

## درصد بهینه افزودنی ضد یخ مایع و پودری و تاثیر آن بر مقاومت فشاری بتن با رده c-40

احسان یوسف جوکار<sup>۱</sup>، علیرضا مسلمان یزدی<sup>۲</sup>

۱- گروه عمران، واحد ابرکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، ابرکوه، ایران

۲- گروه عمران، واحد مهریز، دانشگاه آزاد اسلامی، مهریز، ایران

ehsan\_yousef\_j@yahoo.com

### چکیده

باتوجه به بتن ریزی های غیردقیق و غیر علمی که در بسیاری از کارگاههای ساختمانی کشورمان صورت میگیرد و نه طرح اختلاط به صورت دقیق رعایت می شود و نه آنکه افزودنی های بتن به صورت بهینه و علمی به بتن اضافه می شود، واضح است که لزوم وجود نسبت حجمی یا وزنی مناسب و آزمایش شده ای از افزودنی های مختلف برای داشتن بتنی با خواص مکانیکی بهینه احساس می شود. از آنجایی که معدن شن و ماسه مد نظر این پژوهش در شهر شیراز کاملا فراگیر است و در سازه های بتنی عظیم و بلند مرتبه مورد استفاده قرار می گیرد، امید است نتایج حاصله از این پژوهش تاثیر مناسبی در انجام بتن ریزی هایی با کیفیت بالا را داشته باشد. تا بتوان از حداکثر ظرفیت بتن جهت سازه های بتنی عظیم در شهر شیراز بهره جست. منظور این تحقیق رسیدن به در صد مطلوب و بهینه ای از افزودنی ضد یخ در بتن و تاثیر این ماده افزودنی با در صد های متفاوت بر خاصیت مکانیکی مقاومت فشاری بتن می باشد. برای یافتن این در صد حجمی یا وزنی بهینه در شرایط آزمایشگاهی، ۲ نمونه بدون افزودنی یکی با شرایط نگهداری در آب و یکی در فریزر و ۵ نمونه با در صد های مختلف وزنی یا حجمی از ۰ تا ۲/۵ درصد این افزودنی به صورت پودری و ۵ نمونه با افزودنی ضد یخ مایع مد نظر قرار می گیرد. بر روی این ۱۲ نمونه آزمایش مقاومت فشاری نمونه مکعبی طبق استاندارد BS می پذیرد. {۸} با ثابت در نظر گرفتن مصالح معدنی که از یک معدن مشخص و با طرح اختلاط ثابت و دمای ثابت و نیز نسبت آب به سیمان ثابت نمونه هایی با عیار سیمان ۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب تهیه می گردد. مقاومت فشاری بتن معمولا در تستهای ۳ و ۷ و ۲۸ روزه مورد آزمایش قرار میگیرد. که تستهای ۳ و ۷ روزه فقط برای تخمینی از مقاومت ۲۸ روزه می باشد. {۷} در نتیجه معیار و ملاک اصلی این پژوهش بررسی و سنجش مقاومت نهایی (۲۸ روزه) نمونه بتن می باشد.

روند تعیین مقاومت فشاری بتن تحت تاثیر دو عامل زمان و دما قرار می گیرد که این مقاومت با پیشرفت هیدراسیون سیمان افزایش میابد. عمل هیدراسیون وابسته به زمان و دماست. برای ثابت نگه داشتن تاثیر دما در مقاومت فشاری بتن، باید تمام نمونه ها در دمای ثابت آزمایشگاه نگهداری و آزمایش شوند. {۶}

هدف این پژوهش تعیین درصد معینی از این افزودنی هاست که بر مقاومت فشاری نهایی ۲۸ روزه تاثیر مثبتی دارند.

کلمات کلیدی: مقاومت فشاری بتن، ضد یخ، خواص مکانیکی، نمونه مکعبی و استوانه ای

### ۱-مقدمه

مسئله در مبحث افزودنی های بتن تحقیقات و آزمایشهای گوناگون و متنوعی صورت گرفته است. اما با توجه به گسترده بودن معادن شن و ماسه و نیز افزایش روز افزون بچینگ های تولید بتن آماده، و نیز تنوع افزودنیهای صنعتی و معدنی بتن لازم است هر روز بر تعداد مقالات و تحقیقات مربوط به آن اضافه شود. منظور از ضد یخ بتن ماده افزودنی شتاب دهنده واکنش آب و سیمان است. این نوع ماده افزودنی در مواردی بکار می روند که امکان یخ زدن بتن تازه فراهم باشد (دمای زیر صفر درجه) ضد یخ ها دو کار عمده انجام می دهند. {۱۳}

۱. دمای انجماد آب را بسته به میزان مصرف آنها پائین می آورند ۲. تا حدی نقش تسریع کننده دارند

## پنجمین همایش ملی توسعه پایدار در مناطق خشک و نیمه خشک، ابرکوه، ایران، خرداد ماه ۱۳۹۵

استفاده از ضد یخ در بتن ، همچنین باعث کاهش مقاومت نهائی بتن می شود . میزان مصرف آن براساس توصیه کارخانه سازنده تعیین می شود. هرچند گفته می شود در صورت استفاده صحیح از این ماده افزودنی بتن هرگز افت مقاومت فشاری در بتن گزارش نخواهد شد. روش صحیح مصرف افزودنی ضد یخ بتن کاهش معادل وزنی ماده ضد یخ از آب مصرفی می باشد (مثال : در صورتی که ۷ کیلو ضد یخ به هر متر مکعب بتن اضافه می کنید باید ۷ کیلو گرم از آب مصرفی را کاهش بدهید) کاهش از آب مصرفی و استفاده از ضد یخ بتن مایع هرگز منجر به کاهش کارایی یا افت اسلامپ نخواهد شد. {۱۰} باید توجه داشت بخشی از مایع ضد یخ بتن را مواد جامد محلول تشکیل می دهد (solid content) پس در مجموع با کاسته شده از حجم آب مصرفی مقاومت فشاری بتن افزایش خواهد یافت. البته در موارد بسیاری دیده می شود مصرف کنندگان بدون کاستن از آب مصرفی ماده افزودنی ضد یخ بتن را به مخلوط بتنی اضافه می کنند که این امر کاهش مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن را در بر خواهد داشت. {۱۲}

در آزمایشات این تحقیق دمای آزمایش ، ثابت و دمای محیط آزمایشگاه در نظر گرفته می شود. عیار سیمان تمام نمونه های مورد پژوهش ۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب می باشد. نسبت آب به سیمان در تمام نمونه های آزمایشگاهی ثابت در نظر گرفته می شود و تمام آزمایش ها بر روی نمونه مکعبی به ابعاد ۱۵ \* ۱۵ سانتی متر طبق استاندارد BS انجام می پذیرد. {۹} طرح اختلاط بتن نیز در تمام نمونه ها ثابت و مصالح از یک معدن تهیه می شوند.

### ۲- مصالح معدنی و غیر معدنی مصرفی :

برای تهیه نمونه های بتنی از مصالح زیر استفاده گردیده است:

۱-۲ درشت دانه شکسته:

مطابق با استاندارد ASTM-C330 با اندازه حداکثر ۱۹ میلیمتر، چگالی ۲/۶۵ و وزن مخصوص خشک ۱۶۲۸kg/m3

۲-۲ ریز دانه :

مطابق با استاندارد ASTM-C330 با مدول نرمی ۳/۲۷ و چگالی ۲/۶

۳-۲ سیمان تیپ ۲ فارس

۴-۲ آب مصرفی:

آب آشامیدنی شهرک گلستان شیراز

۵-۲ ضد یخ بتن:

ضد یخ بتن پارس با استانداردهای زیر مطابقت دارد: (جدول-۱)

BS 5075, BS EN 480-2, ACI 306 R, ASTM C494 type C, ISIRI 2930, ASTM C827

### جدول شماره ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی:

حالت فیزیکی :	مایع	پودری
PH :	۵/۷	۵/۷
رنگ :	زرد	سفید
یون کلر :	ندارد	ندارد
وزن مخصوص :	۲/۱ کیلوگرم بر لیتر	۲/۱ کیلوگرم بر لیتر

### ۳- آزمایشات انجام شده :

آزمایش مقاومت فشاری بتن:

## پنجمین همایش ملی توسعه پایدار در مناطق خشک و نیمه خشک، ابرکوه، ایران، خرداد ماه ۱۳۹۵

نشان دهنده ی مقاومت بتن در برابر نیروی وزن است. هم چنین یکی از مهمترین عوامل کنترل کیفی بتن نیز می باشد. (شکل ۱-)  
نمونه های مکعبی به دلیل داشتن ۵ سطح صاف و صیقلی در حین انجام آزمایش در دستگاه مشکلی نخواهند داشت، اما نمونه های سیلندری به دلیل نداشتن سطح صاف احتیاج به انجام عمل کیننگ (بهسازی) دارند. {۲}



شکل ۱- آزمایش مقاومت فشاری

مخلوط های بتنی مطابق با استاندارد ACI-211-01 تهیه شده اند (شکل ۲). نمونه های بتن موجود به دو روش تهیه گردیدند:  
- بتن بدون افزودنی ضد یخ با اسلامپ ۱۰ سانتیمتر در فریزر و در آب ۲۰ درجه  
- بتن تولید شده با ۲ نوع ضد یخ با درصد های ۰/۵-۱-۱/۵-۲-۲/۵ درصد وزنی سیمان با اسلامپ ۱۰ سانتیمتر با عیار سیمان ۴۰۰



شکل ۲- قالب نمونه های مکعبی تهیه شده

## پنجمین همایش ملی توسعه پایدار در مناطق خشک و نیمه خشک، ابرکوه، ایران، خرداد ماه ۱۳۹۵

اولین نمونه مکعبی بدون ضد یخ پس از تهیه به مدت ۲۴ ساعت درون قالب بوده و پس از آن به منظور عمل آوری تا ۲ ساعت قبل از آزمایش (۲۷ شبانه روز) داخل آب با دمای ۲۰ درجه سانتیگراد قرار گرفته است. جهت بررسی نقش ضد یخ در بتن، ۱۱ نمونه دیگر بلافاصله پس از بتن ریزی درون محفظه انجماد با دمای ۵- درجه قرار گرفته اند. پس از ۴۸ ساعت از محفظه خارج شده و ۲۶ روز در آب ۲۰ درجه نگهداری می شوند. این آزمون ها با ریسمانهای الاستیک دور پیچ شده و بین ها و پیچ های دور قالب باز گردید {۲} تا اگر نمونه ها تحت اثر یخبندان افزایش حجم دادند مانعی در مقابل افزایش حجمشان وجود نداشته باشد. (شکل-۳)



شکل ۳- دور پیچ کردن قالب ها با ریسمان

در (جدول- ۲) مشخصاتی شامل نسبت آب به سیمان، عیار سیمان در بتن، اسلامپ بتن نمونه ها، در صد وزنی ضد یخ و نامگذاری نمونه ها بر حسب نوع و در صد ضد یخ مشاهده می شود.

جدول ۲- مشخصات نمونه های بتنی

در صد ضد یخ	Slump (cm)	W/C	Cement (kg)	Cement type	Mix name
0	10	0/55	400	Fars type 2 portland	A بدون ضد یخ در فریزر
0/5	10	0/55	400	Fars type 2 portland	B با ضد یخ مایع
1	10	0/55	400	Fars type 2 portland	C با ضد یخ مایع
1/5	10	0/55	400	Fars type 2 portland	D با ضد یخ مایع
2	10	0/55	400	Fars type 2 portland	E با ضد یخ مایع
2/5	10	0/55	400	Fars type 2 portland	F با ضد یخ مایع
0/5	10	0/55	400	Fars type 2 portland	G ضد یخ پودری

## پنجمین همایش ملی توسعه پایدار در مناطق خشک و نیمه خشک، ابرکوه، ایران، خرداد ماه ۱۳۹۵

1	10	0/55	400	Fars type 2 portland	H ضد یخ پودری
1/5	10	0/55	400	Fars type 2 portland	A ضد یخ پودری
2	10	0/55	400	Fars type 2 portland	J ضد یخ پودری
2/5	10	0/55	400	Fars type 2 portland	K ضد یخ پودری
0	10	0/55	400	Fars type 2 portland	L بدون ضد یخ در آب ۲۰ درجه

برای هر کدام از ۱۲ نمونه فوق یک نمونه شاهد نیز تهیه گردید که در صورت ایجاد هر گونه مشکل در روند انجام آزمایش بتوان به صورت جایگزین از آن استفاده کرد. چنانچه در نمودار شماره ۱ مشاهده می شود مقاومت فشاری برای بتن عمل آوری شده در آب به مراتب بالاتر از مقاومت فشاری بتن عمل آوری شده در فریزر با دمای ۵- است. این نشان دهنده افت محسوس مقاومت فشاری بتن در هنگام بتن ریزی در آب و هوای سرد حتی با وجود استفاده از ضد یخ بتن می باشد.

### ۴- روابط و فرمول ها

جهت تبدیل مقاومت فشاری نمونه مکعبی (آزمایشگاهی) به مقاومت فشاری نمونه استوانه ای (استاندارد) مطابق با مبحث نهم مقررات ملی ساختمان از رابطه زیر میتوان استفاده کرد: {۳}

$$F_c = (0/833) * (\text{نمونه مکعبی } F_c) = \text{نمونه استوانه ای } F_c$$

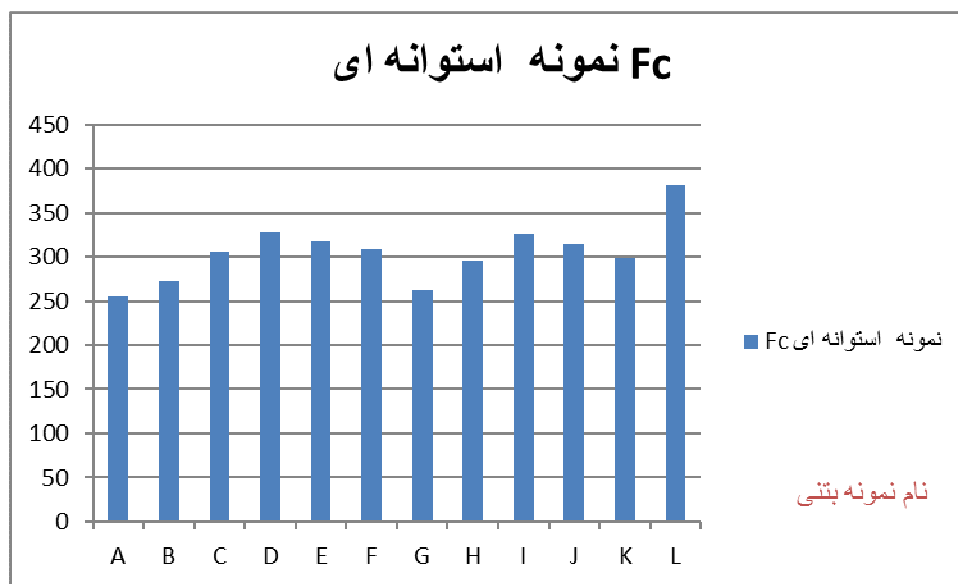
### ۵- بررسی و تحلیل نتایج

همانگونه که اشاره شد، ۱۱ مورد از نمونه های بتنی به مدت ۲ شبانه روز در دمای ۵- درجه و ۲۶ شبانه روز در آب ۲۰ درجه و یک نمونه بدون ضد یخ در کل ۲۸ روز داخل آب با دمای ۲۰ درجه عمل آوری شدند.

(جدول ۳- و نمودار ۱-) نشان دهنده مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه مکعبی و استوانه ای استاندارد برای هر یک از نمونه هاست. همانطور که مشاهده می شود، مقاومت فشاری نمونه عمل آوری شده در آب بدون ضد یخ به مراتب بیشتر از نمونه های عمل آوری شده با ضد یخ در فریزر و دمای ۵- درجه است. مقاومت فشاری نمونه بدون ضد یخ که در فریزر عمل آوری شده بسیار پایین و غیر قابل قبول است. (مقادیر مقاومت فشاری استوانه ای گرد شده اند). نتایج فوق نشانگر افت محسوس مقاومت فشاری در هنگام بتن ریزی در شرایط آب و هوایی سرد علیرغم استفاده از ضد یخ می باشد.

جدول شماره ۳- مقاومت فشاری نمونه ها

استوانه Fc ای	Fc مکعبی	درصد ضد یخ	Mix name
255	306/1	0	A
273	327/7	0/5	B
306	367	1	C
327	392/5	1/5	D
318	381/7	2	E
309	371	2/5	F
262	314/5	0/5	G
296	355/3	1	H
326	391/4	1/5	I
315	378/1	2	J
299	358/9	2/5	K
382	458.6	0	L



نمودار ۱- مقاومت فشاری استوانه ای استاندارد نمونه ها

## ۶- نتیجه گیری

- در میان درصد های متفاوت ضد یخ برای بتن رده C-40 (بتن با عیار ۴۰۰) افزودن ۱/۵ در صد وزن سیمان مصرفی، ضد یخ به نمونه، مطلوب ترین میزان ضد یخ مصرفی در دمای ۵- درجه می باشد. هر چه از این در صد دورتر می شویم میزان مقاومت فشاری بتن ۲۸ روزه کاهش میابد.

- علیرغم استفاده از ضد یخ در بتن ریزی در هوای سرد باز هم کاهش قابل توجهی در مقاومت فشاری بتن در مقایسه با بتن ریزی در هوای معمولی مشاهده می شود.

## ۷- منابع و ماخذ

- {۱}- ابوالفضل، علی، ۱۳۹۰، مقاله کاربرد مواد افزودنی بتن
- {۲}- آیین نامه بتن ایران، سازمان مدیریت و برنامه ریزی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها، نشریه شماره ۴، تجدید نظر اول، ویرایش ۱۳۸۳
- {۳}- دفتر مقررات ملی ساختمان-۱۳۹۲-مبحث نهم مقررات ملی ساختمان-تهران، نشر توسعه ایران
- {۴}- رضایی جعفری، علی، ۱۳۸۷، مقاله نقش افزودنی های بتن در مقاوم سازی سازه
- {۵}- رمضانیان پور، علی اکبر، تکنولوژی بتن پیشرفته، ۱۳۹۴، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر
- {۶}- سلطانیپور، مجتبی - آذر نژاد، علی، ۱۳۹۲، مقاله بررسی نقش ماده افزودنی ضد یخ بر در مقاومت فشاری بتن
- {۷}- مستوفی نژاد داوود، ۱۳۸۵، تکنولوژی و طرح اختلاط بتن، چاپ ششم، انتشارات دانش اصفهان
- {8}-ACI 211-01, "Guide for design of concrete mix"
- {9}-ASTM C330, "Aggregate for stucture concrete"
- {10}-ASTM C231 / C231M - 10 "Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method"
- {11}-www.civilica.com
- {12}-www.clinicbeton.ir
- {13}- www.civiltect.com