

تأثیر دمای هوا و شرایط اقلیمی در بتن گزاری با نگاهی بر افزودنی های شیمیایی

میثاق گلدوست رضائی^{۱*}، هادی تارویردی زاده سنگری^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت منابع آب، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی عمران، مؤسسه آموزش عالی علم و فن، ارومیه، ایران

چکیده

بتن از پر کاربردترین مصالح ساختمانی است. ویژگی اصلی بتن ارزان بودن و در دسترس بودن مواد اولیه آن است. امروزه افزودنی های بتن نقش انکار ناپذیری در زمینه اجرا و دوام بتن و سازه های بتنی ایفا می کنند از جمله این افزودنی های بتن، افزودنی کندگیر و تندگیر کننده می باشد. از کندگیر کننده ها جهت اجرای بتن ریزی در هوای گرم، بتن ریزی حجیم، حمل بلندمدت بتن، بتن ریزی در سازه های با تراکم بالا، جلوگیری از درز اجرایی در بتن استفاده می شود. شتاب دهنده ها با تند کردن روند آبگیری سیمان موجب کاهش زمان گیرش (زودگیری)، افزایش آهنگ کسب مقاومت (زودسخت شدن)، یا هر دو می شوند. بررسی انواع شرایط بتن در هوای گرم و سرد و همچنین راهکارهای پیشنهادی برای مقابله با تخریب های ناشی از دما و رطوبت در حالت یکی از محیط ارائه می شود که شامل انواع افزودنی های لازم که شامل مواد شیمیایی و واکنشهای شیمیایی می باشد و یا با استفاده از راهکارهای تجربی که در محل و یا با استفاده از نگهداری بتن تا حدالامکان از تخریب بتن جلوگیری و شرایط مطلوب و مورد نظر برای رسیدن بتن به شرایط ایده آل مقاومت مورد نظر در گذر زمان و کارآیی بهتر بتن می باشد.

واژگان کلیدی: افزودنی های شیمیایی، کارایی بتن، هوای گرم و سرد

مقدمه

بتن در مفهوم بسیار وسیع به هر ماده یا محصولی که از یک ماده چسبنده با خاصیت سیمانی شدن تشکیل شده باشد اطلاق می شود. این ماده چسبنده عموماً حاصل فعل و انفعال سیمان های هیدرولیکی و آب می باشد (کربلائی کریمی، ۱۳۹۳).

عمل آوری به حفظ مقدار رطوبت و دمای رضایت بخش بتن برای مدت زمانی پس از پایان یافتن عملیات بتن ریزی و پرداخت کاری گفته می شود تا خصوصیات مورد نظر ایجاد شود. عمل آوری بر روی خصوصیات بتن سخت شده تأثیر گذار است. عمل -آوری صحیح، دوام، مقاومت، آب بندی، مقاومت سایشی، پایداری حجمی و مقاومت در برابر یخ زدگی - یخ - گشایی و مواد یخ زدا را افزایش می دهد (کی منش، ۱۳۹۴).

از مخلوط شدن سیمان پرتلند با آب، واکنشی شیمیایی به نام هیدراسیون انجام می شود. میزان پیشرفت این واکنش بر روی مقاومت و دوام بتن تأثیر گذار است. مقدار آب بتن تازه مخلوط شده معمولاً بیش از حد هیدراسیون سیمان است. اما به دلیل هدر رفتن زیاد آب در اثر تبخیر، هیدراسیون به تأخیر افتاده یا به حد کافی انجام نمی شود. سطح بتن به ویژه در برابر هیدراسیون ناکافی آسیب پذیر است، زیرا اولین بخشی است که خشک می شود. در صورت مطلوب بودن دما، هیدراسیون در چند روز اول پس از بتن ریزی نسبتاً سریع انجام می شود. اما حفظ آب درون بتن در طول این مدت دارای اهمیت است، یعنی از تبخیر آن باید جلوگیری کرد یا آن را به میزان قابل توجهی کاهش داد (مستوفی نژاد، ۱۳۹۵).

مردوخ پور و مطیع دوست (۱۳۸۹) به بررسی بتن پیش آکنده در سدسازی و مزایای آن پرداختند. محمدی و میرمقتدایی (۱۳۹۰) به بررسی تأثیر تندگیرکننده ها بر بتن حاوی متاکائولن در معرض حمله ی سولفات ها پرداختند. نتایج تحقیق فوق نشان دادند که استفاده از کلرید کلسیم و متاکائولن در سطح جایگزینی مناسب باعث بهبود مقاومت فشاری در محیط مرطوب آب معمولی و محیط سولفات خواهد شد بهبود ایجاد شده در سنین اولیه چشمگیرتر است. شکرچی زاده و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی تأثیر افزودنی های شیمیایی به همراه مواد کندگیرکننده بر کارایی ملات حاوی زئولیت پرداختند. در تحقیق فوق به بررسی تأثیر افزودنی های شیمیایی با پایه های لیگنو سولفونات، نفتالین سولفونات فرمالدهید و پلی کربوکسیلات اثر به صورت مجزا و همراه با درصد های مختلف ماده کندگیرکننده با پایه شیمیایی فسفات مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل شده نشان دادند که استفاده درصد مشخصی از مواد کندگیرکننده در کنار مواد کاهنده آب می تواند تا مقدار زیادی کارایی ملات حاوی زئولیت را حفظ کند. آذری جعفری و همکاران (۱۳۹۲) به ارزیابی عملکرد فوق روان کننده ها در سیمان و بتن پرداختند. در تحقیق فوق اثر موارد مختلف در جذب سطحی، روش اندازه - گیری جذب سطحی، مکانیسم جذب سطحی و ارتباط بین جذب سطحی و خواص بتن تازه حاوی فوق روان کننده مورد

بررسی قرار گرفته و به منظور بررسی سازگاری فوق روان کننده های مختلف و سیمان آمیخته با زتولیت، جذب سطحی این دوسیمان در حضور فوق روان کننده با پایه های شیمیایی مختلف نیز اندازه گیری شد.

در این مقاله با مطرح کردن مهمترین موضوع در بحث بتن که مبتنی بر عمل آوری بتن می باشد سعی بر این است که مبانی اولیه ی بتن را تشریح نموده و سپس با شرح حال کاملی از عمل آوری بتن به بررسی بتن ریزی در هوای سرد و گرم و بررسی معایب و مزایای هر کدام در شرایط جوی مختلف و در نهایت تأثیرات محیط در شرایط و بازدهی بتن سعی در مقایسه ی این دو مورد داشته و از تأثیرات یخ زدگی در بتن تازه، کسب مقاومت لازم در دمای پائین، مخلوط های ویژه بتن برای مقابله با شرایط بد جوی و یخ زدگی و دمای بتن در زمان بتن ریزی و نه در هوای سرد بررسی شد

در این تحقیق سعی بر این مورد است که بهترین راهکارهای عملی در محل و یا استفاده از مواد شیمیایی به نام افزودنی - های بتن را ارائه دهیم که بتن در هر شرایط جوی و با کمک گیری از چه اقداماتی می تواند به حد مطلوب مقاومتی ما برسد.

مواد و روش ها

مؤثرترین روش عمل آوری بتن به مصالح مورد استفاده، روش ساخت و مورد استفاده بتن سخت شده بستگی دارد. در اکثر کارهای بتنی، عمل آوری معمولاً شامل به کاربردن مواد عمل آوری یا پوشاندن بتن تازه ریخته و پرداخت شده با ورق های نفوذ ناپذیر یا گونی مرطوب است. در برخی موارد همچون هوای گرم و سرد باید با استفاده از اقدامات پیشگیرانه توجه خاصی کرد. در مخلوط های بتن با مقدار مواد سیمانی بالا و نسبت آب - مواد سیمانی پایین (کمتر از ۰/۴۰) به عمل آوری ویژه ای احتیاج است (رضایی فر و همکاران، ۱۳۹۲).

در هنگام هیدراته شدن سیمان (ترکیب شدن سیمان با آب)، رطوبت نسبی داخلی کاهش یافته و در صورت نبود آب خارجی خمیر دچار خود نم گیری (خشک شدن) می شود. خود نم گیری خمیر می تواند تا توقف هیدراسیون ادامه پیدا کند. از این نقطه نظر مواد عمل آوری غشایی ممکن است آب کافی را در بتن حفظ نکنند بنابراین برای به حداکثر رساندن هیدراسیون، عمل آوری با مه و رطوبت ضرورت پیدا می کند (Copeland, Bragg ۱۹۵۵).

روشها و مواد عمل آوری بتن

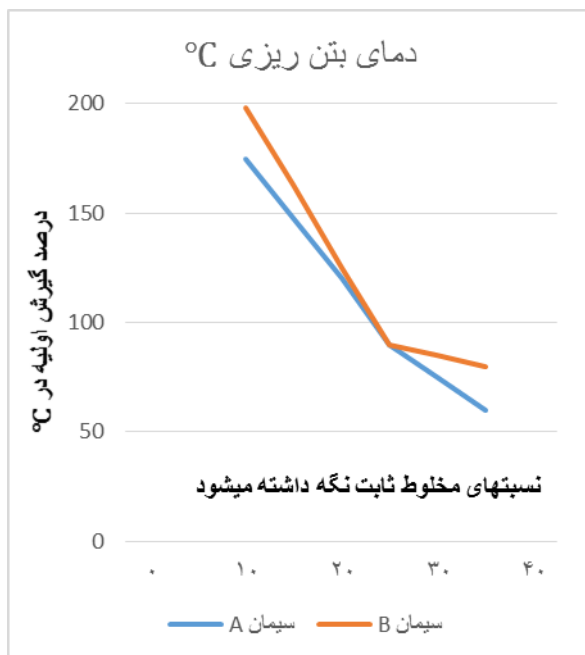
بتن را می توان به سه روش عمل آوری مرطوب نگه داشت (و در برخی موارد با دمای مطلوب):

- ۱- روشهای حفظ آب موجود مخلوط در داخل بتن در طی دوره سخت شدن اولیه.
- ۲- روشهای کاهش اتلاف آب مخلوط از سطح بتن این کار را می توان با پوشاندن بتن با کاغذ نفوذ ناپذیر یا ورق های پلاستیک یا با به کار بردن مواد عمل آوری غشایی انجام داد.
- ۳- روشهایی تسریع رشد مقاومت بتن با تأمین گرما و رطوبت اضافی برای بتن، این کار معمولاً با بخار تازه، لوله های ماریج گرمایش یا قالبهای گرم شده با برق یا پتوی برقی انجام می شود (رمضانیان پور و منصور پیدایش، ۱۳۹۳).

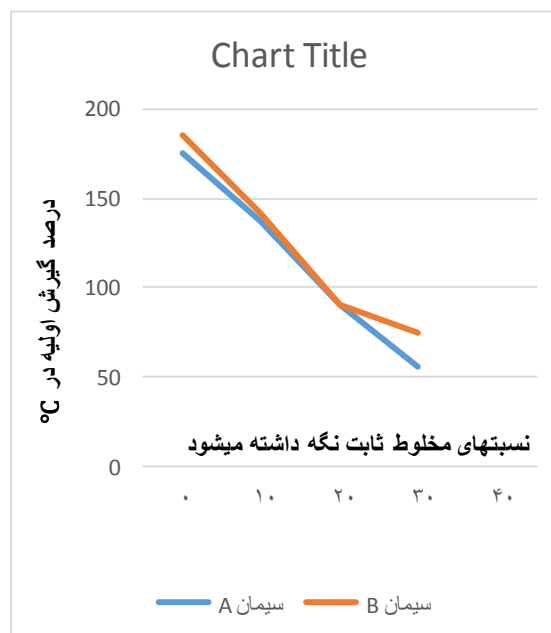
بتن ریزی در هوای سرد

در صورت انجام اقدامات پیش گیرانه بتن ریزی را می توان بدون آسیب دیدگی ناشی از یخ زدگی در سرتاسر ماههای زمستان انجام داد. بر اساس استاندارد CSA A23,1 زمانی که دمای هوا 5°C یا کمتر است و در مواردی که احتمال پایین آمدن دما تا 5°C یا کمتر در عرض ۲۴ ساعت پس از بتن ریزی وجود دارد، باید پیش از آغاز بتن ریزی تمام مصالح و تجهیزات لازم

برای حفاظت و عمل آوری کافی جهت استفاده در دسترس و آماده باشند. زمانی که احتمال بروز چنین شرایطی وجود ندارد، عملیات معمول بتن ریزی را می توان از سرگرفت. در صورتی که بتن در عرض چند ساعت پس از بتن ریزی و پیش از کسب مقاومت فشاری $3/5\text{ MPa}$ منجمد شود، مقاومت نهایی آن به مقدار چشم گیری تا حد تقریباً ۵۰٪ کاهش پیدا می کند. (Mc Neese ۱۹۵۲).

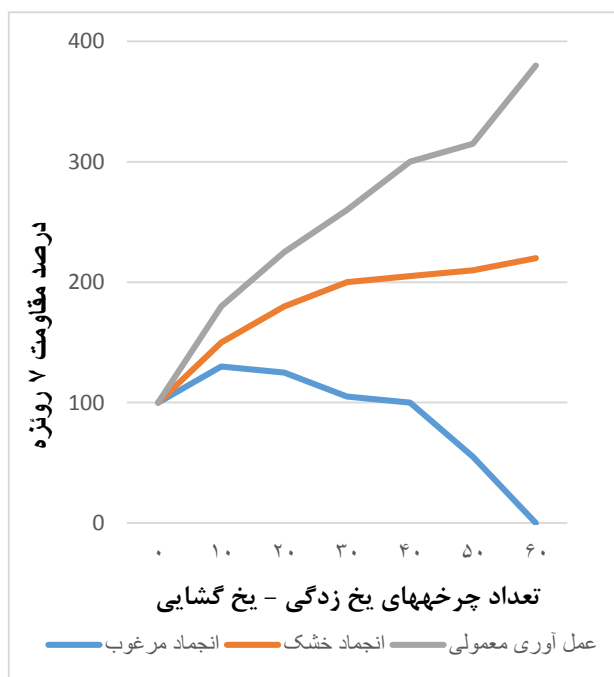


شکل (۲)



شکل (۱)

از آن جا که هدف استفاده از مخلوط های ویژه در بتن ریزی در هوای سرد کاهش زمان گیرش است، استفاده از بتنی با نسبت آب - مواد سیمانی پایین و اسلامپ پایین مفید است، به ویژه در کارهای تخت در هوای سرد. معمولاً گیرش مخلوط های بتن با اسلامپ بالاتر مدت زمان بیشتری به طول می انجامد. به علاوه با کاهش تبخیر می توان پرداخت کاری را سریعتر انجام داد (شکل ۳). از جمله راه حل های دیگر مقابله با یخ زدگی بتن، بتن حباب دار می باشد. بتن حباب دار به ویژه برای هر نوع بتن ریزی در هوای سرد مناسب است. بتن حباب دار در اثر یخ زدگی و یخ گشایی مقاومت خود را از دست داده و دچار آسیب دیدگی داخلی و خارجی می شود.



شکل (۳)

استفاده از بتن با دمای بیش از 20°C مزیت کمی در بردارد. دمای بالاتر بتن تأثیر قابل توجهی بر روی حفاظت در برابر یخ زدگی ندارد، زیرا میزان اتلاف گرما بیشتر است. همچنین دمای بالا بتن نامطلوب است، زیرا جمع شدگی حرارتی پس از سخت شدن افزایش یافته برای مقدار اسلامپ ثابت به آب اختلاط بیشتری احتیاج است و احتمال ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی خمیری (به دلیل از دست رفتن سریع رطوبت در اثر تبخیر) جود دارد. بنابراین دمای بتن در زمان مخلوط شدن نباید بیش از 5°C از حداقل پیشنهادی در جدول (۱) باشد.

جدول (۱) دمای بتن در زمان مخلوط شدن

دما، $^{\circ}\text{C}$		ضخامت مقطع، m
حداکثر	حداقل	
۳۵	۱۰	کمتر از ۰/۳
۳۰	۱۰	۰/۳-۱
۲۵	۵	۱-۲
۲۰	۵	بیش از ۲

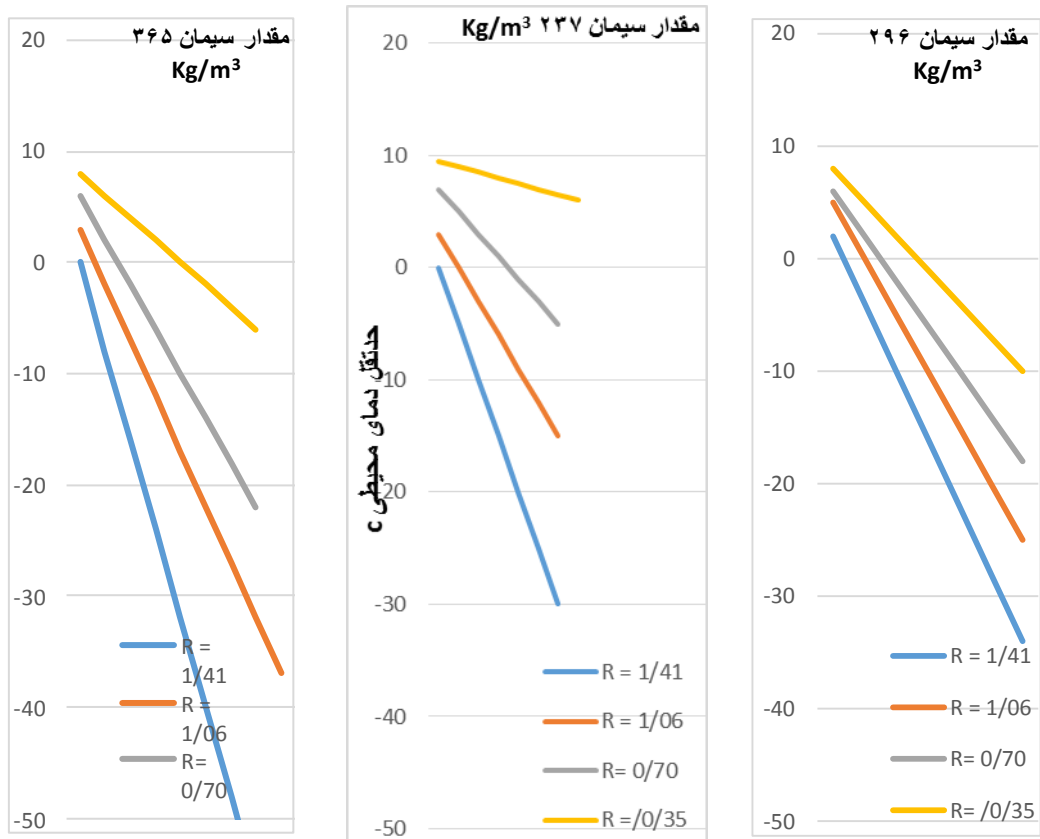
دمای بتن در زمان بتن ریزی و نگهداری

دمای بتن پس از مخلوط شدن در زمان حرکت کامیون مخلوط کن تا محل ساخت و انتظار تخلیه، بار کمی افت می کند. بیش از افت دما به زیر مقدار مشخص شده در جدول (۲) باید بتن را در قالبها ریخت، این دمای بتن را باید تا مدت زمان حفاظت مشخص عنوان مدت و دمای عمل آوری حفظ کرد. براساس استاندارد CSA A23,1 برای پرهیز از ترک خوردگی بتن در اثر تغییر دمای ناگهانی نزدیک به پایین دوره عمل آوری، حفاظت را نباید به طور کامل تا خنک شدن بتن در حد اختلاف دمای مشخص شده در جدول زیر متوقف ساخت.

جدول (۲) حداکثر اختلاف دمای مجاز میان سطح بتن و هوای محیطی با سرعت باد تا ۲۵ Km/h

حداکثر اختلاف دمای مجاز، °C					ضخامت بتن، m
نسبت طول به ارتفاع سازه					
۲۰ یا بیشتر	۷	۵	۳	"	
۱۲	۱۷	۱۹	۲۲	۲۹	۰/۳
۱۲	۱۵	۱۶	۱۸	۲۲	۰/۶
۱۲	۱۴	۱۵	۱۶	۱۸	۰/۹
۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۷	۱/۲
۱۲	۱۳	۱۳	۱۴	۱۶	۱/۵

ارزش عایق بندی (R) لازم برای حفظ دمای سطح بتن دیوارها و دالهای بالای زمین در حد 10°C یا بیشتر به مدت ۷ روز از روی شکل مقابل ۶ تخمین زده می شود. برای حفظ دما به مدت طولانی تر به عایق بندی بیشتری احتیاج است. در ACI 306 نمودارها و جداول بیشتری برای دالها بتن ریزی شده بر روی زمین در دمای 2°C وجود دارد.



شکل (۴)

بررسی شرایط و ارائه پیشنهادات برای بتن ریزی در هوای گرم

شرایط هوا در محل کار (گرم یا سرد، بادی یا آرام، خشک یا مرطوب) ممکن است به مقدار زیادی نسبت به شرایط بهینه مفروض برای طراحی یا انتخاب مخلوط بتن یا شرایط آزمایشگاهی و نگهداری و آزمایش نمونه های بتنی متفاوت باشد. شرایط هوای گرم در وهله نخست با تسریع افت رطوبت و هیدراسیون سیمان در هوای گرم شامل دمای محیطی بالا، دمای بالای بتن، رطوبت نسبی پایین، سرعت باد زیاد و تابش خورشید می باشد. شرایط هوای گرم مشکلاتی از قبیل افزایش مقدار آب لازم، تسریع افت اسلامپ، افزایش سرعت گیرش (مشکلات بتن ریزی و پرداخت کاری می شود)، افزایش احتمال ترک خوردگی خمیری، نیاز جدی به عمل آوری سریع، مشکلاتی در ارتباط با کنترل حباب های هوا، افزایش دمای بتن (که به کاهش مقاومت دراز مدت منجر می گردد) و افزایش احتمال ترک خوردگی حرارتی می شود. در هوای گرم مطلوب ترین دمای لازم برای دستیابی به بتن تازه مخلوط شده با کیفیت بالا معمولاً کمتر از آن است که بتوان بدون خنک سازی مصنوعی به آن دست یافت. برای به حداکثر رساندن خصوصیات مطلوب بتن، دمای مناسب بتن 10°C تا 15°C است، اما دستیابی به چنین

دمایی همیشه امکان پذیر نیست. در بسیاری از مشخصات فنی تنها مقرر می شود که دمای بتن در زمان بتن ریزی کمتر از 29°C تا 32°C باشد. در مواردی که بتن ریزی در دمای 25°C تا 35°C صورت می گیرد، برای مقابله با تأثیرات دمای بالای بتن باید از پیش اقدامات پیشگیرانه لازم را برنامه ریزی کرد. برای دماهای مجاز بتن ریزی بر اساس استاندارد CSA A23.1 به جدول شماره (۳) مراجعه می شود. تلاشهای دقیقه آخر برای جلوگیری از آسیب دیدگی ناشی از هوای گرم به ندرت به موقع انجام می شود. چنانچه اطلاعات کارگاهی قابل قبولی وجود ندارد، باید برای شرایط محل کار، دمای حداکثر را تعیین کرد.

جدول (۳) دمای مجاز بتن در زمان بتن ریزی

ضخامت مقطع، m	دما $^{\circ}\text{C}$	
	حداقل	حداکثر
کمتر از ۰/۳	۱۰	۳۵
۰/۳۰ - ۱	۱۰	۳۰
۱ - ۲	۵	۲۵
بیش از ۲	۵	۲۰

جدول (۴) تأثیر دمای مصالح بر روی دمای اولیه بتن

مصلح	جرم، M، Kg	گرمای ویژه C° KJ/Kg .	ژول برای تغییر دمای C° ۱	دمای اولیه مصلح T، C°	کل ژول مصلح
	(۱)	(۲)	(۳) ستون ۲ × ستون ۱	(۴)	(۵) ستون ۴ × ستون ۳
سیمان	۳۳۵ (M_c)	۰/۹۲	۳۰۸	۶۶ (T_a)	۲۰۳۲۸
آب	۱۲۳ (M_w)	۴/۱۸۴	۵۱۵	۲۷ (T_w)	۱۳۹۰۵
کل سنگدانه	۱۸۳۹ (M_a)	۰/۹۲	۱۶۹۲	۲۷ (T_c)	۴۵۶۸۴
			۲۵۱۵		۷۹۹۱۷

جدول شماره (۵) تأثیر یخ بر روی دمای بتن

مصلح	جرم، M، Kg	گرمای ویژه C° KJ/Kg .	ژول برای تغییر دمای C° ۱	دمای اولیه مصلح T، C°	کل ژول مصلح
	(۱)	(۲)	(۳) ستون ۲ × ستون ۱	(۴)	(۵) ستون ۴ × ستون ۳
سیمان	۳۳۵ (M_c)	۰/۹۲	۳۰۸	۶۶ (T_a)	۲۰۳۲۸
آب	۱۲۳ (M_w)	۴/۱۸۴	۵۱۵	۲۷ (T_w)	۱۳۹۰۵
کل سنگدانه	۱۸۳۹ (M_a)	۰/۹۲	۱۶۹۲	۲۷ (T_c)	۴۵۶۸۴
یخ	۴۴ (M_i)	۴/۱۸۴	۱۸۴	۰ (T_i)	۰

-۱۴۷۴۰		۲۶۹۹			
۶۵۱۷۷					

افزودنی هایی که برای استفاده در بتن در نظر گرفته می شوند باید مشخصات فنی برآورده سازند. با استفاده از افزودنی و مصالح مورد نظر کار باید مخلوطهایی آزمایشی در دما و رطوبت پیش بینی شده تهیه کرد. بدین ترتیب سازگاری افزودنی با دیگر افزودنیها و مصالح کار و همین طور تأثیر افزودنی بر خصوصیات بتن تازه و سخت شده را می توان بررسی کرد. برای این منظور باید از مقدار افزودنی پیشنهادی تولید کننده یا مقدار بهینه شده با آزمونهای آزمایشگاهی استفاده کرد. جدول (۶) دسته بندی افزودنی های بتن به شرح جدول زیر می باشد.

جدول (۶) دسته بندی افزودنی های بتن

نوع افزودنی	تأثیر مورد نظر	ماده
افزودنیها تندگیر کننده (نوع C و ASTM) C۹۴۹	تسریع گیرش و رشد مقاومت اولیه	Calcium chloride, Sodium thiocyanate, Triethanolamine, Calcium nitrate, Calcium nitrite, Calcium formate (ASTM D۹۸)
افزودنیهای هوازدا	کاهش مقدار هوا	Octyl alcohol, Dibutyl phthalate, Tributyl phosphate, Silicones, نامحلول در آب اسید کربنیک و بوریک
افزودنیهای حباب زا	بهبود دوام در محیطهای در معرض چرخه های یخ زدگی - یخ گشایی، مواد یخ زدا، سولفات و قلیا. بهبود کارایی	نمکهای رزینهای چوب (رزین Vinsol)، برخی از پاک کننده های مصنوعی، نمکهای Sulphonated lignin، نمکهای اسیدهای نفتی، نمکهای مواد پروتئینی Sulphonated hydrocarbons
افزودنیهای ضد واکنش قلیا - سنگدانه	کاهش انبساط ناشی از واکنش قلیا - سنگدانه،	نمکهای باریم Lithium hydroxide, Lithium carbonate, Lithium nitrate
افزودنیهای ضد شستگی	بتن چسبنده برای بتن ریزی زیر آب	سلولز، Acrylic polymer
افزودنیهای پیوندساز	افزایش مقاومت پیوستگی	Acrylics, Polyvinyl acetate, Polyvinyl



chloride Butadiene –styrene copolymers		
Chromium, اکسید آهن شده، اکسید آهن umber, phthalocyanine, Cobalt, Titanium oxide , oxide	بتن رنگی	افزودنیهای رنگی (ASTN C۹۷۹)
Sodium Benzoate, Sodium nitrite, Calcium nitrite	کاهش واکنش خوردگی فولاد در محیط پراز کلرید	افزودنیهای ضد خوردگی
amines, Fluoroaluminates, Ester phosphates یا Fluosilicates		
	کند کردن نفوذ رطوبت به درون بتن خشک	افزودنیهای نم‌بند
Hydrolyzed protein ، مواد ترساز آنیونی یا کاتیونی،	تولید بتن کفی سبک	مواد کف ساز
Oleate Butyl یا Polyhalogenated phenols stearate	جلوگیری یا کنترل رشد باکتری و قارچ	قارچ کشها، میکروب کشها و حشره کشها
پودر آلومینیم	ایجاد انبساط پیش از گیرش	گازسازها
به افزودنیهای حباب زاء، تندگیر کننده، کندگیر کننده و کاهنده آب نگاه کنید.	تنظیم خصوصیات دوغاب برای کاربردهای معین	افزودنیهای دوغاب ریزی
اسیدای Carboxylic، نمکهای اسید آلی حاوی فسفر	به تعویق انداختن یا فعال کردن هیدراسیون به کمک پایدارساز و تسریع کننده	افزودنیهای کنترل هیدراسیون
Calcium stearate, Latex	کاهش نفوذپذیری	افزودنیهای کاهنده نفوذپذیری
،Organic flocculents ، پلیمرهای آلی و مصنوعی، امولسیونهای آلی پارافین، قطران زغال سنگ، قیر، ،Pyrogenic silicas ،Bentonite ،Acrylics آهک هیدراته (ASTM C۱۴۱)	بهبود نفوذپذیری	افزودنیهای بهسازی پمپاژ
Tartaric اسید ،Borax ،شکرها، نمکها و اسید	کند کردن گیرش	افزودنیهای کندگیر کننده (نوع B و (ASTM C۹۴۹)

Propylene glycol, Polyoxyalkylene alkylether	کاهش جمع شدگی ناشی از خنک شدن	افزودنیهای کاهنده جمع شدگی
Sulphonated melamine formaldehydes Sulphonated naphthalene formaldehyde condensates Polycarboxylates	افزایش روانی بتن، کاهش نسبت آب - مواد سیمانی	فوق روانسازها (نوع ۱ و ASTM) C1017
به روانسازهای قوی و همچنین افزودنیهای کاهنده آب نگاه کنید.	افزایش روانی با کند کردن گیرش، کاهش نسبت آب - مواد سیمانی	فوق روانساز و کند گیر کننده (نوع ۲ و ASTM C1017)
Lignosulphonates، اسیدهای Carbohydratesnate Hydroxylated، carboxylic همچنین به دلیل تمایل به کند کردن گیرش اغلب تند گیر کننده اضافه می شود.	کاهش مقدار آب به میزان حداقل ۵٪	افزودنیهای کاهنده آب (نوع A و ASTM C494)
به افزودنیهای کاهنده آب، نوع A نگاه کنید (تند گیر کننده اضافه می شود)	کاهش مقدار آب (حداقل ۵٪) و تسریع گیرش	افزودنی کاهنده آب و تند گیر کننده (نوع E و ASTM) C494
به افزودنیهای کاهنده آب، نوع A نگاه کنید (کند گیر کننده اضافه می شود)	کاهش مقدار آب (حداقل ۵٪) و تأخیر گیرش	افزودنی کاهنده آب و تند گیر کننده (نوع D و ASTM) C494
به فوق روانسازها نگاه کنید.	کاهش مقدار آب (حداقل ۱۲٪)	افزودنی کاهنده آب قوی (نوع F و ASTM) C494
به فوق روانسازها و همین طور افزودنیهای کاهنده آب نگاه کنید.	کاهش مقدار آب (حداقل ۱۲٪) و تأخیر گیرش	افزودنی کاهنده آب قوی و کند گیر کننده (نوع G و ASTM) C494
Polycarboxylates, Lignosulphonates	کاهش مقدار آب (بین ۶٪ تا ۱۲٪) بدون کند گیری	افزودنی کاهنده آب متوسط

بحث و نتیجه گیری نهایی

در اثر ناسازگاری سیمان- افزودنی و ناسازگاری افزودنیها در بتن تازه با مشکلاتی با شدت‌های مختلف ایجاد می‌شود. امکان بروز ناسازگاری در میان مواد سیمانی مکمل و افزودنیها یا سیمان نیز وجود دارد. در اثر این ناسازگاریها امکان ایجاد افت اسلامپ، افت هوا، سفتی اولیه و دیگر عوامل تأثیر گذار بر خصوصیات بتن تازه وجود دارد. اگرچه این مشکلات در وهله نخست بر روی عملکرد حالت خمیری سیمان تأثیر می‌گذارند، اما امکان تأثیرگذاری منفی بر عملکرد دراز مدت بتن سسخت شده نیز وجود دارد. برای مثال سفتی اولیه باعث بروز مشکلاتی در تراکم ساختن بتن شده و در نتیجه مقاومت را به خطر می‌اندازد.

برای بررسی مشکلات ناسازگاری ناشی از تنوع موجود در موارد، تجهیزات مخلوط کن، زمان اختلاط و عوامل محیطی روشهای آزمایش قابل اعتمادی وجود ندارد. آزمایشهای انجام شده در آزمایشگاه تأثیر شرایط محیطی بر بتن را منعکس نمی‌کند. در صورت برخورد با نوعی ناسازگاری در محل، راه حل معمول به طور ساده عوض کردن مواد افزودنی یا مواد سیمانی است و در موارد انبار و توضیح کردن افزودنی های شیمیایی می‌توان این مطالب را ارائه و پیشنهاد کرد که افزودنیهای مایع را می‌توان در بشکه یا مخزن انبار کرد. افزودنیهای پودری را می‌توان در سیلوهای ذخیره سازی ویژه ریخت، البته برخی از این افزودنیها در کیسه های پلاستیکی با اندازه معین عرضه می‌شوند، اغلب در ظرف یا کیسه های پلاستیکی قرار دارند. افزودنیهای پودری مانند برخی از پوزولانهای معین یا بشکه های افزودنی را می‌توان در محل پروژه انبار کرد.

مخازن توزیع موجود در کارخانه بتن را باید به درستی با نام هر افزودنی ویژه برچسب گذاری کرد تا از آلوده شدن آنها و مصرف مقدار نادرستی از افزودنی پرهیز شود. منجمد شدن بیشتر افزودنیهای شیمیایی مجاز نیست. بنابراین آنها را باید در محیط های گرم انبار کرد. برای دمای ذخیره سازی صحیح با تولیدکننده افزودنی مشورت کنید. افزودنیهای پودری معمولاً در مقابل محدودیتهای دما کمتر حساس اند، اما ممکن است در مقابل رطوبت حساس باشند.

افزودنیهای شیمیایی مایع معمولاً به صورت منفرد و به شکل حجمی به آب اختلاط اضافه می‌شوند. افزودنیهای مایع و پودری را می‌توان به صورت جرمی اندازه گیری کرد، اما افزودنیهای پودری را نباید به صورت حجمی اندازه گیری نمود. باید دقت کرد که برخی از افزودنیها را نباید بیش از پراکنده شدن در مخلوط بتن با هم ترکیب کرد، زیرا ممکن

است برخی ترکیبها اثر مورد نظر افزودنیها را خنثی کنند. در مورد سازگاری ترکیب افزودنیها یا با تولیدکننده افزودنی مشورت کنید و یا با انجام آزمونهای آزمایشگاهی عملکرد آنها را بررسی کنید.

با توجه به تمامی راهکارها و پیشنهاداتی که ارائه شد توانستیم تا حد امکان از خرابی و عدم رسیدن بتن به مقاومت مورد نظر جلوگیری کرد. راهکارهای ارائه شده به صورت دو دسته‌ی تقسیم بندی شد که یکی شامل اقدامات عملی و تجربی است که در حین عمل آوری بتن ریزی محافظت از بتن می باشد و یا با استفاده از مواد شیمیایی می باشد که با نام افزودنی‌های بتن شناخته می شود که در هر دو حالت به معایب و مزایایی راه کارها اشاره و بررسی شد. هدف از تألیف این مقاله ارائه پیشنهاداتی به منظور عمل آوری هرچه بهتر و راحت تر بتن با توجه به شرایط می باشد.

منابع

- آذری جعفری، ح، شکرچی زاده، م، برنجیان، ج، احمدی، ب، (۱۳۹۱)، بررسی تأثیر افزودنی های شیمیایی به همراه مواد کندگیرکننده بر کارایی ملات حاوی زئولیت، چهارمین کنفرانس ملی بتن، ایران
- آذری جعفری، ح، شکرچی زاده، م، برنجیان، ج، احمدی، ب، (۱۳۹۲)، ارزیابی عملکرد فوق روان کننده ها در سیمان و بتن، چهارمین کنفرانس ملی بتن، ایران
- رضایی فر، ا، فیروز بخت، ع قلهکی، م، (۱۳۹۲)، تکنولوژی بتن: طرح اختلاط و روش آزمایش، ناشر: دانشگاه سمنان، ایران
- کی منش، م. ر، (۱۳۹۴)، تکنولوژی بتن و آزمایشگاه، انتشارات سیمای دانش، ایران



محمد کربلانی کریمی، م، (۱۳۹۳)، بتن و بتن شناسی به همراه آزمایشات کاربردی بتن، انتشارات جاودان خرد، تهران، ایران

مردوخ پور، ع، مطیع دوست، ع، (۱۳۸۶)، بتن پیش آکنده در سدسازی و مزایای آن، اولین همایش ملی سد و سازه های هیدرولیکی، ایران

مستوفی نژاد، د، (۱۳۹۵)، تکنولوژی و طرح اختلاط بتن، انتشارات ارکان دانش، اصفهان، ایران

Copeland, L E, Bragg, R H, (۱۹۵۵), Self-Desiccation in Portland-Cement Pastes, ASTM Bulletin, pp ۳۴-۳۹.

Jack C. McCormac , Russell H. Brown , (۲۰۱۳), Design of Reinforced Concrete ۱۰th Edition, Wily publication

James G. MacGregor, James K.Wight, (۲۰۱۱), Reinforced Concrete: Mechanics and Design, Prentice Hall; ۶ edition

ACI Committee ۲۱۱, (۱۹۹۷), Standard Practice for Selecting proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete, ACI ۲۱۱, ۱-۱۹, reapproved ۱۹۹۷, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, ۳۸ pages.

ACI Committee ۳۰۵, (۱۹۹۹), Hot-Weather Concreting, ACI ۳۰۵R-۹۹, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, ۱۷ pages.

COPELAND, L. E, HAYES, J.C, (۱۹۵۵), Research and Development Laboratories of the Portland Cement Association, JOURNAL OF THE AMERICAN CONCRETE INSTITUTE , Michigan , Proceedings Vol. ۵۲, p. ۶۳۳