



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran  
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۹۲۲۷

چاپ اول

۱۳۹۳

INSO

19227

1st.Edition

2015

بتن - تعیین مقاومت در برابر یخ زدن و ذوب  
شدن سریع - روش آزمون

**Concrete-Determination of Resistance to  
Rapid Freezing and Thawing-Test Method**

**ICS: 91.100.30**

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است. تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (C)الف<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمونگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

## کمیسیون فنی تدوین استاندارد

» بتن - مقاومت در برابر یخ زدن و ذوب شدن سریع - روش آزمون «

### رئیس:

پوریابا، مسعود

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

### سمت و / یا نمایندگی

دانشگاه آزاد مراغه

### دبیر:

روا، افشین

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی

### اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

آسا، بهجت

(دکتر زبان انگلیسی)

شرکت کیفیت آفرینان آذر

ادریسی، نازیلا

(کارشناس ارشد معماری)

دانشگاه آزاد اسلامی واحد سردرود

ارشد شبخانه، بهمن

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی

تبریزی، آذر

(کارشناس مهندسی عمران)

شرکت کیفیت آفرینان آذر

زمان پور، اصغر

(کارشناس مهندسی عمران)

مجتمع مس سونگون

قدیمی کلجاهی، فریده

(کارشناس ارشد شیمی)

اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی

متذکر، نسیمه

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی

## پیش گفتار

استاندارد « بتن- تعیین مقاومت در برابر یخ زدن و ذوب شدن سریع- روش آزمون » که پیش نویس آن در کمیسیون‌های مربوط سازمان ملی استاندارد تهیه و تدوین شده است و در ۵۷۶ امین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۳/۱۲/۱۰، مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است :

ASTM C666: 2008, Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing

## بتن - تعیین مقاومت در برابر یخ زدن و ذوب شدن سریع - روش آزمون

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، ارایه دو روش مختلف برای تعیین مقاومت نمونه‌های بتنی در برابر چرخه‌های سریع یخ زدن و ذوب شدن در آزمایشگاه است.

روش الف، یخ زدن و ذوب شدن سریع در آب، روش ب، یخ زدن سریع در هوا و ذوب شدن در آب می‌باشد. هر دو روش برای بررسی تغییرات خواص بتن در اثر مقاومت در برابر چرخه‌های یخ زدن و ذوب شدن به کار می‌روند. هیچ‌کدام از دو روش برای طول بهره‌برداری یک بتن مشخص، معیار عددی ارائه نمی‌کنند. مواردی که در این استاندارد به طور مشخص به روش الف یا روش ب اختصاص داده نشده‌اند مربوط به هر دو روش می‌باشند.

هشدار- این استاندارد تمام موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی‌کند. بنابراین وظیفه کاربر این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت نموده و قبل از استفاده، محدودیت‌های اجرای آن را مشخص کند.

۲-۱ همان طور که در بند هدف بیان شد/ف دور روش ارائه شده در این استاندارد برای تعیین اثرات تغییر خواص و شرایط بتن در مقاومت در برابر چرخه‌های یخ زدو و ذوب شدن به کار می‌رود.

کاربردهای خاص در استانداردهای ASTM C233 و ASTM C494 و طبقه‌بندی سنگدانه درشت بر اساس اثر آن‌ها روی دوام بتن در برابر یخ زدن و ذوب شدن، به خصوص در مواردی که سالم بودن سنگدانه مشکوک است، ارائه شده است.

۳-۱ فرض می‌شود که این روش‌ها تاثیر مخرب قابل توجهی روی بتن مقاوم در برابر یخ زدگی که به صورت زیر تعریف می‌شود ندارد:

۱-۳-۱ هر بتنی که تا حد بحرانی با آب اشباع نمی‌شود (یعنی آنقدر اشباع نمی‌شود که با یخ زدن خراب شود)؛  
۲-۳-۱ بتن از سنگدانه‌هایی ساخته شده باشد که در برابر سرما مقاوم باشد و عمل هوازدائی در آن به خوبی انجام شده باشد. این امر باعث می‌شود که عمل‌آوری بتن به نحو احسن انجام شود و از بحرانی شدن حالت اشباع نمونه در شرایط معمولی جلوگیری شود.

۴-۱ اگر نتیجه انجام آزمون این باشد که بتن به طور نسب تحت تاثیر یخبندان قرار نمی‌گیرد، می‌توان نتیجه گرفت بتن تاحد بحرانی اشباع نشده است و یا این که بتن از سنگدانه‌های سالم ساخته شده و عمل هوازدائی آن به خوبی انجام و به طور مناسبی عمل‌آوری شده است.

۵-۱ هیچ ارتباطی بین مقاومت در برابر چرخه‌های یخ زدن و ذوب شدن نمونه‌های بریده شده از بتن سخت شده و نمونه‌های آماده شده در آزمایشگاه وجود ندارد.

## ۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۸۱۲۹، بتن-ساخت نمونه‌های استوانه‌ای و منشور آزمایشی به منظور تعیین مقاومت و چگالی بتن پیش‌آکنده در آزمایشگاه-آیین کار

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۵۵۲، سنگ شناسی سنگدانه‌ها در بتن- روش آزمون

۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۷۲۳، فرکانس‌های اصلی تشدید عرضی، طولی و پیچشی نمونه‌های بتن- روش آزمون

2-4 ASTM C 157/C 157M Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete

2-5 ASTM C 233 Test Method for Air-Entraining Admixtures for Concrete

2-6 ASTM C341/C341M Practice for Length Change of Cast, Drilled, or Sawed Specimens of Hydraulic-Cement Mortar and Concrete

2-7 ASTM C490 Practice for Use of Apparatus for the Determination of Length Change of Hardened Cement Paste, Mortar, and Concrete

2-8 ASTM C 494/C494M Specification for Chemical Admixtures for Concrete

2-9 ASTM C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

2-10 ASTM C823 Practice for Examination and Sampling of Hardened Concrete in Constructions

## ۳ وسایل

### ۱-۳ دستگاه یخ زدن و ذوب شدن

۱-۱-۳ دستگاه یخ زدن و ذوب شدن باید دارای محفظه یا محفظه‌هایی باشد که نمونه‌ها را بتوان در آن در معرض چرخه‌های مشخص یخ زدن و ذوب شدن قرار داد. و باید دارای یک وسیله سرمایش و گرمایش به همراه کنترل‌هایی برای انجام پیوسته و خودکار چرخه‌ها در دمای مورد نیاز باشد. در صورتی که دستگاه به طور اتوماتیک کار نکند باید شرایطی فراهم شود که به طور پیوسته در ۲۴ ساعت به صورت دستی کار کند و یا این که در زمان‌هایی که آزمون متوقف می‌شود نمونه‌ها در حالت یخ زده باقی بمانند.

۲-۱-۳ در صورتی که شرایط خواصی مد نظر نباشد بایستی شرایط زیر را برای دستگاه فراهم نمود.  
روش الف- هنگامی که نمونه در معرض چرخه‌های یخ زدن و ذوب شدن قرار می‌گیرد باید حداقل با ۱ میلی‌متر و حداکثر با ۳ میلی‌متر آب پوشیده شده باشد.

روش ب- در فاز یخ زدن نمونه‌ها باید کاملاً توسط هوا و در فاز ذوب شدن کاملاً توسط آب احاطه شوند.  
استفاده از ظرف‌های صلب که باعث خرابی نمونه‌ها می‌شوند، مجاز نمی‌باشد. نمونه‌های با طول‌های مختلف باید طوری قرار گیرند که نشان‌های سنج‌ها آسیب نبینند.

یادآوری- تجربه نشان داده است به ویژه در دستگاهی که در آن از هوا به جای مایع برای انتقال گرما استفاده می‌شود، هنگام آزمون یخ‌بندان فشار یخ یا آب ممکن است خرابی زیادی به ظرف‌های فلزی و نمونه داخل آن‌ها وارد کند. بنابراین در هنگامی که شکم‌دادگی یا تغییر شکل در ظرف‌ها اتفاق می‌افتد نتایج آزمون باید با احتیاط تفسیر شود.

۳-۱-۳ دمای وسیله انتقال دهنده حرارت در حالتی که از روش الف استفاده می‌شود باید در هر مکان روی سطح محفظه نمونه، و اگر از روش ب استفاده می‌شود باید در هر مکان روی سطح نمونه اندازه‌گیری گردد. این دما باید در محدوده  $3/3^{\circ}\text{C}$  ثابت باشد مگر این که در زمان انتقال از حالت یخ زدن به ذوب شدن و برعکس باشد.

۳-۱-۳-۱ هر نمونه باید به نحوی نگهداری شود که گرمای وسیله انتقال دهنده حرارت مستقیماً از انتهای ظرف به کل سطح پایینی نمونه انتقال نیابد. بنابر این باید آن را طوری قرار داد که در تماس مستقیم با وسیله انتقال دهنده حرارت نباشد.

یادآوری- یک دماسنج سیمی ۳ میلی‌متر که در ته ظرف قرار داده شده، برای نگهداری نمونه‌ها مناسب می‌باشد.

۳-۱-۴ در روش بالا فرض می‌شود که نمونه‌ها درون ظرف نگهداری نمی‌شوند. جایی که نمونه در آن قرار می‌گیرد باید طوری باشد که با کل سطح نمونه در تماس نباشد. بنابراین سطح نمونه نباید مستقیماً با نگهدارنده خود در تماس باشد.

یادآوری- استفاده از توری نسبتاً باز، میله‌های فلزی، تیغه‌های با لبه فلزی برای این هدف مناسب است. این امر باعث می‌شود که حرارت در امتداد محور طولی میله یا تیغه مبادله شود.

### ۲-۳ وسیله اندازه‌گیری دما

مرکب از دماسنج‌ها و ترموکوپل‌هایی می‌باشد که قادر به اندازه‌گیری دما در نقاط مختلف محفظه و نمونه با دقت  $1/1^{\circ}\text{C}$  باشد.

### ۳-۳ وسایل آزمون دینامیکی

باید با استاندارد ASTM C125 مطابقت داشته باشد.

### ۴-۳ تغییر طول سنج (مطابق با مشخصات استاندارد ASTM C490)

در صورتی که نمونه‌ها دارای طول اسمی بزرگتر از ۲۸۵ mm باشند، طول آرایه شده در ویژگی‌های استاندارد ASTM C490 برای آزمون یخ زدن و ذوب شدن، از یک میله مرجع با طول مناسب استفاده شود، در غیر این صورت ASTM C490 برآورده شود. درجه بندی و دقت میکرومترهای سنج مدرج برای استفاده در مقایسه‌های

تغییر طول بزرگتر باید الزامات درستی و فواصل درجه‌بندی برای ویژگی‌های استاندارد ASTM C490 را الزامات واسنجی برآورده کند. قبل از شروع اندازه‌گیری روی هر نمونه، برای تعیین اختلاف طول نمونه، دستگاه سنجش را در یک طول مناسب ثابت کنید.

### ۳-۵ ترازوها

با ظرفیت تقریبی ۵۰٪ بیشتر از وزن نمونه‌ها و حداقل دقت ۴٫۵g در محدوده ۱۰٪ ± وزن نمونه مناسب می‌باشد.

### ۳-۶ محفظه گرمایش و سرمایش

که دارای امکانات لازم برای حفظ دمای نمونه‌ها در آب باشد به نحوی که وقتی نمونه‌ها از محفظه برداشته می‌شوند تا آزمون بسامد اصلی عرضی و آزمون طول روی آنها انجام شود دمای آنها در محدوده  $1^{\circ}\text{C}$  تا  $2^{\circ}\text{C}$  دمای ذوب مورد نظر در سیگنال‌های واقعی یخ زدن و آب شدن واقع شوند. استفاده از محفظه در دستگاه یخ زدن و ذوب شدن با ثابت نگهداشتن دستگاه در انتهای چرخه ذوب و نگهداری نمونه در آن این الزام را برآورده می‌سازد. به شرطی که، نمونه‌ها در محدوده دماهای فوق، مورد آزمون بسامد عرضی قرار گیرد. لازم است در هنگام آزمون یک نمونه، از دمای ذوب هدف یکسانی، استفاده شود. زیرا تغییر دمای نمونه در هنگام اندازه‌گیری طول نمونه، روی طول نمونه اثر خواهد گذاشت.

### ۴ چرخه‌های یخ زدن و ذوب شدن

۴-۱ وسایل مورد نیاز برای اندازه‌گیری دمای نمونه‌های کنترلی را تعیین کنید و به این طریق وسایل مناسب برای اندازه‌گیری دمای نمونه‌های تحت آزمون را انتخاب کنید. محل نمونه‌های کنترلی را طوری تغییر دهید که بیشترین تغییرات دما در مکان‌های مختلف محفظه نمونه را نشان دهد.

۴-۲ چرخه‌های اسمی یخ زدن و ذوب شدن برای هر دو روش شامل پایین آوردن دمای نمونه‌ها از  $4^{\circ}\text{C}$  به  $18^{\circ}\text{C}$  - و بالا بردن آن از  $18^{\circ}\text{C}$  - به  $4^{\circ}\text{C}$  می‌باشد. که این امر به طور متناوب در مدت زمانی که کمتر از ۲ ساعت و بیشتر از ۵ ساعت نباشد، انجام می‌گیرد. در روش الف زمان لازم برای افزایش دمای نمونه نباید از ۲۵٪ زمان لازم برای گرم شدن نمونه کمتر باشد و در روش ب زمان لازم برای افزایش دمای نمونه نباید از ۲۰٪ زمان لازم برای گرم شدن نمونه کمتر باشد (به یادآوری ۴ مراجعه شود). در انتهای فاصله زمانی سرد شدن نمونه، دمای نمونه‌ها باید  $(2 \pm 18)^{\circ}\text{C}$  - و در انتهای فاصله زمانی گرم شدن دمای نمونه باید  $(2 \pm 4)^{\circ}\text{C}$  باشد. هیچگاه دمای نمونه‌ها نباید کمتر از  $19^{\circ}\text{C}$  - و بیشتر از  $6^{\circ}\text{C}$  شود. زمان لازم برای آن که دمای مرکز هر نمونه از  $3^{\circ}\text{C}$  به  $19^{\circ}\text{C}$  - کاهش یابد نباید از نصف زمان لازم برای سرد کردن نمونه کمتر باشد و زمان لازم برای آن که دمای مرکز هر نمونه از  $16^{\circ}\text{C}$  - به  $3^{\circ}\text{C}$  افزایش یابد نباید از نصف زمان لازم برای گرم کردن نمونه کمتر باشد. برای نمونه‌هایی که باید با هم مقایسه شوند، زمان لازم برای این که دمای نمونه‌ها از  $2^{\circ}\text{C}$  به  $12^{\circ}\text{C}$  - تغییر کند نباید بیشتر از یک ششم با زمان لازم برای سرد کردن هر نمونه و زمان لازم برای تغییر دمای



نمونه از  $12^{\circ}\text{C}$  - به  $2^{\circ}\text{C}$  نباید بیشتر از یک سوم زمان لازم برای گرم کردن هر نمونه، تفاوت داشته باشد. یادآوری- در بسیاری از موارد شرایط زمانی و دمایی را می توان توسط فضا پر کن، کنترل نمود. در صورتی که فضا پر کن در دسترس نباشد از نمونه‌های ساختگی برای پر کردن فضاهای خالی می توان استفاده کرد. این عمل در یکنواخت نگهداشتن شرایط سیال موثر است.

با توجه به آن که انجام آزمون در یک دستگاه و در یک زمان روی نمونه‌های بتنی مختلفی که مواد و خواص گرمایی آنها به مقدار قابل ملاحظه ای با هم فرق می‌کند، اجازه تبعیت از مشخصات دمایی و زمانی برای هر نمونه را نخواهد داد. بنابراین بهتر است این نمونه ها در زمان های مختلف تحت آزمون قرار گیرند و در هنگام انجام هر آزمون نیز تنظیمات مناسب برای دستگاه انجام شود.

۳-۴ اختلاف دما بین مرکز نمونه و سطح آن نباید بیشتر از  $28^{\circ}\text{C}$  باشد.

۴-۴ فاصله زمانی انتقال بین فازهای ذوب شدن و یخ زدن نباید بیشتر از ۱۰ min باشد مگر این که نمونه مطابق با بند ۳-۸ آزمون شود.

## ۵ نمونه برداری

۱-۵ اجزای مواد برای نمونه‌های بتنی که در آزمایشگاه ساخته می شوند، باید با استفاده از استانداردهای کاربردی نمونه برداری شوند.

۲-۵ نمونه برداری نمونه‌های بریده شده از بتن سخت شده باید مطابق با ویژگی‌های استاندارد ASTM C823 انجام شود.

## ۶ آزمون‌ها

۱-۶ آزمون‌هایی که برای استفاده در این آزمون به کار می‌روند باید منشوری یا استوانه‌ای ساخته شوند و مطابق با استانداردهای ASTM C192/192M و ASTM C490 عمل آوری شوند.

۲-۶ شعاع، عمق یا عرض آزمون‌ها نباید کمتر از ۷۵ mm و بیشتر از ۱۲۵ mm باشد. و هم چنین طول این آزمون‌ها نباید کمتر از ۲۷۵ mm و بیشتر از ۴۰۵ mm باشد.

۳-۶ آزمون‌ها ممکن است که به صورت مغزه یا منشوری شکل از بتن سخت شده بریده شوند. در این صورت به نمونه‌های گرفته شده از بخش مرطوب سازه، نباید اجازه خشک شدن داده شود. این عمل ممکن است با پیچاندن یک پلاستیک به دور آن یا هر روش مناسب دیگری انجام شود.

۴-۶ در این آزمون از هنگامی که نمونه‌ها از قالب خارج می‌شوند. تا زمانی که تحت آزمون یخبندان قرار می‌گیرند. باید داخل آب اشباع‌شده با آهک قرار گیرند. تمام نمونه‌هایی که با یکدیگر مقایسه می‌شوند باید در ابتدا ابعاد اسمی یکسانی داشته باشند.

## ۷ روش انجام آزمون

۱-۷ نمونه های قالب گیری شده تیر باید به مدت ۱۴ روز قبل از آزمون عمل آوری شوند. مگر اینکه مشخصات دیگری ذکر شده باشد. نمونه های تیر بریده شده از بتن سخت شده باید بوسیله غرقاب شدن در آب آهک با

دمای °C (۲ ± ۲۳) برای مدت ۴۸ ساعت قبل از آزمون در شرایط مرطوب نگهداری شوند مگر این که شرایط دیگری ذکر شده باشد.

۲-۷ بلافاصله بعد از زمان عمل آوری، نمونه ها را به دمای ذوب هدف با رواداری (°C ۱ پائین تر تا °C ۲ بالاتر) برسانید. و بسامدهای طبیعی آن را تعیین کنید و مطابق استاندارد ASTM C215 وزن آن را اندازه بگیرید. نمونه ها را در فاصله زمانی خارج کردن از مرحله عمل آوری و شروع چرخه های یخبندان در برابر از دست دادن رطوبت محافظت کنید.

۳-۷ آزمون یخ زدن و ذوب شدن را با قرار دادن نمونه ها در آب گرم در ابتدای چرخه ذوب شدن شروع کنید. در فواصل زمانی که نمونه ها بیش از ۳۶ چرخه در معرض یخبندان قرار نگرفته اند، در فاز ذوب شدن نمونه ها را از دستگاه بردارید و بسامد طبیعی نمونه را در دمای مشخص شده در بند (۴-۶) اندازه گیری کنید و نمونه ها را وزن کنید و سپس نمونه ها را به دستگاه برگردانید. برای اطمینان از اینکه نمونه ها بطور کامل گرم شده و دارای دمای مخصوص می باشند، آنها را در محفظه گرمایش و سرمایش قرار دهید تا در انتهای فاز ذوب شدن به مدت کافی در دستگاه یخبندان قرار دهید. نمونه ها را در برابر از دست دادن رطوبت محافظت کنید.

در صورت استفاده از روش الف ظرف را شستشو داده و آب تازه اضافه کنید. سپس نمونه ها را بصورت اتفاقی و یا با پیروی از یک نظام مشخص چرخش، به طوری که کل نمونه هنگام آزمون در معرض شرایط محیطی قرار گیرد. در درون دستگاه قرار دهید.

آزمون روی نمونه ها را تا آنجا ادامه دهید که نمونه ها در معرض ۳۰۰ چرخه یخبندان قرار گیرند یا این که مدول الاستیسیته دینامیکی آنها به ۶۰ درصد مدول اولیه برسد (هر کدام که زودتر رخ دهد). مگر این که محدودیت های دیگری مشخص شده باشد (یادآوری). در آزمون تغییر طول مجاز، % ۰٫۱ انبساط ممکن است به عنوان معیاری برای خاتمه آزمون استفاده شود.

اگر نمونه ای به علت شکست از دستگاه خارج شود باید به جای آن برای مدت باقیمانده آزمون یک نمونه فرضی قرار داد هنگامی که بسامد طبیعی و تغییر طول نمونه آزمون می شود به طور چشمی از ظاهر نمونه گزارش تهیه کنید و نیز نظرات خود را در مورد خرابی هایی که ایجاد شده است ارائه کنید.

اگر پیش بینی شود که نمونه ممکن است به سرعت خراب شود، باید آنها را در فواصل کمتر از ۱۰ چرخه از دستگاه خارج نمود و تحت آزمون بسامد عرضی و تغییر طول مجاز قرار داد.

**یادآوری ۱-** توصیه میشود برای نمونه ای که مدول الاستیسیته دینامیکی آن به کمتر از ۵۰ درصد مدول اولیه تنزل می کند انجام آزمون متوقف می شود.

**یادآوری ۲-** توصیه می شود که در ابتدا و نیز به عنوان تأیید در مواردی که در صحت تعیین بسامد عرضی تردید وجود دارد، بسامد طولی نمونه ها نیز تعیین گردد. علاوه بر این توصیه می شود که در ابتدا و نیز بصورت پربودی برای تأیید مقدار ضریب پواسون بسامد پیچشی نیز تعیین گردد.

یادآوری ۳- در بعضی موارد مانند باند فرودگاه‌ها و دیگر دال‌ها، پاپوت‌ها<sup>۱</sup> ممکن است بعنوان یک خرابی ظاهر شده و باعث نگرانی گردد. شکستگی در یک قسمت کوچکی از سطح بتن در اثر فشار داخلی، که نتیجه آن ایجاد ترک‌های مخروطی کم عمق و روباز در سطح بتن در میان سنگدانه می باشد به عنوان پاپوت‌ها شناخته می‌شود. پاپوت‌ها ممکن است بعنوان عیب در سطح نمونه های آزمایشی مشاهده شود. وقتی که پاپوت‌ها باعث نگرانی می شوند تعداد و مشخصات آنها بعنوان تشریح نظری باید در گزارش قید شود. سنگدانه هایی که باعث به وجود آمدن پاپوت‌ها می‌شوند. ممکن است با روش آزمون سنگ شناسی استاندارد ASTM C295 تحت آزمون قرار گیرند.

۴-۸ هنگامی که توالی چرخه‌های یخ زدن و ذوب شدن باید قطع گردد، نمونه‌ها را در شرایط یخ زده قرار دهید. یادآوری- اگر در اثر خراب شدن دستگاه یا به دلایل دیگر قطع کردن چرخه‌های پیوسته لازم باشد. نمونه را طوری در شرایط یخ زده قرار دهید که رطوبت آن از بین نرود. هنگام استفاده از روش الف، نمونه‌ها را در ظرف نگهدارید و آنها را با یخ محصور کنید. اگر امکان نگهداری نمونه در ظرف خود وجود داشته باشد. آن را پیچیده و درزبندی کنید. حتی الامکان نمونه‌ها را در شرایط مطلوب نگهداری کنید. برای این کار می‌توان از مواد نگهدارنده رطوبت استفاده نمود و سپس آنها را در یخچال با دمای  $(2 \pm -18)^\circ C$  قرار داد. در صورت استفاده از روش ب از راه حل دوم استفاده کنید. معمولاً قرار دادن نمونه‌ها در شرایط ذوب شده به مدت بیش از ۲ چرخه توصیه نشده است اما اگر این امر فقط یک بار یا دو بار در هنگام انجام آزمون کامل اتفاق بیافتد مدت طولانی‌تر ممکن است مجاز باشد..

## ۹ روش محاسبات

### ۹-۱ مدول الاستیسیته دینامیکی نسبی

مطابق با رابطه (۱) مقدار مدول الاستیسیته دینامیکی را محاسبه کنید.

$$P_c = \left( \frac{n_1}{n} \right) \times 100 \quad (1)$$

که در آن:

$P_c$  مدول الاستیسیته نسبی بعد از چرخه یخ زدن و ذوب شدن بر حسب درصد؛

$n$  بسامد طبیعی عرضی در صفر چرخه یخ زدن و ذوب شدن؛

$n_1$  بسامد طبیعی عرضی بعد از  $C$  چرخه یخ زدن و ذوب شدن، هستند.

یادآوری- محاسبات مدول الاستیسیته دینامیکی، بر این فرض متکی است که وزن و ابعاد نمونه در خلال انجام آزمون ثابت می‌ماند. این فرض و بسیاری از موارد در اثر جدا شدن تکه‌هایی از نمونه درست نیست. با این حال  $P_c$  به دست آمده برای مقایسه مدول دینامیکی الاستیسیته‌های مختلف با فرمولاسیون بتنی متفاوت مناسب است.

### ۹-۲ پارامتر دوام

پارامتر دوام را با رابطه (۲) محاسبه کنید:

$$DF = PN / M \quad (2)$$

که در آن :

DF پارامتر دوام برای نمونه آزمایشی؛

P مدول الاستیسیته دینامیکی نسبی در N چرخه بر حسب درصد؛

N تعداد چرخه‌هایی که در آن P به حداقل مقدار مشخص شده برای خاتمه انجام آزمون می رسد، یا تعداد چرخه‌هایی که آزمون یخبندان بعد از آن خاتمه می یابد ( هر کدام کمتر است )؛  
M تعداد چرخه‌هایی که آزمون یخبندان بعد از آن خاتمه می یابد، هستند.

### ۳-۹ درصد تغییر طول

درصد تغییر طول را با استفاده از رابطه (۳) محاسبه کنید:

$$L_0 = \frac{(L_2 - L_1)}{L_g} \times 100 \quad (3)$$

که در آن :

$L_0$  تغییر طول نمونه آزمونی بعد از C چرخه یخبندان؛

$L_1$  طول قرائت شده در صفر چرخه؛

$L_2$  طول قرائت شده بعد از C چرخه؛

$L_g$  طول موثر با توجه به مشخصات استاندارد ASTM C490، هستند.

### ۱۰ گزارش آزمون

گزارش باید شامل اطلاعاتی نظیر موارد ذیل که به متغیرهای مطالعه شده در این آزمون‌ها مربوط بوده یا ترکیبی از آنها است، باشد:

۱-۱۰ ارجاع به این استاندارد

۲-۱۰ خواص مخلوط بتن

۱-۲-۱۰ نوع و نسبت سیمان ، سنگدانه ریز و درشت و نیز حداکثر اندازه و دانه بندی مصالح ( مشخصه لازم بری طراحی) و نسبت آب به سیمان

۲-۲-۱۰ نوع و نسبت هر افزودنی و یا ماده مضاعف بکار رفته

۳-۲-۱۰ مقدار هوای موجود در بتن تازه

۴-۲-۱۰ وزن واحد حجم بتن تازه

۵-۲-۱۰ قوام بتن تازه

۶-۲-۱۰ مقدار هوای موجود در بتن سخت شده

۷-۲-۱۰ اگر نمونه آزمونی از بتن سخت شده بریده می شود در گزارش ذکر گردد. در این صورت اندازه، شکل و نحوه قرار گیری نمونه ها در سازه و سایر اطلاعات مفید باید در گزارش قید گردد.

۸-۲-۱۰ مدت عمل‌آوری

۱۰-۳ نحوه مخلوط کردن، قالب گیری، عمل آوری که در بند ۷ توضیح داده شده باید در گزارش قید گردد. و اگر در موارد دستورالعمل استاندارد رعایت نشده باید در گزارش آورده شود.

۱۰-۴ روش انجام آزمایش - گزارش کنید که روش الف یا روش ب به کار رفته است.

۱۰-۵ مشخصات نمونه های آزمون

۱۰-۵-۱ ابعاد نمونه ها قبل از شروع چرخه های یخ زدن و ذوب شدن

۱۰-۵-۲ وزن نمونه ها قبل از شروع چرخه های یخ زدن و ذوب شدن

۱۰-۵-۳ طول اسمی بین انتهای گل میخ های سنجه که بر روی نمونه نشانده شده است.

۱۰-۵-۴ هر عیبی که قبل از شروع چرخه های یخ زدن و ذوب شدن در نمونه وجود دارد.

۱۰-۶ نتایج

۱۰-۶-۱ مقادیر پارامتر دوام برای هر نمونه به نزدیکترین عدد صحیح و میانگین پارامتر دوام برای هر گروه از نمونه های مشابه نیز به نزدیکترین عدد صحیح محاسبه می شوند. درج مقادیر حداقل مدول دینامیکی نسبی و حداکثر تعداد چرخه ها نیز لازم است.

۱۰-۶-۲ مقادیر درصد تغییر طول هر نمونه و درصد تغییر طول میانگین برای هر گروه از نمونه های مشابه

۱۰-۶-۳ مقادیر کاهش و یا افزایش وزن برای هر نمونه و میانگین مقادیر برای هر گروه از نمونه های مشابه

۱۰-۶-۴ هر گونه عیبی که در طی انجام آزمون به وجود آید با ذکر شماره چرخه هایی که این خرابی ها مشاهده شده، گزارش شود.

یادآوری - توصیه شده است که نتایج آزمون بر روی هر نمونه و میانگین نتایج انجام آزمون روی هر گروه از نمونه های مشابه بصورت منحنی هایی ترسیم شود که در آنها مقادیر مدول الاستیسیته در برابر زمان (زمان نشان دهنده تعداد چرخه های یخبندان می باشد) نشان داده شود.

۱۱ دقت

۱۱-۱ مدول های دینامیکی

۱۱-۱-۱ دقت در یک آزمایشگاه ( برای مصالح تیرهای منفرد)

معیار پذیرش نتایج آزمون های انجام شده به دو روش در یک آزمایشگاه روی نمونه های بتنی که از یک توده بتنی، یا از دو توده بتنی ساخته شده از مواد یکسان گرفته شده اند در جدول ۱ ارائه شده است. دقت داده های تغییر طول فعلا قابل دسترس نیست.

یادآوری ۱- دقت پارامتر های دوام در توده های مختلف در یک توده یکسان است. بنابراین حدودی که در مورد دقت انجام آزمون داده شده است قابل استفاده در نمونه هایی است که از توده های مختلف تهیه شده است. به شرطی که مواد، طرح اختلاط و میزان هوای این توده ها مشابه نمونه های حاصل از همین توده باشد.

یادآوری ۲- برای دو روش الف و ب دقت انجام آزمون ها عمدتاً به میانگین پارامتر دوام بستگی دارد، و به بیشترین مقدار  $N$  یا کمترین مقدار  $P$  که بر خاتمه دادن به آزمون ها لازم است یا به اندازه تیر بستگی ندارد. داده های ارائه شده حداکثر مقدار  $N_s$  از ۱۰۰ تا ۳۰۰ چرخه و حداقل مقدار  $P_s$  از ۵۰ تا ۷۰ درصد  $E_0$  را در بر می گیرند، بنابر این اندیس های دقت فوق الذکر حداقل در این محدوده ها معتبر است.