



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۲۰۳۴۶

چاپ اول

۱۳۹۴

INSO

20346

1st.Edition

2016

بتن سبک - تعیین مقاومت بتن هوادار  
اتوکلاو شده در برابر یخ زدن و آب شدن  
(چرخه یخ گشایی) - روش آزمون

**Lightweight Concrete-Determination of  
the Freeze-Thaw Resistance of  
Autoclaved Aerated Concrete-Test  
Method**

ICS:90.100.30

## 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 پیشنهادهای 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 تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<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 استاندارد 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، آزمایشگاه 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 سبک-تعیین مقاومت بتن هوادار اتوکلاوشده در برابر یخ زدن و آب شدن (چرخه یخ

گشایی)- روش آزمون»

### رئیس:

همتیان، عباس

(کارشناسی مهندسی راه و ساختمان)

### سمت و/یا نمایندگی

واحد تولیدی پرین بتن آمود

### دبیر:

وفائی، ولی

(کارشناسی شیمی)

اداره کل استاندارد استان خراسان رضوی

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

آباده، رضا

(کارشناسی زمین شناسی)

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان

اسماعیلی، سمانه

(کارشناسی ارشد شیمی آلی)

واحد تولیدی هبلکس رضوی- واحد مشهد

پیل وار، امیر رضا

(دکترای مهندسی عمران)

واحد تولیدی پوشش ساختمان

ثقفی، حمید رضا

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان

داودی، امیر

(کارشناسی ارشد شیمی)

واحد تولیدی هبلکس رضوی- واحد بیرجند

شبان، جواد

(کارشناسی مدیریت صنعتی)

واحد تولیدی هبلکس رضوی- واحد مشهد

عباسی هرفته، غلام رضا

(کارشناسی شیمی)

اداره کل استاندارد خراسان رضوی

کبوتری، مهدی

(کارشناسی مهندسی عمران)

آزمایشگاه همکار پی تحکیم

نگاری، منیره

(کارشناسی ارشد شیمی معدنی)

واحد تولیدی پرین بتن آمود

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ج	آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران
د	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش‌گفتار
ز	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف و نمادها
۴	۴ اصول آزمون
۴	۵ وسایل
۵	۶ نمونه‌برداری، تهیه و آماده‌سازی آزمون
۷	۷ روش انجام آزمون
۹	۸ محاسبات و بیان نتایج
۱۱	۹ گزارش آزمون
۱۳	پیوست الف (اطلاعاتی) تعیین افت مقاومت فشاری علاوه بر کاهش جرم
۱۸	پیوست ب (اطلاعاتی) نمودار گردش کار آزمون چرخه یخ‌گشایی

## پیش‌گفتار

استاندارد «بتن سبک- تعیین مقاومت بتن هوادار اتوکلاو شده در برابر یخ زدن و آب شدن (چرخه یخ گشایی)- روش آزمون» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده است و در ششصد و بیست و دومین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۹۴/۱۱/۱۹ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان ملی استاندارد 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 صورت لزوم تجدید نظر خواهد شد و هرگونه پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

منبع و مأخذی که برای تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

DIN EN 15304: 2010, Determination of the Freeze-Thaw Resistance of Autoclaved Aerated Concrete.

## بتن سبک - تعیین مقاومت بتن هوادار اتوکلاوشده در برابر یخ زدن و آب شدن (چرخه

### یخ گشایی) - روش آزمون

#### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین مقاومت بتن هوادار اتوکلاوشده در برابر یخ زدن و آب شدن (چرخه یخ گشایی) می‌باشد.

این استاندارد برای فرآورده بتن سبک هوادار اتوکلاوشده، که بر طبق استاندارد ملی ایران شماره ۸۵۹۳ و EN 12602 تولید شده است، کاربرد دارد.

یادآوری: از این پس در این استاندارد به جای عبارت یخ زدن و آب شدن از عبارت چرخه یخ گشایی استفاده می‌شود.

#### 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 مدرک با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدرکی 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 ۸۵۹۴، بتن سبک - تعیین جرم حجمی خشک بتن هوادار اتوکلاوشده - روش آزمون

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۹۱۵۹، بتن سبک - تعیین درصد رطوبت بتن هوادار اتوکلاوشده - روش آزمون

۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۸۵۹۶، بتن سبک - تعیین مقاومت فشاری بتن هوادار اتوکلاوشده - روش آزمون

۴-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۸۵۹۳، بتن سبک - قطعات بتنی هوادار اتوکلاوشده - ویژگی‌ها

2-5 EN 12390-4, Testing hardened concrete — Part 4: Compressive strength — Specification for testing machines

2-6 BS EN 12602:2013, Prefabricated Reinforced components of Autoclaved Aerated concrete

### ۳ اصطلاحات و تعاریف و نمادها

در این استاندارد اصطلاحات ، تعاریف و نمادهای زیر به کار می‌رود.

۱-۳

#### نمایه های بالا و نمایه های پایین

$M$ : نماد مخصوص شناسایی آزمون اصلی می‌باشد که به صورت نمایه بالا<sup>۱</sup> نوشته می‌شود.

$r$ : نماد مخصوص شناسایی آزمون مرجع می‌باشد که به صورت نمایه بالا نوشته می‌شود.

$i$ : عدد شناسایی آزمون که به صورت نمایه پایین<sup>۲</sup> نوشته می‌شود.

۲-۳

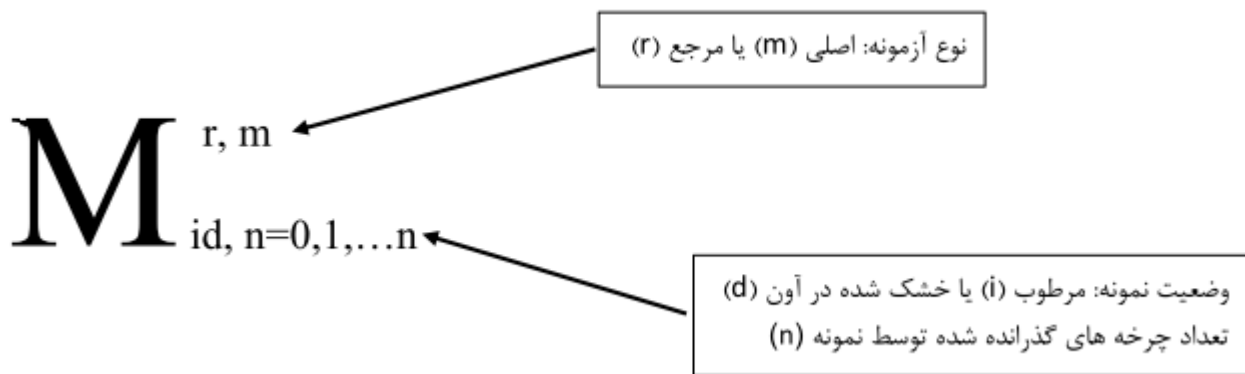
#### نمادها

۱-۲-۳

نماد  $M$  برای جرم و نماد  $H$  برای مقدار درصد رطوبت نمونه ها در نظر گرفته شده است.

۲-۲-۳

نمادهای استفاده شده در متن اصلی این استاندارد، به صورت کلی زیر بیان می‌شود که انواع آن در ادامه آورده شده است:



$M_{i,0}^r$  جرم مرطوب اولیه آزمون مرجع که بی درنگ بعد از خارج کردن آن از کیسه پلاستیکی اندازه‌گیری می‌شود.

$M_{i,n}^r$  جرم مرطوب آزمون مرجع که وضعیت نمونه را بی درنگ بعد از کامل شدن  $n$  چرخه یخ گشایی (که باید با  $M_{i,0}^r$  مساوی باشد) نشان می‌دهد.

<sup>1</sup> Superscript

<sup>2</sup> Subscript

$M_{id,n}^r$  جرم خشک آزمون مرجع که بی درنگ بعد از کامل شدن  $n$  چرخه یخ گشایی آزمون‌های اصلی اندازه گیری می‌شود.

$M_{i,0}^m$  جرم مرطوب اولیه آزمون اصلی که بی درنگ بعد از خارج کردن آن از کیسه پلاستیکی، قبل از شروع چرخه های یخ گشایی، اندازه گیری می‌شود.

$M_{i,n}^m$  جرم مرطوب آزمون اصلی که بی درنگ بعد از کامل شدن  $n$  چرخه یخ گشایی اندازه گیری شده است.  
 $M_{id,0}^m$  معادل جرم خشک آزمون اصلی می‌باشد که بی درنگ بعد از خارج کردن آن از کیسه پلاستیکی اندازه گیری شده است.

$M_{in,d}^m$  جرم خشک آزمون اصلی که بی درنگ بعد از کامل شدن  $n$  چرخه یخ گشایی اندازه گیری شده است.  
 $H_{i,0}^r$  مقدار رطوبت آزمون مرجع که بی درنگ بعد از خارج کردن آن از کیسه پلاستیکی اندازه گیری می‌شود.  
 $H_{i,0}^m$  مقدار رطوبت آزمون اصلی که بی درنگ بعد از خارج کردن آن از کیسه پلاستیکی اندازه گیری شده است.

$H_{i,n}^m$  مقدار رطوبت آزمون اصلی که بی درنگ بعد از کامل شدن  $n$  چرخه یخ گشایی، در پایان آزمون چرخه یخ گشایی، اندازه گیری می‌شود.

$\Delta M_{id,n}^m$  کاهش جرم آزمون اصلی خشک شده، بعد از کامل شدن  $n$  چرخه یخ گشایی.

۲-۲-۳

#### نمادهای مربوط به پیوست الف

$M_{i,fa}^r$  جرم مرطوب تکه‌های آزمون مرجع اشباع شده بی درنگ بعد از آزمون مقاومت فشاری.  
 $M_{i,fd}^r$  جرم خشک تکه‌های آزمون مرجع اشباع که تحت آزمون مقاومت فشاری قرار گرفته‌اند.  
 $M_{i,n2}^r$  جرم مرطوب آزمون اصلی اشباع شده بعد از اتمام  $n$  چرخه یخ گشایی و بعد از غوطه‌وری در آب، درنگ قبل از آزمون مقاومت فشاری (در صورت نیاز به سائیدگی، جرم قبل از سائیدگی در نظر گرفته شود).

$M_{i,fa}^m$  جرم مرطوب تکه‌های آزمون اصلی اشباع شده بی درنگ بعد از آزمون مقاومت فشاری.  
 $M_{i,fd}^m$  جرم خشک تکه‌های آزمون اصلی اشباع شده که تحت آزمون مقاومت فشاری قرار گرفته‌اند.  
 $H_{i,na}^r$  مقدار رطوبت آزمون مرجع اشباع شده بی درنگ بعد از آزمون مقاومت فشاری (فرض می‌شود با مقدار رطوبت قبل از آزمون مقاومت فشاری برابر باشد).

$H_{i,na}^m$  مقدار رطوبت آزمون اصلی اشباع شده بعد از به اتمام رسیدن  $n$  چرخه یخ گشایی، بی درنگ بعد از آزمون مقاومت فشاری.

$f_{ci,n}^m$  مقدار منفرد مقاومت فشاری آزمون اصلی بعد از تعداد مشخصی چرخه یخ گشایی و شرایط بعد از آن برطبق بند ۳-۲-۱ یا ۳-۲-۲ پیوست الف، برحسب مگاپاسکال.



$f_{ci,n}^r$  مقدار منفرد مقاومت فشاری آزمون مرجع مناسب، عمل آوری شده برطبق همان روش (برطبق بند ۳-۲-۱ یا ۳-۲-۲) و آزمون شده همزمان با آزمون اصلی، برحسب مگاپاسکال.  
 $f_{ci,rel}$  کاهش نسبی مقاومت فشاری آزمون اصلی به صورت درصدی از مقاومت فشاری اولیه.

#### ۴ اصول آزمون

آزمون‌های مکعبی (شامل دو گروه یکسان از آزمون‌های اصلی و آزمون‌های مرجع) از محصولات نمونه برداری شده از تولید، برش داده می‌شوند. آزمون‌ها به مدت  $(48 \pm 1)$  ساعت در آب قرار می‌گیرند تا اشباع شوند، سپس به مدت  $(24 \pm 1)$  ساعت در کیسه پلاستیکی یا مشابه آن قرار می‌گیرند که هم از خشک شدن آن‌ها جلوگیری شده و هم توزیع رطوبت در داخل آزمون‌ها یکنواخت گردد.

آزمون‌های اصلی برای انجام چرخه‌های چرخه یخ‌گشایی، حداقل به مدت ۸ ساعت در دمای  $(-15 \pm 2)$  درجه سلسیوس قرار گرفته و سپس حداقل به مدت ۸ ساعت در دمای  $(20 \pm 2)$  درجه سلسیوس و رطوبت نسبی بیشتر از ۹۵ درصد قرار می‌گیرند.

آزمون‌های مرجع در محفظه‌ای با دمای  $(20 \pm 5)$  درجه سلسیوس در شرایطی قرار می‌گیرند که از خشک شدن آزمون‌ها در طول چرخه نگه‌داری جلوگیری شود.

پس از تعداد مشخصی چرخه‌های یخ‌گشایی (که تعداد آن‌ها نباید کمتر از ۱۵ چرخه باشد) میزان کاهش جرم آزمون‌های اصلی تعیین می‌گردد. جرم حجمی خشک و مقدار درصد رطوبت، برای آزمون‌های مرجع نیز مشخص می‌شود. اگر افت مقاومت فشاری مورد نیاز باشد، باید مطابق پیوست الف تعیین می‌گردد.

#### ۵ وسایل

۵-۱ اهر نواری با تیغه از جنس کربوراندم<sup>۱</sup> یا الماس یا تجهیزات مشابه: برای برش آزمون‌ها.

۵-۲ ترازو با توانایی اندازه‌گیری جرم آزمون، با درستی ۰/۱ درصد جرم آزمون: برای وزن کردن آزمون‌ها.

۵-۳ کولیس با توانایی اندازه‌گیری حداقل ۱۰۰ میلی‌متر و درستی ۰/۱ میلی‌متر: برای اندازه‌گیری ابعاد آزمون‌ها.

۵-۴ ظرف مناسب: برای نگه‌داری آزمون‌ها (در طول دوره آب شدن) در آب با دمای  $(20 \pm 2)$  درجه سلسیوس.

۵-۵ کنترل کننده فاصله (فیلر): با توانایی اندازه‌گیری ۰/۱ میلی‌متر و در صورت نیاز، ۰/۵ میلی‌متر و ۱ میلی‌متر.

۵-۶ محفظه با توانایی حفظ دمای  $(20 \pm 2)$  درجه سلسیوس و رطوبت نسبی بیش از ۹۵ درصد: برای دوره آب شدن آزمون‌های اصلی.

<sup>1</sup> Carborundum

۵-۷ محفظه با توانایی حفظ دمای ( $20 \pm 5$ ) درجه سلسیوس و رطوبت نسبی بیش از ۹۵ درصد: برای نگه-داری آزمون‌های مرجع.

۵-۸ سرد کن با چرخش هوای داخلی و توانایی حفظ دما به صورت یکنواخت در ( $15 \pm 2$ ) درجه سلسیوس: برای دوره‌ی یخ زدن آزمون‌های اصلی.

۵-۹ گرم‌خانه خشک کننده تهویه‌دار، با توانایی حفظ دمای ( $10.5 \pm 0.5$ ) درجه سلسیوس برای خشک کردن آزمون‌ها.

۵-۱۰ خط کش با حداقل طول ۲۰۰ میلی‌متر و یک گونیا برای اندازه‌گیری ابعاد و تعیین میزان صافی سطح آزمون‌ها.

۵-۱۱ دستگاه آزمون مقاومت فشاری ترجیح داده می‌شود هیدرولیکی بوده و الزامات استاندارد EN 12390-4 را برآورده نماید.

یادآوری- محفظه رطوبت در بند ۵-۶ لزومی ندارد، کنترل کننده رطوبت باشد. به جای آن می‌توان برای جلوگیری از افت رطوبت، دو ساعت قبل از اتمام دوره آب شدن، آزمون‌های اصلی را به مدت یک ساعت زیر آب با دمای ( $20 \pm 5$ ) درجه سلسیوس و سپس به منظور یکنواخت شدن رطوبت در داخل آزمون‌ها، آن‌ها را به مدت یک ساعت قبل از شروع دوره یخ زدن، در هوای آزاد با دمای ( $20 \pm 5$ ) درجه سلسیوس قرار داد. این روش مخصوصاً در ترکیب با دستگاه‌های خودکار مناسب می‌باشد. باید اطمینان داشته باشید که درصد رطوبت آزمون‌ها قبل از شروع دوره یخ زدن بیش از حد نباشد.

## ۶ نمونه‌برداری، تهیه و آماده‌سازی آزمون

### ۶-۱ نمونه برداری

نمونه برای تهیه آزمون‌ها باید مطابق با روشی برداشته شود که نماینده محصول مورد بررسی باشد سپس آزمون‌ها باید مطابق شکل ۱، از نمونه برش داده شود.

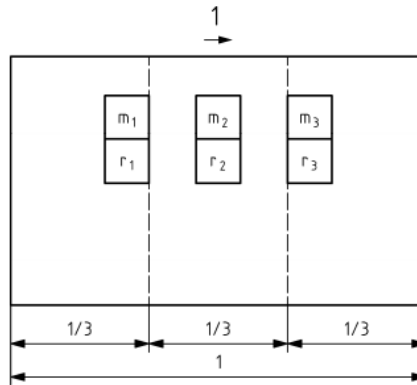
### ۶-۲ شکل و اندازه آزمون‌ها

آزمون‌ها باید مکعب‌هایی با اندازه‌های ابعادی ( $100 \pm 2$ ) میلی‌متر باشند.

### ۶-۳ تعداد آزمون‌ها

برای یک آزمون حداقل ۱۲ آزمون مورد نیاز است: ۶ آزمون اصلی و ۶ آزمون مرجع.

آزمون‌های اصلی برطبق بند ۷-۱ در معرض تعداد معینی چرخه یخ‌گشایی قرار می‌گیرند و کاهش جرم آن‌ها (طبق بند ۸-۳) و در صورت نیاز، افت مقاومت فشاری آن‌ها به علت قرار گرفتن در معرض این چرخه‌ها، تعیین می‌گردد (طبق پیوست الف).



راهنما:

- ۱- جهت رشد<sup>۱</sup>
- $m$  آزمون اصلی
- $r$  آزمون مرجع

شکل ۱- روش برش نمونه

آزمون‌های مرجع، برای تعیین مقدار رطوبت آزمون‌های اصلی، قبل از شروع چرخه‌های یخ‌گشایی و برای تعیین جرم حجمی خشک آن‌ها استفاده می‌شوند. همچنین اگر نیاز باشد از آن‌ها برای تعیین میزان افت مقاومت فشاری استفاده می‌شود.

**یادآوری-** قبل از انجام آزمون، برای هر رده مقاومتی بتن هوادار اتوکلاو شده نیاز به یک نمونه شاهد است تا بتوان رابطه‌ی دمای ذوب و یخ را برحسب زمان اندازه‌گیری کرد.

#### ۴-۶ تهیه آزمون‌ها

آزمون‌ها باید با اره نواری یا تجهیزات مشابه برش داده شود. سطوح آزمون‌ها نباید بیشتر از ۰/۵ میلی‌متر ناهمواری داشته باشد. مسطح بودن یا تخت بودن آزمون‌ها باید در دو قطر هر سطح نمونه، با استفاده از خط-کش و فیلر ۰/۵ میلی‌متری مورد بررسی قرار گیرد. زمانی که آزمون‌ها برای آزمون تعیین مقاومت فشاری استفاده می‌شوند، سطحی از آزمون‌ها که به آن نیرو وارد می‌شود نباید بیش‌تر از ۰/۱ میلی‌متر ناهمواری داشته باشد و زاویه بین سطحی که به آن بار وارد می‌شود و سطوح مجاور که با آن‌ها زاویه قائمه تشکیل می‌دهند، نباید بیش‌تر از ۱ میلی‌متر در ۱۰۰ میلی‌متر انحراف داشته باشد.

اگر لازم است اندازه‌گیری دوم باید در امتداد هر دو محور میانی قائم سطحی که به آن بار وارد می‌شود به وسیله یک گونیا و یک فیلر یک میلی‌متری یا ابزار مشابه کنترل شود.

**یادآوری-** اگر سطحی از آزمون اصلی که در آزمون تعیین مقاومت فشاری به آن نیرو وارد می‌شود، بعد از کامل شدن چرخه‌های یخ‌گشایی ناهموار شد، باید برای مسطح شدن تا ۰/۱ میلی‌متر سائیده شود.

<sup>1</sup> Direction of Rise

موقعیت آزمون‌ها در بلوکه، در جهت رشد، باید با شماره‌گذاری مشخص شود و جهت رشد باید روی آزمون‌ها مشخص شود.

تعداد مساوی از آزمون‌ها باید از یک سوم بالایی، یک سوم میانی و یک سوم پایینی، در جهت رشد و در راستای طول، مطابق شکل ۱ تهیه شود. به منظور مقایسه‌ی مطمئن، آزمون‌ها باید به صورت جفتی (آزمون‌های اصلی و آزمون‌های مرجع) از نواحی مجاور هم برش داده شود. آزمون‌ها باید به روش مناسبی قابل شناسایی بوده و به عنوان آزمون اصلی یا مرجع مشخص شود. به علاوه موقعیت آزمون‌ها در بلوکه و تعداد آزمون‌ها باید علامت گذاری شود.

#### ۵-۶ اندازه‌گیری آزمون‌ها و تعیین حجم آن‌ها

طول، عرض و ارتفاع آزمون‌ها باید در دو لبه هر ضلع با درستی  $0.1$  میلی‌متر، با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شود. اندازه‌ی هر ضلع برابر با میانگین دو اندازه‌گیری و حجم آزمون‌ها با ضرب کردن مقادیر میانگین محاسبه شود.

#### ۶-۶ آماده سازی آزمون‌ها

بعد از تهیه آزمون‌ها، آزمون‌های اصلی و آزمون‌های مرجع باید به مدت ۴۸ ساعت در زیر آب با دمای  $(20 \pm 2)$  درجه سلسیوس قرار بگیرند تا اشباع شوند. برای این منظور باید نیمی از ارتفاع  $(50 \pm 2)$  میلی‌متر آزمون‌ها به مدت  $(24 \pm 1)$  ساعت، در آب قرار گرفته و سپس به مدت ۲۴ ساعت کاملاً در آب غوطه‌ور شوند. سپس باید آزمون‌ها را از آب خارج نموده و به منظور جلوگیری از خشک شدن، آن‌ها را به مدت  $(24 \pm 1)$  ساعت در یک کیسه پلاستیکی قرار داده و اجازه دهید تا رطوبت آزمون‌ها به تعادل برسد.

#### ۷ روش انجام آزمون

##### ۷-۱ آزمون چرخه‌های چرخه یخ‌گشایی

آزمون‌های اصلی برای چرخه یخ‌گشایی، باید در سردکن با دمای  $(-15 \pm 2)$  درجه سلسیوس قرار بگیرند. بهتر است آزمون‌ها هنگام قرار دادن در داخل سردکن روی طبقات چوبی یا روی طبقات مشبک قرار بگیرند. فاصله بین آزمون‌ها از یکدیگر و فاصله آن‌ها با دیوار جانبی و فاصله‌ی آن‌ها با طبقه بالایی حداقل باید ۵۰ میلی‌متر باشد. دما در مرکز آزمون باید در مدت (۲ تا ۴) ساعت به صفر درجه سلسیوس برسد. بدین منظور این مورد باید قبل از شروع آزمون روی یک نمونه شاهد کنترل گردد. دوره یخبندان مدت زمانی است که طول می‌کشد تا مرکز آزمون به دمای  $(-15 \pm 2)$  درجه سلسیوس برسد و حداقل باید ۸ ساعت طول بکشد.

**یادآوری ۱-** دمای ابتدایی سرد کن (زمانی که نمونه‌ها در سرد کن قرار می‌گیرند) می‌تواند  $(2 \pm 15)$  - درجه سیلسیوس باشد و در صورتی که سامانه خودکار باشد، دمای سرد کن می‌تواند به تدریج از  $(2 \pm 20)$  درجه سیلسیوس به دمای تنظیم شده‌ی مورد نظر کاهش یابد.

در صورتی که سامانه خودکار باشد، آب شدن نمونه‌های اصلی بعد از چرخه یخ‌گشایی می‌تواند در داخل سردکن اتفاق بیفتد. نمونه‌های اصلی ترجیحاً باید روی طبقات مشبک قرار بگیرند و فاصله بین نمونه‌ها از یکدیگر و فاصله آن‌ها با دیواره و فاصله‌ی آن‌ها با طبقه بالایی حداقل باید ۵۰ میلی‌متر باشد. در طول دوره آب شدن، به منظور جلوگیری از کاهش رطوبت، رطوبت نسبی باید بالاتر از ۹۵ درصد نگه داشته شود. دمای نهایی محیط باید روی  $(2 \pm 20)$  درجه سیلسیوس حفظ شود. دمای مرکز نمونه‌ها باید در مدت (۴ تا ۶) ساعت به صفر درجه سیلسیوس افزایش یابد. این امر باید قبل از شروع آزمون روی یک نمونه شاهد، کنترل و بررسی شود.

دوره‌ی آب شدن مدت زمانی است که دمای مرکز نمونه به  $(2 \pm 20)$  درجه سیلسیوس برسد و حداقل باید در مدت زمان ۸ ساعت انجام شود.

**یادآوری ۲-** در مراحل اولیه‌ی آب شدن، مقداری کاهش رطوبت برای یک مدت کوتاه مجاز می‌باشد.

**یادآوری ۳-** سرعت مورد نیاز برای افزایش و یا کاهش دمای مرکز نمونه‌های اصلی می‌تواند با تغییر در میزان حجم باردهی و چرخش هوای سرد کن یا توسط یک سامانه کنترل خودکار به دست آید.

مراحل فوق یک چرخه یخ‌گشایی را کامل می‌کند.

هنگام توقف‌های اجباری آزمون، که نمونه‌ها باید در شرایط آب شدن قرار گیرد، می‌توان آن‌ها را در یک محفظه‌ی نگهداری در دمای  $(5 \pm 20)$  درجه سیلسیوس و رطوبت نسبی بیش‌تر از ۹۵ درصد قرار داد که از خشک شدن آن‌ها نیز جلوگیری شود. نمونه‌های مرجع در طول چرخه یخ‌گشایی نمونه‌های اصلی، باید در یک محفظه با دمای  $(5 \pm 20)$  درجه سیلسیوس و رطوبت نسبی بیشتر از ۹۵ درصد قرار بگیرند یا به جای آن می‌تواند در یک کیسه پلاستیکی با همان دما قرار داده شود. در این صورت رطوبت خود را نیز از دست نخواهند داد.

**یادآوری ۴-** اگر سامانه خودکار موجود نباشد، چرخه‌های ذوب و یخ می‌تواند با برنامه‌ریزی مناسب، به صورت دستی انجام شود: بدین منظور نمونه‌های اصلی را در ساعت ۱۶ (آخرین ساعت کاری) در سردکن و در ساعت ۸ صبح (اولین ساعت کاری) روز بعد آن‌ها را در محفظه آب شدن قرار دهید تا هر چرخه با ساعت کاری تنظیم شود. در آخر هفته نمونه‌ها باید در سردکن بمانند.

بعد از ۱۵ چرخه یخ‌گشایی و بعد از کامل شدن آزمون، هرگونه آسیب ظاهری که در نمونه‌های اصلی اتفاق افتاده است باید گزارش شود.

یادآوری ۵- دو نیم شدن آزمون‌های اصلی در طول چرخه‌های یخ گشایی نباید به عنوان آسیب حاصل از یخ زدن در نظر گرفته شود. این آزمون در نتیجه آزمون در نظر گرفته نخواهد شد.

#### ۲-۷ تعیین مقدار رطوبت واقعی و جرم حجمی خشک بتن هوادار اتوکلاو شده.

۱-۲-۷ جرم مرطوب آزمون‌های اصلی ( $M_{i,0}^m$ ) و جرم مرطوب آزمون‌های مرجع ( $M_{i,0}^r$ ) باید بی‌درنگ بعد از خارج کردن آن‌ها از کیسه پلاستیکی و قبل از شروع چرخه‌های یخ گشایی تعیین گردد.

۲-۲-۷ جرم مرطوب آزمون‌های اصلی ( $M_{i,n}^m$ ) و جرم مرطوب آزمون‌های مرجع ( $M_{i,n}^r$ ) باید بی‌درنگ بعد از کامل شدن  $n$  چرخه یخ گشایی تعیین گردد.

۳-۲-۷ بعد از کامل شدن  $n$  چرخه یخ گشایی، هم آزمون‌های مرجع و هم آزمون‌های اصلی، باید در یک گرم‌خانه خشک کننده با دمای ( $10.5 \pm 0.5$ ) درجه سلسیوس تا رسیدن به جرم ثابت خشک شوند تا جرم حجمی خشک آزمون‌های اصلی ( $M_{id,n}^m$ ) و مرجع ( $M_{id,n}^r$ ) بعد از  $n$  چرخه یخ گشایی تعیین گردد. از جرم خشک آزمون‌های مرجع برای تعیین میزان رطوبت بتن هوادار اتوکلاو شده قبل از آزمون چرخه‌های یخ گشایی بر طبق استاندارد ملی ایران شماره ۹۱۵۹ و محاسبه جرم حجمی خشک بر طبق استاندارد ملی ایران شماره ۸۵۹۴ استفاده می‌شود.

۴-۲-۷ اگر نیاز باشد، افت مقاومت فشاری نیز باید بر طبق روش ارائه شده در پیوست الف مشخص شود.

## ۸ محاسبات و بیان نتایج

### ۱-۸ محاسبه جرم حجمی خشک

این محاسبات باید بر طبق استاندارد ملی ایران شماره ۸۵۹۴ انجام شود.

جرم حجمی خشک هر آزمون اصلی و مرجع با تقسیم جرم خشک آزمون اصلی ( $M_{id,n}^m$ ) یا مرجع ( $M_{id,n}^r$ ) بر حجم آن با تقریب ۵ کیلوگرم بر متر مکعب محاسبه می‌شود. مقدار جرم حجمی میانگین سه آزمون، به عنوان نتیجه و با تقریب ۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب بیان می‌شود.

### ۲-۸ محاسبه مقدار رطوبت

این محاسبات باید بر طبق استاندارد ملی ایران شماره ۹۱۵۹ انجام شود.

مقدار رطوبت آزمون‌های مرجع ( $H_{i,0}^r$ ) قبل از شروع چرخه‌های یخ گشایی و بی‌درنگ بعد از خارج کردن آن‌ها از کیسه پلاستیکی، بر طبق معادله ۱ محاسبه و بر حسب درصد گزارش می‌شود:

$$H_{i,0}^r = 100 \times \frac{M_{i,0}^r}{M_{id,n}^r - 1} \quad (1)$$

که در آن:

$M_{i,0}^r$  جرم مرطوب اولیه آزمون مرجع، بی درنگ بعد از خارج کردن آن‌ها از کیسه پلاستیکی بر حسب گرم.  
 $M_{id,n}^r$  جرم خشک آزمون مرجع، بی درنگ بعد از کامل شدن  $n$  چرخه یخ گشایی مربوط به آزمون‌های اصلی

یادآوری- توجه داشته باشید که مقدار رطوبت آزمون‌های اصلی  $H_{i,0}^m$  با مقدار رطوبت آزمون‌های مرجع  $H_{i,0}^r$  مجاور برابر است.  
در صورت نیاز برای کنترل کاهش رطوبت در طول چرخه‌های یخ گشایی، مقدار رطوبت آزمون‌های اصلی  $H_{i,n}^m$  بعد از اتمام چرخه‌های یخ گشایی می‌تواند بر حسب درصد و بر طبق معادله ۲ محاسبه شود:

$$H_{i,n}^m = 100 \times \frac{M_{i,n}^m}{M_{id,n}^m} \quad (۲)$$

که در آن:

$M_{i,n}^m$  جرم مرطوب آزمون اصلی، بی درنگ بعد از کامل شدن  $n$  چرخه یخ گشایی بر حسب گرم.  
 $M_{id,n}^m$  جرم خشک آزمون اصلی بی درنگ بعد از کامل شدن  $n$  چرخه یخ گشایی نتایج هر کدام از آزمون‌ها باید با تقریب ۰/۱ درصد بیان شود. مقدار متوسط باید با تقریب ۱ درصد بیان شود.

### ۳-۸ محاسبه کاهش جرم

این محاسبات بر اساس کاهش جرم مربوط به آزمون‌های اصلی خشک شده می‌باشد. کاهش جرم، از اختلاف بین جرم خشک اولیه (محاسبه شده بر اساس اینکه آزمون‌های اصلی درصد رطوبت اولیه‌ی یکسانی با آزمون‌های مرجع مجاور دارند) و جرم خشک نهایی آزمون‌های اصلی که به طور مستقیم اندازه‌گیری شده‌اند، تعیین می‌گردد. فرض بر این است که درصد رطوبت اولیه آزمون‌های اصلی با آزمون‌های مرجع مجاور یکسان باشد. یادآوری- هنگامی که آزمون‌های اصلی و آزمون‌های مرجع به صورت دوتایی از نواحی مجاور یک بتن هوادار اتوکلاو شده، مطابق با بند ۶-۴، برداشته می‌شوند این فرض درست است.

معادل جرم خشک آزمون اصلی  $M_{id,0}^m$  بی درنگ بعد از خارج کردن آن‌ها از کیسه پلاستیکی، بر طبق معادله ۳ محاسبه می‌شود:

$$M_{id,n}^m = M_{i,0}^m \times \frac{M_{id,n}^r}{M_{i,0}^r} \quad (۳)$$

$M_{i,0}^m$  جرم مرطوب اولیه آزمون اصلی بی درنگ بعد از خارج کردن آن‌ها از کیسه پلاستیکی، قبل از شروع چرخه‌های یخ گشایی؛

$M_{id,n}^r$  جرم خشک آزمون مرجع بعد از کامل شدن  $n$  چرخه یخ گشایی بر حسب گرم؛

$M_{i,0}^r$  جرم مرطوب اولیه آزمون‌های مرجع بی درنگ بعد از خارج کردن آن‌ها از کیسه پلاستیکی.

افت جرمی آزمون‌های اصلی بعد از n چرخه یخ‌گشایی، برحسب درصد و برطبق معادله ۴ محاسبه می‌شود:

$$\overline{\Delta M_{i,n}^m} = 100 \times \left( 1 - \frac{M_{id,n}^m}{M_{id,0}^m} \right) \quad (۴)$$

$M_{id,0}^m$  معادل جرم خشک در نظر گرفته شده برای آزمون‌های اصلی بی‌درنگ بعد از خارج کردن آن‌ها از کیسه پلاستیکی، قبل از شروع چرخه‌های یخ‌گشایی.

$\overline{M_{id,n}^m}$  جرم خشک در نظر گرفته شده برای آزمون اصلی بعد از چرخه یخ‌گشایی بر حسب گرم. کاهش جرم متوسط  $\overline{\Delta M_{i,n}^m}$  به صورت مقدار میانگین و از روی کاهش جرم ۶ آزمون اصلی بیان می‌شود.

## ۹ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل موارد زیر باشد:

- ۹-۱ ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛
- ۹-۲ شناسه محصول؛
- ۹-۳ تاریخ تولید؛
- ۹-۴ سری ساخت؛
- ۹-۵ محل انجام آزمون، آزمایشگاه آزمون و یا شخص آزمون کننده؛
- ۹-۶ اندازه و موقعیت نسبی آزمون‌ها به همان صورتی که از بلوکه برش داده شده‌اند؛
- ۹-۷ تاریخ اولین و آخرین اندازه‌گیری؛
- ۹-۸ تعداد چرخه‌های یخ‌گشایی؛
- ۹-۹ جرم حجمی خشک آزمون‌های اصلی و مرجع به صورت انفرادی و مقدار میانگین آن‌ها؛
- ۹-۱۰ مقدار رطوبت آزمون‌های مرجع  $H_{i,0}^r$  به صورت انفرادی و مقدار میانگین آن‌ها  $\overline{H_0^r}$  قبل از شروع آزمون چرخه‌های یخ‌گشایی؛
- ۹-۱۱ اطلاعات مربوط به آزمون (سامانه دستی یا خودکار)، روش کنترل رطوبت در طول دوره آب شدن، روش عمل‌آوری آزمون‌ها قبل از آزمون مقاومت فشاری (در صورت نیاز)؛
- ۹-۱۲ مقدار رطوبت  $\overline{H_{i,n}^m}$  هر کدام از آزمون‌های اصلی و مقدار میانگین آن‌ها  $\overline{H_n^m}$  تا کامل شدن آزمون چرخه‌های یخ‌گشایی؛
- ۹-۱۳ جرم مرطوب آزمون‌های مرجع  $M_{i,0}^r$  بی‌درنگ بعد از خارج کردن آن‌ها از کیسه پلاستیکی، قبل از شروع آزمون چرخه یخ‌گشایی و جرم مرطوب  $H_{i,n}^r$  آزمون‌های مرجع که نشان دهنده‌ی وضعیت آن‌ها بی‌درنگ بعد از کامل شدن n چرخه یخ‌گشایی می‌باشد (در صورت نیاز)؛



- ۹-۱۴ کاهش جرم  $\Delta M$  هر کدام از آزمون‌های اصلی و مقدار میانگین آن‌ها  $\overline{\Delta M}$ ؛
- ۹-۱۵ کاهش جرم  $\Delta M$  هر کدام از آزمون‌های اصلی و مقدار میانگین آن‌ها  $\overline{\Delta M}$ ؛
- ۹-۱۶ مشاهدات ظاهری آزمون‌های مرجع قبل و بعد از انجام آزمون؛
- ۹-۱۷ روش استفاده شده برای عمل‌آوری آزمون‌ها برای آزمون مقاومت فشاری، بعد از چرخه های یخ گشایی (در صورت نیاز بر طبق پیوست الف)؛
- ۹-۱۸ مقاومت فشاری آزمون‌های اصلی و آزمون‌های مرجع (در صورت نیاز بر طبق پیوست الف)؛
- ۹-۱۹ مقدار رطوبت آزمون‌های اصلی و آزمون‌های مرجع بی‌درنگ بعد از آزمون مقاومت فشاری، زمانی که آزمون مقاومت فشاری در حالت اشباع انجام می‌شود، محاسبه مقادیر رطوبت آزمون‌های منفرد  $H_{i,na}^m$  و  $H_{i,na}^r$  و میانگین رطوبت  $\overline{H_{na}^m}$  و  $\overline{H_{na}^r}$  (در صورت نیاز بر طبق پیوست الف)؛
- ۹-۲۰ افت مقاومت فشاری  $f_{ci,rel}$  آزمون‌های اصلی منفرد و مقدار میانگین آن‌ها  $\overline{f_{ci,rel}}$  (در صورت نیاز بر طبق پیوست الف)؛
- ۹-۲۱ انحراف استاندارد از این روش آزمون.

## پیوست الف

### (اطلاعاتی)

#### تعیین افت مقاومت فشاری علاوه بر کاهش جرم

#### الف-۱ کلیات

این روش آزمون باید در جایی استفاده شود که افت مقاومت فشاری در ارتباط با کاهش جرم مورد نیاز است. این روش در بندهای اصلی این استاندارد باید با توجه به بندهای خاص و الزامات اضافی زیر دنبال شود. مقاومت فشاری می‌تواند هم برای نمونه‌های خشک شده در گرم‌خانه و هم در حالت اشباع انجام شود.

#### الف-۲ آزمون‌ها

##### ۱-۲ تعداد آزمون

بر طبق بند ۶-۳.

##### ۲-۲ آماده سازی آزمون‌ها

بر طبق بند ۶-۱

#### الف-۳ روش انجام آزمون

الف-۳-۱ آزمون چرخه‌های یخ‌گشایی بر طبق بند ۷.

الف-۳-۲ آماده سازی آزمون‌ها برای آزمون مقاومت فشاری بعد از چرخه‌های یخ‌گشایی.

الف-۳-۲-۱ آماده سازی آزمون‌ها برای آزمون مقاومت فشاری در حالت خشک.

بعد از کامل شدن تعداد مورد نیاز از چرخه‌های یخ‌گشایی (بند ۷-۱)، آزمون‌های اصلی باید در حالت مرطوب (مشابه  $M_{r,n}^m$  در بند ۷-۲-۲) وزن شود. سپس هم آزمون‌های اصلی و هم آزمون‌های مرجع باید در گرم‌خانه با دمای  $(10.5 \pm 0.5)$  درجه سلسیوس تا رسیدن به جرم ثابت خشک شده و دوباره وزن آن‌ها اندازه‌گیری شود (مشابه  $M_{id,n}^m$  و  $M_{id,n}^r$  در بند ۷-۲-۳).

اگر سطحی از آزمون‌های اصلی که قرار است به آن نیرو وارد شود ناهموار شده باشد، این آزمون‌ها باید قبل از مرحله قبلی آزمون مقاومت فشاری تا ۰٫۱ میلی‌متر تراشیده شوند. بعد از این مرحله آزمون‌ها باید تا رسیدن به وزن ثابت در دمای  $10.5 \pm 0.5$  درجه سلسیوس خشک شوند. قبل از آزمون مقاومت فشاری تمام آزمون‌ها باید حداقل به مدت ۵ ساعت در دمای محیط سرد شوند. در طول این مرحله، به منظور جلوگیری از جذب رطوبت، آزمون‌ها باید در یک کیسه پلاستیکی قرار بگیرند.

الف-۳-۲-۳ آماده سازی آزمون‌ها برای آزمون مقاومت فشاری در حالت اشباع

بعد از کامل شدن تعداد مورد نیاز از چرخه‌های یخ‌گشایی، آزمون‌های اصلی باید در حالت مرطوب وزن شود. سپس آزمون‌های اصلی در آب با دمای  $(20 \pm 2)$  درجه سلسیوس به مدت  $(24 \pm 1)$  ساعت قرار می‌گیرند تا

برای آزمون مقاومت فشاری آماده‌سازی شوند. بعد از خارج کردن آزمون‌ها از آب، رطوبت سطحی آزمون‌ها را با یک پارچه نخی خشک نمایید و به منظور یکنواخت شدن رطوبت در داخل آزمون‌های اصلی، قبل از آزمون مقاومت فشاری، به مدت ۲۴ ساعت آن‌ها را در داخل یک کیسه پلاستیکی قرار دهید. اگر سطح آزمون‌های اصلی که در آزمون مقاومت فشاری به آن بار وارد می‌شود ناهموار شده باشد، این سطح باید بی درنگ بعد از خارج کردن آزمون‌ها از کیسه پلاستیکی و دقیقاً قبل از آزمون مقاومت فشاری، تا صافی ۰/۱ میلی‌متر هموار شود.

### الف ۳-۳ آزمون تعیین مقاومت فشاری

#### الف ۳-۳-۱ تعیین مقاومت فشاری بر روی آزمون‌های خشک شده در گرم‌خانه

مقاومت فشاری باید در زمان یکسان روی همه آزمون‌های اصلی و مرجع بر طبق استاندارد ملی ایران شماره ۸۵۹۶ (بتن سبک- تعیین مقاومت فشاری بتن هوادار اتوکلاو شده- روش آزمون) انجام شود. سطح مقطع آزمون‌های اصلی باید از روی ابعاد اولیه اندازه‌گیری شده قبل از چرخه‌های یخ‌گشایی، بر طبق بند ۵-۶ محاسبه شود.

#### الف ۳-۳-۲ تعیین مقاومت فشاری آزمون‌های اشباع شده

مقاومت فشاری باید بر طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۸۵۹۶ (بتن سبک- تعیین مقاومت فشاری بتن هوادار اتوکلاو شده- روش آزمون) انجام شود. سطح مقطع آزمون‌های اصلی باید از روی ابعاد اولیه اندازه‌گیری شده قبل از چرخه‌های یخ‌گشایی، بر طبق بند ۵-۶، محاسبه شود.

به علاوه، جرم مرطوب آزمون‌های اصلی  $M_{i,n2}^m$  (بعد از غوطه‌وری در آب و یکنواخت شدن رطوبت در داخل آن‌ها) باید بی درنگ قبل از آزمون مقاومت فشاری تعیین شود. اگر سایش آزمون‌های اصلی نیاز باشد، جرم مرطوب آن‌ها  $M_{i,n2}^m$  باید قبل از ساییدگی تعیین شود.

همه آزمون‌های اصلی و مرجع، باید بی درنگ بعد از خارج کردن آن‌ها از کیسه پلاستیکی و در یک زمان، مورد آزمون قرار بگیرند.

جرم  $M_{i,n}^r$  (برطبق بند ۲-۲-۷) باید بی درنگ بعد از خارج کردن آزمون‌ها از کیسه پلاستیکی و قبل از آزمون مقاومت فشاری اندازه‌گیری شود. بی درنگ بعد از آزمون مقاومت فشاری، تمام تکه‌های جدا شده از آزمون، باید از تکه‌های بزرگتر آزمون‌های شکسته، با استفاده از یک برس جدا شود.

تکه‌های بزرگتر باید بی درنگ بعد از آزمون مقاومت فشاری (جرم مرطوب  $M_{i,fa}^m$  از تکه‌های آزمون اصلی و جرم مرطوب  $M_{i,fa}^r$  از تکه‌های آزمون مرجع اندازه‌گیری می‌شود) در گرم‌خانه با دمای  $10.5 \pm 0.5$  درجه سلسیوس تا رسیدن به جرم ثابت خشک شده و سپس دوباره وزن شوند (جرم خشک اندازه‌گیری شده

$M_{i,fd}^m$  از تکه‌های آزمون اصلی و جرم خشک اندازه‌گیری شده  $M_{i,fd}^r$  از تکه‌های آزمون مرجع اندازه‌گیری می‌شود).

برای اینکه نتیجه به دست آمده نماینده آزمون باشد، درصد رطوبت کل تکه‌های بزرگتر باید حداقل ۸۰ درصد مقدار رطوبت آزمون قبل از آزمون مقاومت فشاری باشد.

#### الف - ۴ بیان نتایج آزمون

الف-۴-۱ محاسبه افت مقاومت فشاری آزمون‌های اصلی

افت نسبی مقاومت فشاری آزمون‌های اصلی به صورت درصد مقاومت فشاری اولیه، با استفاده از معادله الف ۱ و با تقریب ۰/۱ درصد، محاسبه می‌شود:

$$f_{ci,rel} = \left( 1 - \frac{f_{ci,n}^m}{f_{ci,n}^r} \right) \quad (\text{الف ۱})$$

که در آن:

$f_{ci,n}^m$  مقدار منفرد مقاومت فشاری آزمون اصلی بعد از چرخه‌های یخ‌گشایی که برطبق بندهای الف ۳-۲-۱ و الف ۳-۲-۲ عمل‌آوری شده، برحسب مگاپاسکال

$f_{ci,n}^r$  مقدار منفرد مقاومت فشاری آزمون‌های مرجع عمل‌آوری شده برطبق بندهای الف ۳-۲-۱ و الف ۳-۲-۲ و آزمون شده در همان شرایط آزمون‌های اصلی، برحسب مگا پاسکال

یادآوری- همانطور که در بند ۶-۴ توضیح داده شد آزمون‌ها باید به صورت جفتی (آزمون‌های اصلی و آزمون‌های مرجع) از مناطق مجاور بلوک‌ها برداشته شوند تا بتوانیم به خوبی آن‌ها را با هم مقایسه کنیم. به علاوه نتایج آزمون برای مقایسه بین آزمون‌ها استفاده می‌شود.

میانگین افت مقاومت فشاری  $f_{c,rel}$  به صورت مقدار میانگین افت مقاومت فشاری  $f_{ci,rel}$  آزمون‌های اصلی با تقریب ۱ درصد بیان می‌شود.

#### الف ۴-۲ تعیین کاهش جرم

الف ۴-۲-۱ اگر مقاومت فشاری باید برای نمونه‌های خشک شده در گرم‌خانه تعیین شود، برطبق بند ۸-۳ عمل نمایید.

الف ۴-۲-۲ اگر مقاومت فشاری باید برای آزمون‌های اشباع شده تعیین گردد، برطبق بند ۸-۳ عمل نمایید. جرم خشک آزمون اصلی بعد از تمام شدن چرخه‌های یخ‌گشایی، از معادله الف ۲ محاسبه می‌شود:

$$M_{id,n}^m = \frac{M_{i,n2}^m}{1 + \frac{H_{i,n2}^m}{100}} \quad (\text{الف ۲})$$

که در آن:

$M_{i,n}^m$  مقدار رطوبت آزمون‌های اصلی بعد از تمام شدن  $n$  چرخه یخ‌گشایی و بعد از غوطه‌وری در آب، قبل از آزمون مقاومت فشاری (اگر ساییدن نیاز باشد قبل از ساییدن این کار باید انجام شود).

$H_{i,n}^m$  مقدار رطوبت آزمون‌های اصلی بعد از تمام شدن  $n$  چرخه یخ‌گشایی، فوراً بعد از آزمون مقاومت فشاری که در بند الف ۴-۴ توضیح داده شده است.

جرم خشک آزمون مرجع بعد از تمام شدن  $n$  چرخه یخ‌گشایی، برطبق معادله الف ۳ محاسبه می‌شود:

$$M_{id,n}^r = \frac{M_{i,n}^r}{1 + \frac{H_{i,n}^r}{100}} \quad (\text{الف ۳})$$

که در آن:

$M_{i,n}^r$  جرم مرطوب آزمون مرجع که نشان دهنده وضعیت نمونه بعد از کامل شدن  $n$  چرخه یخ‌گشایی می‌باشد.

$H_{i,n}^r$  مقدار رطوبت آزمون مرجع، بی‌درنگ بعد از آزمون مقاومت که در بند ۴-۴ پیوست الف توضیح داده شده است، برحسب درصد.

یادآوری - فرض می‌کنیم که مقدار رطوبت، که بی‌درنگ بعد از آزمون مقاومت فشاری اندازه‌گیری شده است با مقدار رطوبت آزمون قبل از آزمون، برابر است.

#### الف ۳-۴ محاسبه جرم حجمی خشک

بر طبق بند ۷-۱ عمل نمایید.

هنگام تعیین جرم حجمی خشک بتن هوادار اتوکلاو شده با استفاده از آزمون‌های اشباع که تحت آزمون مقاومت فشاری قرار گرفته‌اند (بند ۲-۲-۳ را ببینید)، حجم تکه‌ها با ضرب حجم اولیه  $V_i$  آزمون با نسبت جرم مرطوب تکه‌ها که مستقیماً بعد از آزمون مقاومت فشاری مشخص شده‌اند و جرم مرطوب آزمون‌هایی که بی‌درنگ قبل از آزمون مقاومت مشخص شد محاسبه می‌شود. جرم حجمی خشک با تقسیم جرم خشک تکه‌ها بر حجم آنها محاسبه می‌شود.

#### الف ۴-۴ محاسبه مقدار رطوبت

بر طبق بند ۷-۲ عمل نمایید.

علاوه بر زمانی که عمل آوری با استفاده از آزمون‌های اشباع قرار گرفته تحت آزمون مقاومت فشاری (بند ۳-۲-۲ را ببینید)، مقدار رطوبت  $H_{i,n}^m$  آزمون‌های اصلی بعد از اتمام چرخه‌های یخ‌گشایی، بی‌درنگ بعد از آزمون مقاومت فشاری برحسب درصد و با استفاده از معادله الف ۴ محاسبه می‌شود:

$$H_{i,na}^m = 100 \times \left( \frac{M_{i,fa}^m}{M_{i,fd}^m} - 1 \right) \quad (\text{الف ۴})$$

که در آن:

$M_{i,fa}^m$  جرم مرطوب تکه‌های آزمون اصلی بی‌درنگ بعد از آزمون مقاومت فشاری.

$M_{i,fd}^m$  جرم خشک تکه‌های آزمون اصلی که آزمون مقاومت فشاری بر روی آن انجام شده است.

مقدار رطوبت  $H_{i,na}^r$  آزمون مرجع بی‌درنگ بعد از آزمون مقاومت فشاری، برحسب درصد و برطبق معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$H_{n,a}^i = 100 \times \left( \frac{M_{i,fa}^r}{M_{i,fd}^r} - 1 \right) \quad (\text{الف ۵})$$

که در آن:

$M_{i,fa}^r$  جرم مرطوب تکه‌های آزمون مرجع بی‌درنگ بعد از انجام آزمون مقاومت فشاری.

$M_{i,fd}^r$  جرم خشک تکه‌های آزمون مرجع که آزمون مقاومت فشاری روی آن انجام شده است.

پیوست ب

(اطلاعاتی)

نمودار گردش کار آزمون چرخه یخ گشایی

راهنمای مرحله به مرحله برای شمای کلی روش آزمون، با ارجاع به جزئیات روش آزمون در متن

اصلی استاندارد

نمونه برداری و تهیه آزمون-بند ۵

(۱) از یک بلوک بتن هوادار اتوکلاو شده یا بخش بزرگی از یک بلوک با اندازه کافی، استفاده کرده و همه آزمون‌ها را برش دهید، یا آزمون‌ها را از بلوک-های مجاور در یک قالب برش دهید تا نماینده آزمون باشد.

(۲) دوازده آزمون را مطابق با شکل ۱ برش داده و سطح آن‌ها را صاف نمایید.

(۳) تعداد مساوی از آزمون‌ها را از بالا، وسط و پایین بلوک و در جهت رشد برش دهید.

(۴) موقعیت آزمون‌ها را روی هر آزمون علامت‌گذاری نمایید.

آزمون‌ها را به دو گروه اصلی و مرجع تقسیم کرده و ۶ آزمون برای هر مجموعه قرار دهید.



(۱) ابعاد آزمون‌ها را اندازه بگیرید.

(۲) آزمون‌ها را به مدت ۴۸ ساعت مطابق دستور زیر در آب قرار دهید:

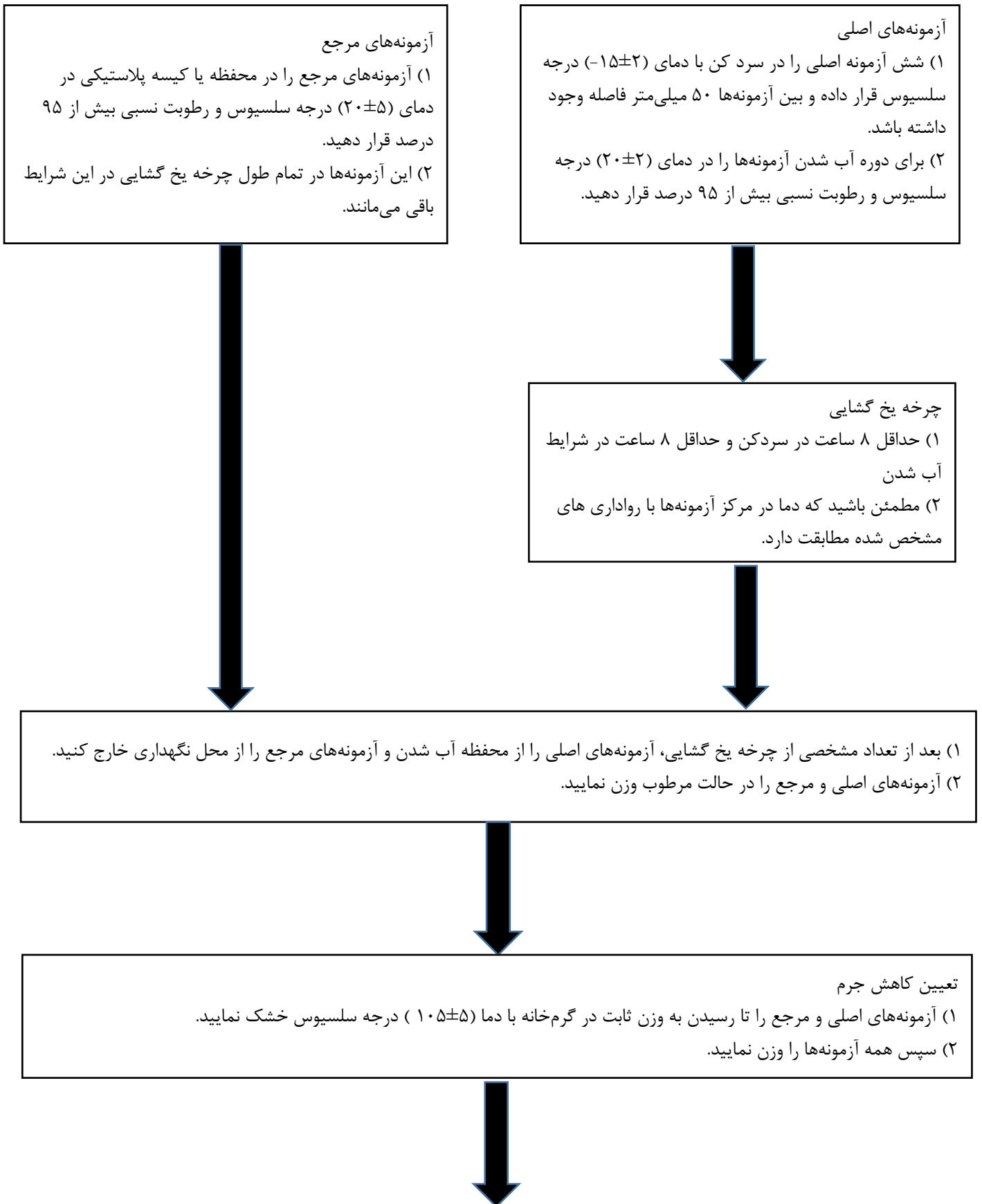
۲۴ ساعت اول: ۵۰ میلی‌متر از آزمون‌ها را در آب قرار دهید.

۲۴ ساعت دوم: آزمون را به طور کامل در آب قرار دهید.

(۳) آزمون‌ها را از آب خارج کرده و به مدت ۲۴ ساعت دیگر، در کیسه پلاستیکی قرار دهید.

(۴) آزمون‌ها را از کیسه پلاستیکی خارج کرده و وزن نمایید.

## روش آزمون-بند ۷





## نتایج آزمون-بند ۸

- (۱) تعیین جرم حجمی خشک و تعیین درصد رطوبت برطبق بند ۸-۱ و ۸-۲  
(۲) محاسبه کاهش جرم با استفاده از معادله ۸-۳

آزمون در حالت خشک:

- (۱) تمام آزمون‌ها مطابق روش اصلی آزمون تهیه و آزمون می‌شوند.  
(۲) تمام ۱۲ آزمون را مانند بالا در دمای  $(10.5 \pm 0.5)$  درجه سلسیوس تا رسیدن به جرم ثابت خشک نمایید.

آزمون در حالت اشباع:

- (۱) آزمون‌های اصلی برای آزمون مقاومت فشاری به طور کامل به مدت ۲۴ ساعت در آب اشباع می‌شوند.  
(۲) سپس سطوح را خشک نمایید.  
(۳) آن‌ها را در کیسه پلاستیکی به مدت ۲۴ ساعت قرار داده و بعد از خارج کردن، آن‌ها را وزن نمایید. مقاومت فشاری آزمون‌های اصلی (اشباع شده) و آزمون‌های مرجع (از محل نگهداری) برطبق استاندارد ۸۵۹۶ تعیین نمایید.

- (۱) بعد از خشک شدن نهایی، آزمون‌ها را وزن کرده و در کیسه پلاستیکی قرار دهید. (۲) اجازه دهید تا حداقل به مدت ۵ ساعت در دمای محیط بمانند.  
(۳) مقاومت فشاری را برطبق استاندارد ملی ایران به شماره ۸۵۹۶ تعیین نمایید.

- (۱) تکه‌های بزرگتر را از اجزای شکسته‌ی آزمون‌ها (حداقل ۸۰ درصد وزن اولیه) جمع‌آوری نمایید و همه تکه‌های شکسته را دور بریزید.

نتایج آزمون

- (۱) افت مقاومت فشاری بر طبق بند ۴-۱ پیوست الف  
(۲) کاهش جرم بر طبق بند ۴-۲ پیوست الف  
(۳) جرم حجمی خشک و مقدار درصد رطوبت بر طبق بند ۴-۳ و ۴-۴