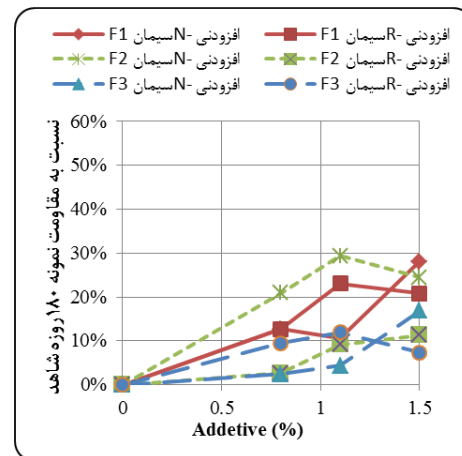
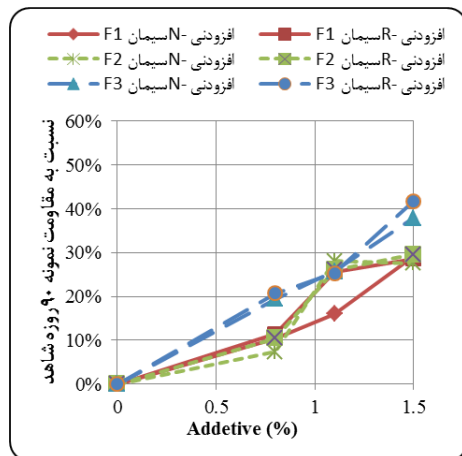
با نگاهی اجمالی به نظر برسد که سیمان F3 دارای پائین‌ترین نتایج مقاومتی است، اما باید نتایج از زوایای مختلفی تحلیل شوند. در نمودار شکل ۵، اثر بهبود مقاومت منتج شده از کاهندگی آب مورد استفاده در بتن (و نسبت w/c) به خوبی قابل مقایسه است. از این نمودار چنین استنتاج می‌شود که نمونه سیمان‌های F1 و F2 در برابر افزودنی‌های زودگیر و کندگیر واکنش مشابهی دارند؛ اما سیمان F3 واکنش متمایزی داشته، آنچنانکه اثر کاهندگی آب در دوزهای مختلف هر ۲ ماده (N و R) مشابه یکدیگر هستند. در گام بعدی اثر افزایش مقاومت نمونه حاوی افزودنی در مقایسه با نمونه شاهد (فاقد افزودنی) بررسی شدند. لذا ۴ نمودار شکل ۶ نتایج مقاومت فشاری بتن طی سنین ۷، ۲۸، ۹۰ و ۱۸۰ روزه را به مقایسه گذاشته است. طی کوتاه‌مدت (۷ روز) الویت‌بندی نتایج مقاومتی را می‌توان به ترتیب برای سیمان‌های F1، F2 و F3 لحاظ نمود. البته دور از ذهن نبود که افزودنی زودگیر نسبت به افزودنی نرمال بر مقاومت کوتاه‌مدت اثر بهتری داشته باشد. این الویت‌بندی برای سن میان‌مدت (۲۸ روز) کمی پیچیده بود، اما می‌توان همان ترتیب (F1، F2 و F3) را مناسب دانست. در بلندمدت (۹۰ و ۱۸۰ روز) تاثیر مصرف افزودنی متفاوت و پیچیده‌تر بوده و براحتی نمی‌توان الویت‌بندی نمود. در مجموع میانگین نتایج رشد مقاومت نمونه‌های حاوی افزودنی نسبت به نمونه‌های شاهد (فاقد افزودنی) به صورت جدول ۷ می‌باشد.



شکل ۵- مقایسه اثر کاهندگی آب توسط افزودنی در سیمان‌های مختلف

شکل ۶ همچنین نشان می‌دهد که مصرف ۱/۵٪ افزودنی نسبت به دوز ۱/۱٪ مطلوبیتی ندارد.





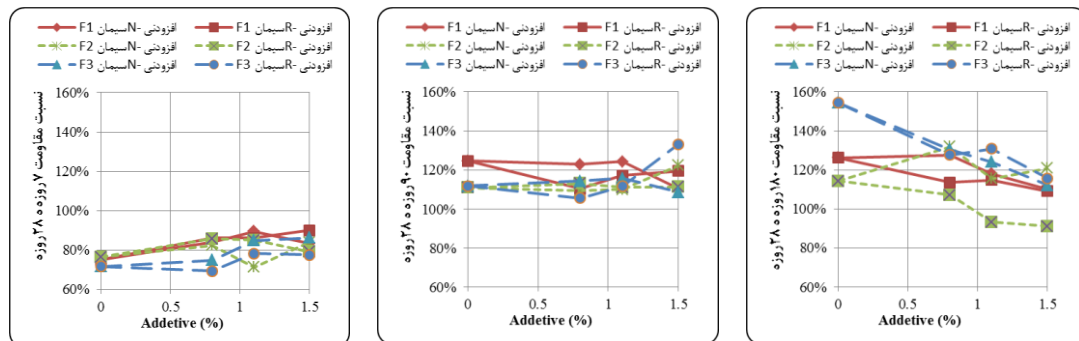
شکل ۶- مقایسه اثر افزایش مقاومت منتج از اثر کاهندگی آب توسط افزودنی در سیمان‌های مختلف طی سنین ۷، ۲۸، ۹۰ و ۱۸۰ روزه نسبت به نمونه شاهد (فاقد افزودنی)

جدول ۷ به وضوح نشان می‌دهد که برای هر ۳ نوع سیمان اثر بهبود مقاومت نمونه حاوی افزودنی (نرمال و زودگیر) نسبت به نمونه شاهد (فاقد افزودنی) طی کوتاه‌مدت (۷ روزه)، ۳۱٪ است، اما این مقایسه برای سنین ۲۸، ۹۰ و ۱۸۰ روزه به ترتیب ۲۴٪، ۲۳٪ و ۱۵٪ است. لذا براحتی می‌توان نتیجه گرفت که اثر بهبود مقاومت بتن با مصرف افزودنی‌های مذکور طی کوتاه‌مدت نسبت به بلندمدت بیشتر است. این نتایج نشان می‌دهند که بهبود مقاومت نتایج مخلوط‌های بتنی ساخته شده با سیمان‌های F2 و F3 و افزودنی نرمال، بهبود مقاومت بیشتری نسبت به مخلوط‌های بتنی ساخته شده با سیمان‌های مذکور و افزودنی زودگیر دارد؛ حال آنکه در مخلوط‌های بتنی ساخته شده با سیمان F2 و افزودنی زودگیر بهبود مقاومت بیشتری نسبت به مخلوط‌های بتنی ساخته شده با سیمان مذکور و افزودنی نرمال دیده می‌شود.

جدول ۷- خلاصه نتایج طرح‌های مخلوط بتن آزمایشگاهی

سیمان	افزودنی	درصد بهبود مقاومت نسبت به نمونه شاهد (فاقد افزودنی)	۷ روزه	۲۸ روزه	۹۰ روزه	۱۸۰ روزه
F1	N	۳۲	۲۲	۱۹	۱۷	
	R	۳۸	۲۸	۲۲	۱۹	
F2	N	۲۲	۱۹	۲۱	۲۵	
	R	۲۸	۲۱	۲۲	۸	
F3	N	۳۵	۲۷	۲۸	۸	
	R	۳۰	۲۷	۲۹	۱۰	

در آخرین مرحله مقاومت سنین مختلف نسبت به مقاومت شاخص (۲۸ روز) همان مخلوط بتنی مقایسه گردید تا در این مخلوط‌های بتنی، روند رشد مقاومت کنترل گردد (شکل ۷). این نمودارها نشان می‌دهند که با افزایش مصرف افزودنی فوق روان‌ساز نتایج کوتاه‌مدت را بهبود می‌یابد، اما عمدتاً در مقاومت بلندمدت اثر نامطلوب دارد.



شکل ۷- مقایسه اثر رشد مقاومتی منتج از اثر کاهندگی آب توسط افزودنی در سیمان‌های مختلف طی سنین ۷، ۲۸ و ۹۰

۱۸۰ روزه نسبت به شاخص مقاومت ۲۸ روزه همان مخلوط بتنی

این مقایسه نتایج بسیار زیاد و متنوعی را نشان می‌دهد. علیرغم آنکه سیمان F3 در مقایسات اولیه (نتایج فیزیکی- شیمیایی-دانه‌بندی لیزری و میکروسکوپی) مطلوب به نظر نمی‌رسید، اما طی واکنش با مواد افزودنی بهترین روند رشد مقاومتی را طی می‌نماید. از طرفی اگر نیاز به زودسخت‌شوندگی و استحکام فوری بتن باشد، نمونه سیمان F1 مناسب‌ترین گزینه است. توضیحات و نتایج ارائه شده بخش‌های ۲ و ۳ این مقاله اثبات نمود که نباید سیمان تیپ ۲ تولیدهای مختلف را یکسان فرض نمود. از این‌رو واکنش سیمان با افزودنی بسیار مهم بوده و باید مدنظر باشد.

توصیه می‌شود که در تولیدی‌های بتن به محض تغییر در تامین‌کننده سیمان، طرح مخلوط جدیدی ارائه گردد. شاید به نظر برسد که تغییر در طرح مخلوط بتن به علت تغییر در مصالح مصرفی، منتهی به عدم انطباق نتایج مقاومت نهائی بتن گردد؛ اما باید گفت اعمال تغییر به علت ذکر شده اتفاقاً در راستای حفظ شرایط و یکنواختی بتن انجام می‌گردد. [۱۹ط].

۴. نتیجه‌گیری

- در این مطالعه نمونه‌های سیمان تیپ ۲ تهیه شده از ۳ تولیدی مختلف با تکنولوژی متنوع مورد آنالیز قرار گرفتند و روش‌های مقایسه‌ای برای شناسایی و تمایز آنها با یکدیگر تشریح شدند.
- اثر کاهندگی آب توسط فوق‌روان‌ساز مورد استفاده در مخلوط‌های بتنی که سیمان‌های مختلفی در آنها مصرف شده بود، مقایسه گردید؛ نمونه سیمان‌های F1 و F2 در برابر افزودنی‌های زودگیر و کندگیر واکنش مشابهی داشتند؛ اما سیمان F3 واکنش متمایزی داشته، آنچنانکه اثر کاهندگی آب در دوزهای مختلف هر ۲ ماده (N و R) مشابه یکدیگر هستند.
- بهبود مقاومت منتج شده از اثر کاهندگی آب توسط فوق‌روان‌ساز مورد استفاده در مخلوط‌های بتنی با هم مقایسه شدند. طی سنین کوتاه‌مدت و میان‌مدت (۷ و ۲۸ روزه) می‌توان الویت‌بندی نتایج مقاومتی را به ترتیب برای سیمان‌های F1، F2 و F3 لحاظ نمود؛ اما این الویت‌بندی برای سن میان‌مدت کمی پیچیده بوده و در بلندمدت (۹۰ و ۱۸۰ روزه) چندان قابلیت تفسیر ندارد.
- مقاومت سنین مختلف نسبت به مقاومت شاخص (۲۸ روزه) همان مخلوط بتنی مقایسه گردید تا در مخلوط‌های بتنی، روند رشد مقاومت کنترل شود. نمودارها نشان دادند که نمونه سیمان F1 زودسخت‌شوندگی و استحکام فوری بتن را دارد، اما نمونه سیمان F3 بهترین روند رشد مقاومتی را طی می‌نماید.

۵. قدردانی

بر خود لازم می‌دانم تشکر و قدردانی ویژه‌ای از مدیران، کارشناسان و تکنسین‌های محترم آزمایشگاه‌های کارخانه سیمان تهران و سایر پرسنل زحمتمکش آن کارخانه داشته باشیم. همچنین از کارشناسان محترم شرکت تحقیق و توسعه صنعت سیمان و انجمن صنفی کارفرمایان صنعت سیمان سپاسگزارم.

۶. مراجع

- [1] Aitcin, P. (September 2000). "Cements of yesterday and today Concrete of tomorrow". Cement and Concrete Research, Vol. 30, No. 9.
- [2] Aitcin, P. & Wilson, W. (November 2014). "Cements of today, concretes of tomorrow". Cement, Wapno, Beton 2014(6):349-358.
- [۳] گزارشات کمیته ارتباط با مشتریان-سیمان تهران.
- [۴] ویژگیهای سیمان پرتلند 389 ISIRI، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران- ص ۹.
- [5] ASTM C150. "Standard Specification for Portland Cement". Pages 2-3.
- [6] Bakhareva, T. & Sanjayana, G. & Chengb, Y. (2000). "Effect of admixtures on properties of alkali-activated slag concrete". Elsevier. Cement and Concrete Research. Volume 30, Issue 9, September 2000, Pages 1367-1374.
- [7] Bekri, I. & Ateşin, Ö. (). "Effect of High Dosage Lignosulphonate and Naphthalene Sulphonate Based Plasticizer Usage on Micro Concrete Properties". Elsevier. Cement and Concrete Research. 120 (2016) 189.197.
- [8] Plank, J. & Zhimin, D. & Keller, H. & Hossle, F. & Seidle, W. (2010). "Fundamental mechanisms for polycarboxylate intercalation into C3A hydrate phases and the role of sulfate present in cement". Cement and Concrete Research. Volume 40, Issue 1, January 2010, Pages 45-57.
- [9] Plank, J. & Schroefl, C. & Gruber, M. & Lesti, M. & Sieber, R. (February 2009) "Effectiveness of Polycarboxylate Superplasticizers in Ultra-High Strength Concrete: The Importance of PCE Compatibility with Silica Fume". Journal of Advance Concrete Technology Vol.7, No.1, 5-12. Japan Concrete Institute.
- [10] Yamada, K. & Takahashi, T. & Hanehara, S. et al. (2000) "Effects of the Chemical Structure on the Properties of Polycarboxylate-type Superplasticizer" Cem. Concr. Res., 2000, 30: 197-207.
- [11] Ohta, A. & Sugiyama, T. & Uomoto, T. (January 2000). "Study on dispersing effects on polycarboxylate based dispersant on fine particles". www.researchgate.net
- [12] Ming, L. & Jiaheng, L. & Yao, B. & Xiaodi, D. & Qinglin, Z. & Xuqing, Z. (Oct.2015). "Preparation of Polycarboxylate-based Superplasticizer and Its Effects on Zeta Potential and Rheological Property of Cement Paste". Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed. Vol.30 No.5. DOI 10.1007/s11595-015-1265-8.
- [13] Gui, M. & Fang, Y. & Lan, Z. & Yu, F. & Lin, T. & Jiang, Z. and Wen, Q. (2011). "The Compounding and Application Mechanism of Polycarboxylate-based Superplasticizers in the Self-Compacting Concrete". Advanced Materials Research. ISSN: 1662-8985, Vols. 250-253, pp 711-717.
- [14] Heikal, M. & Morsy, M. & AIAD, I. "EFFECT OF POLYCARBOXYLATE SUPERPLASTICIZER ON HYDRATION CHARACTERISTICS OF CEMENT PASTES CONTAINING SILICA FUME". Ceramics – Silikáty 50 (1) 5-14 (2006).

- [۱۵] عباسیان، س. اویسی، آ. عباسیان، س. (۱۳۹۲). "بررسی ساختار و عملکرد فوق روانساز بتن بر پایه پلی کربوکسیلات اتر". پنجمین کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران-تهران ۱۵ مهرماه سال ۱۳۹۲. کد مقاله: E290.
- [۱۶] تدین، م. (۱۱ تیر ۱۳۹۶). "افزودنی‌های نوین در صنعت بتن". سمینار علمی انجمن بتن ایران-تهران.
- [17] Aïtcin, P & Flatt, R. (2016). "Science and Technology of Concrete Admixtures". Woodhead Publishing of Elsevier. ISBN: 978-0-08-100693-1. Page 48.
- [18] <http://www.theconcreteportal.com/compat.html>
- [19] Duda, w. (1976). "Cement data book". Volume 2.
- [20] Neville AM, Brooks JJ (2002). "Concrete Properties". Prentice Hall, p22
- [۲۱] "راهنمای روش ملی طرح مخلوط بتن" مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ص ۳۳.
- [22] Muhit, I. (March 2013). "Dosage Limit Determination of Superplasticizing Admixture and Effect Evaluation on Properties of Concrete". IJSER (International Journal of Scientific and Engineering Research · March 2013)
- [۲۳] کلهر، م. (۱۹ اردیبهشت ۹۷). کارگاه تخصصی "تاثیر کیفیت سنگدانه بر دوام بتن". اولین کنفرانس ملی دوام بتن-تهران.

The case study of the effect of the interaction normal & accelerator superplasticizer admixture on different type II cement brands

Ali Akbar Kafash Bazari

Chief of Laboratory of research and development of Tehran cement Co.

Eliaskafash@gmail.com

Abstract:

The suppliers of admixture materials suggest the dosage of these materials in concrete. So it's crystal clear that the precise determination of the dosage should be done while carrying out the design of concrete mixes. In some of the projects or concrete factories, lab units determine the dosage of admixture when carrying out concrete mix design. Sometimes changing the brand of cement is done while there is no changing in dosage of admixture. In this lab study, with applying 3 specimens of Portland cement type II supplied by 3 factories of quite different production technology (& explain), the effect of 2 types of superplasticizer admixture (Normal & Accelerator) was investigated. So, 7 lab concrete mixes were done on every cement specimen; 1 mix for samples with no admixture, 3 concrete mixes with 0.8%, 1.1%, 1.5% usage of normal superplasticizer admixture & 3 concrete mixes with 0.8%, 1.1%, 1.5% usage of accelerator superplasticizer admixture. It was tried to prepare concrete mix with the same workability and adjust their slump about 80-85 mm. The reason of choosing the same workability was its simulation with practical activities. Despite the fact that the cement specimens of the 3 systems are different but have the same chemical characteristics, the results showed that technical characteristics of concrete mixes were different. Hence, it is recommended that a new design concrete mix should be presented according to demand and conditions as the brand cement is changed besides the determination of technical characteristics of new cement.

Keywords: Cement, Admixture, technical characteristics, Reaction.
