



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran  
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۷۱۰۶

چاپ اول

اسفند ۱۳۹۲

INSO

17106

1st.Edition

Feb.2014

سنگدانه - تعیین پتانسیل واکنش‌زایی  
قلیایی - سیلیسی ترکیبات مواد سیمانی و  
سنگدانه (روش منشور ملات تسریع شده)  
- روش آزمون

**Aggregate- Determining the Potential  
Alkali-Silica Reactivity of Combinations  
of Cementitious Materials and Aggregate  
(Accelerated Mortar-Bar Method)- Test  
Method**

**ICS:91.100.30**

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه 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 موسسات 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 موسسات 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 موسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و موسسات را بر اساس ضوابط نظام تایید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهی نامه تایید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گران بها 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

«سنگدانه - تعیین پتانسیل واکنش‌زایی قلیایی - سیلیسی ترکیبات مواد سیمانی و سنگدانه (روش

منشور ملات تسریع شده) - روش آزمون»

### رئیس:

تدین ، محسن

(دکترای مهندسی عمران)

### سمت و / یا نمایندگی

بازرس انجمن بتن ایران و نماینده مهندسين مشاور

سیناب غرب

### دبیر:

حداد کلور ، حسین

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

کارشناس رسمی استاندارد و عضو هیات مدیره

انجمن ایرانی مهندسان محاسب ساختمان

### اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

امین پور، علی

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

نماینده انجمن ایرانی مهندسان محاسب ساختمان

مدیر آزمایشگاه کنترل کیفی سیمان تهران

ایزدپناه، عبدالرحیم

(کارشناس ارشد مهندسی شیمی)

قائم مقام دبیر انجمن شرکتهای ساختمانی ایران

خزاعی، فریدون

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

مدیر آزمایشگاه همکار استاندارد پاکدشت بتن

رحمتی ، علیرضا

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

پژوهشگر ارشد مرکز تحقیقات راه ، مسکن

وشهرسازی

رئیس قاسمی ، امیر مازیار

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

نماینده انجمن صنفی کارفرمایان صنعت سیمان

سازور، رسول

(کارشناس شیمی)

رئیس هیات مدیره انجمن صنفی تولیدکنندگان

بتن آماده و قطعات بتنی ایران

فروتن مهر، حسین

(کارشناس مهندسی عمران)

دبیر انجمن بتن ایران

پژوهشگر و کارشناس ارشد بتن در انستیتو  
مصالح ساختمانی دانشکده فنی دانشگاه تهران  
عضو هیات مدیره انجمن تولیدکنندگان مواد  
شیمیایی صنعت ساختمان

کلهری، موسی

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

نعمتی چاری، مهدی

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

هادوی، فیروز

(کارشناس ارشد شیمی)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش گفتار
۱	هدف و دامنه کاربرد ۱
۲	مراجع الزامی ۲
۳	وسایل ۳
۴	شناساگرها ۴
۴	شرایط محیطی ۵
۵	نمونه‌گیری و آماده سازی نمونه‌ها ۶
۷	روش انجام آزمون ۷
۸	محاسبات ۸
۹	گزارش آزمون ۹
۹	دقت و انحراف ۱۰
۱۱	پیوست الف (اطلاعاتی) تفسیر نتایج آزمون

## پیش‌گفتار

استاندارد «سنگدانه - تعیین پتانسیل واکنش‌زایی قلیایی- سیلیسی ترکیبات مواد سیمانی و سنگدانه (روش منشور ملات تسریع شده) - روش آزمون» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط در انجمن ایرانی مهندسان محاسب ساختمان تهیه و تدوین شده است و در چهارصد و هفتاد و یکمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۲/۱۱/۲۷ 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 C1567: 2013, Standard Test Method for Determining the Potential Alkali-Silica Reactivity of Combinations of Cementitious Materials and Aggregate (Accelerated Mortar-Bar Method)

## سنگدانه - تعیین پتانسیل واکنش‌زایی قلیایی - سیلیسی ترکیبات مواد سیمانی و سنگدانه (روش منشور ملات تسریع شده) - روش آزمون

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد تعیین پتانسیل واکنش مخرب قلیایی - سیلیسی ترکیبات مواد سیمانی و سنگدانه در منشورهای ملات و در مدت زمان ۱۶ روز است. مواد سیمانی ترکیبی از نسبت‌های مختلفی از سیمان هیدرولیکی، پوزولان‌ها و سرباره کوره آهن‌گدازی می‌باشد.

۱-۲ نتایج آزمون فقط برای ترکیبات خاصی از پوزولان، سرباره و سنگدانه‌های واکنش‌زا که آزمون می‌شود، معتبر است.

۱-۳ این روش آزمون، برای ارزیابی پتانسیل واکنش‌زایی مخرب ترکیبات سیمان هیدرولیکی و سنگدانه مناسب نیست (یعنی این روش در غیاب پوزولان‌ها یا سرباره کوره آهن‌گدازی کاربردی ندارد).

۱-۴ برای تعریف واژگان فنی مرتبط با بتن و سنگدانه به استاندارد بند ۲-۴ مراجعه نمایید.

۱-۵ چگالی نسبی (خشک شده در گرم‌خانه)، مطابق تعریف استاندارد بند ۲-۶ و ۲-۵ و به ترتیب برای سنگدانه‌های ریز و درشت به کار می‌رود.

۱-۶ این روش آزمون امکان ارزیابی قابلیت پوزولان‌ها و سرباره کوره آهن‌گدازی را در کنترل انبساط درونی مخرب ناشی از واکنش قلیایی - سیلیسی سنگدانه مورد استفاده در بتن، فراهم می‌آورد.

۱-۷ این روش آزمون برای ارزیابی ترکیبات مواد سیمانی معین با یک منبع سنگدانه واحد در یک ملات با نسبت‌های اختلاط استاندارد، ارزیابی شده است. این روش یک جواب تجربی می‌دهد که به منظور مقایسه با معیارها به کار برده می‌شود. در این معیارها، مشخصه‌هایی جهت پذیرش یا رد ترکیب مصالح ارزیابی شده برای یک کاربرد خاص ارزیابی شده است. در حال حاضر، این آزمون، برای آزمایش سنگدانه‌های ریز و درشت پیشنهادی به منظور استفاده در بتن، که به صورت همزمان در یک مخلوط ملات به کار می‌روند، روش کار استاندارد ندارد. هم‌چنین تا زمانی که اهمیت این تغییرات تعیین نشده است، این روش برای تغییر نسبت‌های اجزا ملات، فراتر از نسبت‌های هر یک از اجزا مصالح سیمانی نسبت به یکدیگر، روش استاندارد ندارد. هم‌چنین در این روش، برای ارزیابی نتایج آزمون انجام شده با اعمال این تغییرات، حدود مناسبی ارزیابی نشده است.

۱-۸ استفاده از این روش آزمون در مورد واکنش‌زایی بعضی انواع سنگدانه‌ها با پوزولان‌ها یا سرباره و سیمان هیدرولیکی کم‌قلیا در مقایسه با نتیجه حاصل در زمان بهره‌برداری و با استفاده از همان مصالح، ممکن است منجر به نتایج دست‌بالاتری شود.

۱-۹ ممکن است نیاز به آزمایش مقادیر متفاوتی از پوزولان و سرباره کوره آهن‌گدازی باشد تا بتوان مقدار مورد نیاز پوزولان و سرباره، به منظور کاهش انبساط به یک میزان قابل قبول را معین کرد. پوزولان‌ها و سرباره را می‌توان به صورت جداگانه یا در ترکیب با هم مورد آزمون قرار داد.

۱-۱۰ توصیه می‌شود که سنگدانه و سیمان هیدرولیکی مورد استفاده در این آزمون (بدون پوزولان‌ها و سرباره) مطابق استاندارد بند ۲-۱۶ مورد آزمون قرار گیرند.

۱-۱۱ ممکن است این روش آزمون، میزان انبساط ترکیبات سیمانی حاوی پوزولان‌ها با معادل قلیایی بیش از ۴٫۰ درصد اکسید سدیم را کمتر از واقعیت تخمین بزند. توصیه می‌شود چنین مصالحی با استفاده از استاندارد بند ۲-۱۷ آزمون شوند.

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 و قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آن را مشخص کند. در بند ۴، دستورالعمل احتیاطی ویژه ارائه شده است.

## 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 ۳۸۹: سال ۱۳۷۸، ویژگی‌های سیمان پرتلند

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲۹۳۰: سال ۱۳۸۳، بتن - مواد افزودنی شیمیایی - ویژگی‌ها

**2-3** ASTM C109/C109M, Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)

**2-4** ASTM C125, Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates

**2-5** ASTM C127, Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate

**2-6** ASTM C128, Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate

**2-7** ASTM C151/C151M, Standard Test Method for Autoclave Expansion of Hydraulic Cement

**2-8** ASTM C305, Standard Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency

**2-9** ASTM C490/C490M, Standard Practice for Use of Apparatus for the Determination of Length Change of Hardened Cement Paste, Mortar, and Concrete

**2-10** ASTM C494/C494M, Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete

**2-11** ASTM C511, Standard Specification for Mixing Rooms, Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes

**2-12** ASTM C618, Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete

**2-13** ASTM C670, Standard Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

**2-14** ASTM C989/C989M, Standard Specification for Slag Cement for Use in Concrete and Mortars



- 2-15 ASTM C1240, Standard Specification for Silica Fume Used in Cementitious Mixtures  
 2-16 ASTM C1260, Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method)  
 2-17 ASTM C1293, Standard Test Method for Determination of Length Change of Concrete Due to Alkali-Silica Reaction  
 2-18 ASTM C1437, Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar  
 2-19 ASTM D1193, Standard Specification for Reagent Water  
 2-20 ASTM E11, Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves

### ۳ وسایل

غیر از وسایل مندرج در استاندارد بند ۲-۹، وسایل زیر مورد نیاز است:

- ۳-۱ الک‌ها: الک‌های سیمی با چشمه‌های مربعی شکل که باید مطابق با استاندارد بند ۲-۲۰ باشد.  
 ۳-۲ مخلوط‌کن، پره و جام مخلوط‌کن: باید مطابق با استاندارد بند ۲-۸ باشد، به جز این که فاصله آزاد بین انتهای پایینی پره تا کف جام مخلوط‌کن باید  $(0.3 \pm 0.1)$  میلی‌متر باشد.  
 ۳-۳ میله تراکم (کوبه) و ماله: باید مطابق با استاندارد بند ۲-۳ باشد.  
 ۳-۴ محفظه‌ها: محفظه‌ها باید به گونه‌ای باشند که همه منشورها بتوانند کاملاً در آب و یا محلول هیدروکسید سدیم (NaOH) یک نرمال غرقاب شوند. محفظه‌ها باید از ماده‌ای ساخته شوند که بتوانند در برابر دمای ۸۰ درجه سلسیوس و محلول یک نرمال هیدروکسید سدیم به مدت طولانی پایداری نمایند (یادآوری ۱). همچنین محفظه‌ها باید به گونه‌ای ساخته شده باشند که در هنگام نگه‌داری آزمون‌ها، با کمک درپوش‌های آب بند، مواد آب بند یا هردو، از ورود و خروج رطوبت جلوگیری شود (یادآوری ۲). منشورها باید در محلول و روی تکیه‌گاه‌هایی قرار داده شوند، به گونه‌ای که محلول به تمام سطوح هر منشور برسد. بنابراین اطمینان حاصل کنید که آزمون‌ها با بدنه محفظه و یا با یکدیگر در تماس نباشند. اگر آزمون‌ها به صورت عمودی در محلول نگه‌داری می‌شوند، نباید روی گل میخ‌های فلزی مخصوص اندازه‌گیری تکیه داده شوند.

یادآوری ۱ - محلول هیدروکسید سدیم باعث خوردگی محفظه‌های شیشه‌ای یا فلزی می‌شود.

یادآوری ۲ - برخی ظروف مخصوص نگه‌داری مواد غذایی در میکروویو که از پلی پروپیلن یا پلی اتیلن با چگالی بالا ساخته شده‌اند برای این منظور مناسب هستند.

- ۳-۵ گرم‌خانه یا حمام آب: یک گرم‌خانه دارای تهویه یا حمام آب با کنترل دما برای ثابت نگه‌داشتن دما در محدوده  $(2.0 \pm 0.1)$  درجه سلسیوس.

## ۴ شناساگرها

۱-۴ هیدروکسید سدیم (NaOH): می توان از مواد با رده دارویی<sup>۱</sup> یا رده صنعتی<sup>۲</sup> استفاده نمود. توصیه می شود غلظت یون های  $OH^-$  و  $Na^+$  که با تجزیه و تحلیل شیمیایی مشخص می شوند، بین ۰/۹۹ نرمال تا ۱/۰۱ نرمال باشند.

۲-۴ خلوص آب: منظور از آب در این استاندارد، آب مطابق نوع IV استاندارد بند ۲-۱۹ است، جز این که به نوع دیگری از آب اشاره شده باشد.

۳-۴ محلول هیدروکسید سدیم: هر لیتر محلول شامل ۴۰/۰ گرم NaOH محلول در ۹۰۰ میلی لیتر آب می باشد که در آب مقطر یا آب یون زدایی شده اضافی، آن چنان رقیق می گردد تا یک لیتر محلول به دست آید. نسبت حجم محلول هیدروکسید سدیم به حجم منشورهای ملات در یک محفظه نگهداری باید  $4/0 \pm 0/5$  باشد. حجم یک منشور ملات را می توان ۱۸۴ میلی لیتر در نظر گرفت. محلول آزمون باید به اندازه کافی باشد تا از غرقاب کامل تمام منشورهای ملات اطمینان حاصل گردد.

هشدار- قبل از مصرف NaOH ملاحظات زیر در نظر گرفته شود: (۱) احتیاط های ایمنی لازم در مصرف هیدروکسید سدیم رعایت گردد (۲) کمک های اولیه برای سوختگی موجود باشد (۳) در صورت ریختن محلول روی پوست یا چشم، فوریت های پزشکی رعایت گردد. این موارد در دفترچه اطلاعات ایمنی شرکت تولید کننده مواد یا منابع اطلاعات ایمنی معتبر دیگر آمده است. هیدروکسید سدیم می تواند بر روی پوست و چشم های محافظت نشده، موجب آسیب و سوختگی های بسیار شدید گردد. همیشه باید از لوازم محافظت شخصی مناسب استفاده گردد. این لوازم شامل پوشش کامل صورت، عینک ایمنی، پیش بندهای لاستیکی و دستکش های نفوذ ناپذیر در برابر هیدروکسید سدیم می باشند. دستکش ها را باید به صورت دوره ای بازرسی نمود تا سوراخ ریزی در آن ها وجود نداشته باشند (استفاده از دستکش دو لایه توصیه می شود).

## ۵ شرایط محیطی

۱-۵ دمای اتاق قالب گیری و نگهداری مصالح خشک نباید کمتر از ۲۰ درجه سلسیوس و بیش تر از ۲۷/۵ درجه سلسیوس باشد. دمای آب اختلاط و اتاق یا محفظه مرطوب باید در محدوده  $(23 \pm 2)$  درجه سلسیوس باشد.

۲-۵ رطوبت نسبی اتاق قالب گیری نباید کمتر از ۵۰ درصد باشد. اتاق یا محفظه مرطوب باید مطابق استاندارد بند ۲-۱۱ باشد.

۳-۵ دمای گرم خانه یا حمام آب که آزمون ها در آن نگهداری می شوند باید در محدوده  $(80/0 \pm 2/0)$  درجه سلسیوس باشد.

1- USP Grade  
2- Technical Grade

## ۶ نمونه‌گیری و آماده سازی آزمونه‌ها

### ۱-۶ انتخاب سنگدانه

مصالح پیشنهادی به عنوان ریزدانه بتن مطابق بند ۶-۲ و با حداقل خرد شدگی باشد. فرآیند تهیه مصالح مورد استفاده به عنوان درشت‌دانه بتن، بدین‌گونه است که مصالح تا رسیدن به یک نمونه نزدیک به نسبت‌های مورد استفاده در عمل، خرد می‌شوند. نمونه مطابق جدول ۱ دانه‌بندی شود. دانه‌بندی درشت‌دانه‌ها در نمونه باید مطابق دانه‌بندی مورد استفاده در عمل باشد.

جدول ۱- الزامات دانه‌بندی سنگدانه‌ها

درصد وزنی	اندازه الک	
	مانده روی الک	عبوری از الک
۱۰	۲/۳۶ mm (نمره ۸)	۴/۷۵ mm (نمره ۴)
۲۵	۱/۱۸ mm (نمره ۱۶)	۲/۳۶ mm (نمره ۸)
۲۵	۶۰۰ μm (نمره ۳۰)	۱/۱۸ mm (نمره ۱۶)
۲۵	۳۰۰ μm (نمره ۵۰)	۶۰۰ μm (نمره ۳۰)
۱۵	۱۵۰ μm (نمره ۱۰۰)	۳۰۰ μm (نمره ۵۰)

۱-۱-۶ در مواردی که قرار است مصالح یک معدن هم به عنوان درشت‌دانه و هم به عنوان ریزدانه مصرف شوند، فقط مقداری از ریزدانه آزمون شود، مگر این‌که دلیلی مبنی بر تفاوت ترکیب ریزدانه و درشت‌دانه وجود داشته باشد. در مواقعی که این تفاوت در ترکیب انتظار می‌رود و چنان‌چه ممکن است که این تفاوت باعث تاثیر قابل ملاحظه بر انبساط ناشی از واکنش سنگدانه با مواد قلیایی موجود در سیمان و یا موجود در محیط بهره‌برداری شود، با همان روش آزمون به کار گرفته شده در مورد ریزدانه، درشت‌دانه را نیز مورد آزمون قرار دهید.

### ۲-۶ آماده سازی سنگدانه

سنگدانه‌ها را مطابق جدول ۱ دانه‌بندی نمایید. به‌منظور به دست آوردن مقدار کافی از سنگدانه‌های مورد نیاز در جدول ۱، سنگدانه‌ها را خرد کنید. در مواقعی که سنگدانه‌ها دارای مقدار کافی از یک یا چند بخش از اندازه‌های درشت‌تر از رایج شده در جدول ۱ نباشد و مصالح بزرگ‌تری نیز برای خرد کردن موجود نباشد، درصد اولین اندازه‌ای از سنگدانه که به مقدار کافی موجود است، باید برابر حاصل جمع درصد تجمعی مصالح درشت‌تر از آن الک و مطابق جدول ۱، مورد استفاده قرار گیرد. زمانی که مصالح به چنین روشی آماده می‌گردد، این نکته باید در گزارش آزمون، ذکر گردد. پس از این‌که سنگدانه‌ها بر اساس اندازه هر یک از الک‌ها جدا شدند، هر بخش روی الک با آب پاشی شسته شود تا گرد و غبار و دانه‌های ریز از سنگدانه‌ها جدا شود. سنگدانه باقی‌مانده روی هر یک از الک‌ها در گرم‌خانه خشک شده و در صورت عدم استفاده در همان زمان در آزمون، هر یک از بخش‌ها به صورت جداگانه در ظرف‌های تمیز و در پوش‌دار نگهداری شود.

### ۳-۶ انتخاب و آماده سازی سیمان

۱-۳-۶ سیمان هیدرولیکی - سیمان هیدرولیکی مورد استفاده باید مطابق استاندارد بند ۲-۱ باشد (یادآوری).  
به علاوه مقدار انبساط اتوکلاو مطابق استاندارد بند ۲-۷ باید کمتر از ۰٫۲۰ درصد باشد.  
یادآوری - تحقیقات نشان داده است که اثر فلیابی های سیمان روی مقدار انبساط این آزمون، ناچیز یا کم می باشند.  
۲-۳-۶ آماده سازی سیمان - برای استفاده از سیمان در این آزمون، ابتدا آن را از الک ۸۵۰ میکرومتر (نمره ۲۰) عبور دهید تا کلوخه های آن جدا شود.

### ۴-۶ انتخاب پوزولان یا سرباره کوره آهن گدازی

یک یا ترکیبی از موارد زیر را مورد استفاده قرار دهید:  
۱-۴-۶ خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی مطابق با استاندارد بند ۲-۱۲.  
۲-۴-۶ دوده سیلیس مطابق با استاندارد بند ۲-۱۵.  
۳-۴-۶ سرباره کوره آهن گدازی مطابق با استاندارد بند ۲-۱۴.

### ۵-۶ آماده سازی آزمونه ها

۱-۵-۶ تعداد آزمونه ها - برای هر ترکیب مصالح سیمانی - سنگدانه حداقل سه آزمونه ساخته شود.  
۲-۵-۶ آماده سازی قالب ها - قالب های آزمونه ها باید مطابق الزامات استاندارد بند ۲-۹ باشد. سطوح داخلی قالب ها باید با یک ماده رها ساز، پوشانده شود (یادآوری). ماده رها ساز در صورتی قابل قبول است که به عنوان یک ماده رها کننده و بدون هیچ گونه اثری بر زمان گیرش سیمان، عمل نماید. همچنین ماده رها ساز نباید اثری از خود باقی بگذارد تا مانع نفوذ آب به داخل آزمونه ها نشود.  
یادآوری - نوارهای TFE، فلئوئور کربن (تفلون) مطابق با الزامات مورد نیاز بوده و به عنوان یک ماده رها ساز قالب، قابل استفاده می باشد.

۳-۵-۶ نسبت اجزا ملات - برای ساخت ملات آزمون، مصالح خشک را به ترتیب زیر مخلوط کنید. یک قسمت وزنی مواد سیمانی (سیمان هیدرولیکی به اضافه پوزولان یا سرباره کوره آهن گدازی) را با ۲٫۲۵ قسمت وزنی سنگدانه دانه بندی شده مخلوط کنید. این ترکیب برای سنگدانه های با چگالی نسبی (خشک شده در گرم خانه) برابر یا بالاتر از ۲٫۴۵ به کار برده می شود. برای سنگدانه های با چگالی نسبی (خشک شده در گرم خانه) کمتر از ۲٫۴۵، نسبت سنگدانه را از معادله زیر به دست آورید:

$$\text{نسبت سنگدانه} = \frac{D}{2.45} \times 2.25$$

که در آن:

D چگالی نسبی (خشک شده در گرم خانه) سنگدانه آزمون می باشد.

۱-۳-۵-۶ برای سنگدانه های با چگالی نسبی (خشک شده در گرم خانه) برابر یا بالاتر از ۲٫۴۵، مقدار مصالح خشک که باید در یک زمان در ترکیب ملات مخلوط شود تا سه آزمونه به دست آید، شامل ۴۴۰ گرم مواد

سیمانی و ۹۹۰ گرم سنگدانه می‌باشد. سنگدانه‌ها باید مطابق مقادیر داده شده در جدول ۱، دانه‌بندی، آماده و مخلوط شوند. از نسبت وزنی آب به مواد سیمانی برابر ۰/۴۷ استفاده شود (یادآوری).

۲-۳-۵-۶ برای سنگدانه‌های با چگالی نسبی (خشک شده در گرم خانه) کمتر از ۲/۴۵، مقدار مصالح خشک که باید در یک زمان در ترکیب ملات مخلوط شود تا سه آزمون به دست آید، شامل ۴۴۰ گرم مواد سیمانی می‌باشد. وزن سنگدانه مربوطه بر حسب گرم، حاصل ضرب ۴۴۰ در نسبت سنگدانه به دست آمده در بند ۳-۵-۶ می‌باشد. سنگدانه‌ها باید مطابق مقادیر داده شده در جدول ۱، دانه‌بندی، آماده و مخلوط شوند. از نسبت وزنی آب به مواد سیمانی برابر ۰/۴۷ استفاده شود (یادآوری).

یادآوری-آزمون‌های مختلف نشان می‌دهد که در یک نسبت آب به سیمان ثابت، تغییرات انبساط منشورهای ملات، کمتر از زمانی است که میزان روانی، ثابت در نظر گرفته شود. مقدار جذب آب سنگدانه‌ها باید عیناً به آب اختلاط اضافه گردد زیرا اگر در محاسبه مقدار آب اختلاط، تنها از ضرب کردن نسبت آب به مواد سیمانی در مقدار مواد سیمانی استفاده گردد، فرض شده است که سنگدانه‌ها در حالت اشباع با سطح خشک قرار دارند.

۳-۳-۵-۶ در صورت استفاده از دوده سیلیس یا متاکائولن، یک فوق روان کننده/ فوق کاهنده آب مطابق بند ۳-۶-۸ استاندارد بند ۲-۲ یا نوع F مطابق با استاندارد بند ۲-۱۰ باید استفاده شود تا (در صورت لزوم) کارایی و روانی کافی برای مخلوط تامین گردد. نسبت وزنی آب به مواد سیمانی باید ۰/۴۷ باقی بماند و میزان فوق روان کننده/ فوق کاهنده آب باید به قدری باشد که روانی حاصل، حداکثر به میزان  $7.5 \pm$  درصد با روانی یک ملات کنترل بدون دوده سیلیس یا متاکائولن مطابق استاندارد بند ۲-۱۸ و با استفاده از ۱۰ ضربه میز روانی، تفاوت داشته باشد. اگر فوق روان کننده/ فوق کاهنده آب به صورت مایع استفاده شود، آب موجود در آن باید در محاسبات آب اختلاط در نظر گرفته شود.

۴-۵-۶ اختلاط ملات- ملات را مطابق با الزامات استاندارد بند ۲-۸ مخلوط نمایید.

۵-۵-۶ قالب‌گیری آزمون‌ها- در مدت زمانی مساوی یا کمتر از ۲ دقیقه و ۱۵ ثانیه پس از اتمام اختلاط اولیه مصالح ملات، آزمون‌ها را قالب‌گیری کنید. قالب‌ها را در دو لایه تقریباً مساوی پر کنید. هر لایه را با استفاده از کوبه متراکم کنید. ملات با استفاده از کوبه، در گوشه‌ها، اطراف گل میخ‌های اندازه‌گیری و جداره‌های قالب تا رسیدن به یک آزمون یکنواخت، متراکم گردد. پس از متراکم کردن لایه آخر، سطح ملات را با حرکت برشی، با لبه بالایی قالب تراز کرده و با کمک چند حرکت ماله، سطح آن صاف گردد.

## ۷ روش انجام آزمون

### ۱-۷ نگهداری و خوانش اولیه

هر یک از قالب‌ها را بلافاصله پس از قالب‌گیری، داخل محفظه یا اتاق رطوبت قرار دهید. آزمون‌ها باید به مدت  $(24 \pm 2)$  ساعت در قالب‌ها باقی بمانند. پس از این مدت، آزمون‌ها را از قالب‌ها خارج کنید و در حالی که در مقابل از دست دادن رطوبت محافظت می‌شوند، با دقت خوانش اولیه انجام گردد. خوانش اولیه و دیگر خوانش‌ها باید با دقت ۰/۰۰۲ میلی‌متر انجام و ثبت شود. آزمون‌هایی که با یک نمونه سنگدانه ساخته شده‌اند در یک

محفظه که به اندازه کافی حاوی آب آشامیدنی جهت غرقاب شدن کامل آزمون‌ها می‌باشد، قرار داده شوند. آبی که به منظور غرقاب سازی آزمون‌ها استفاده می‌شود، در زمان غرقاب سازی باید در دمای  $(23.0 \pm 2.0)$  درجه سلسیوس باشد. محفظه آب بندی شده به مدت  $(2 \pm 24)$  ساعت، درون گرم‌خانه یا حمام آب دارای دمای  $(80.0 \pm 2.0)$  درجه سلسیوس قرار داده شود.

### ۷-۲ خوانش صفر (مبنا)

هر یک از محفظه‌ها را در هر نوبت از گرم‌خانه یا حمام آب خارج نمایید. محفظه‌های بعدی را فقط وقتی می‌توان خارج نمود که منشوره‌های محفظه قبل خوانش شده و به داخل گرم‌خانه یا حمام آب برگردانده شده باشند. مدت زمان بین خروج و بازگشت آزمون‌ها به داخل گرم‌خانه یا حمام آب از ۱۰ دقیقه بیش‌تر نباشد. هر یک از منشورها را به نوبت از آب خارج نموده و با یک پارچه، سطح آن و مخصوصاً گل میخ‌های فلزی اندازه‌گیری واقع در دو انتهای آن را خشک نمایید. خوانش مبنای هر یک از منشورها را بلافاصله پس از خشک کردن آن‌ها انجام دهید و سپس به محفظه بازگردانید (یادآوری). کل فرآیند خشک کردن و خوانش، در مدت زمان  $(5 \pm 15)$  ثانیه پس از خروج آزمون از آب انجام شود. پس از خوانش، آزمون را روی یک پارچه قرار دهید تا خوانش بقیه منشورها انجام شود. تمام آزمون‌های ساخته شده از یک ترکیب خاص مواد سیمانی - سنگدانه را داخل یک محفظه جداگانه با مقدار کافی هیدروکسید سدیم یک نرمال، در دمای  $(80.0 \pm 2.0)$  درجه سلسیوس و به‌گونه‌ای که آزمون‌ها کاملاً غرقاب شوند، قرار دهید. محفظه را آب‌بندی نموده و به داخل گرم‌خانه یا حمام آب بازگردانید.

یادآوری - طول میله مرجع باید قبل از هر سری خوانش آزمون‌ها، خوانش گردد. زیرا احتمال دارد گرمای منشوره‌های بتنی باعث تغییر طول دستگاه اندازه‌گیری شده باشد.

### ۷-۳ خوانش و نگه‌داری بعدی

خوانش تغییر طول آزمون‌ها به صورت متناوب، با حداقل سه مرحله خوانش میانی، در طول مدت ۱۴ روز پس از خوانش مبنا و به طور تقریبی در یک زمان در هر روز، انجام گردد. اگر خوانش پس از ۱۴ روز نیز ادامه یابد، حداقل یک خوانش در هفته انجام گردد. روش خوانش مورد استفاده، همان روش مذکور در بند ۷-۲ می‌باشد، به جز این‌که آزمون‌ها پس از هر خوانش، به محفظه خود بازگردانده می‌شوند.

## ۸ محاسبات

۸-۱ تفاوت بین خوانش مبنا (صفر) و خوانش در هر دوره زمانی آزمون‌ها با تقریب  $0.001$  درصد طول موثر سنجه<sup>۱</sup>، محاسبه و به عنوان انبساط آزمون برای آن دوره ثبت می‌گردد. میانگین انبساط سه آزمون برای هر ترکیب مواد سیمانی - سنگدانه، با تقریب  $0.001$  درصد به عنوان انبساط آن ترکیب در آن دوره گزارش می‌شود.

## ۹ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل موارد زیر باشد:

- ۱-۹ شماره این استاندارد ملی ایران که آزمون بر اساس آن انجام شده است؛
- ۲-۹ نوع سنگدانه، معدن و محل تهیه سنگدانه؛
- ۳-۹ نوع سیمان هیدرولیکی و کارخانه تولید کننده سیمان هیدرولیکی؛
- ۴-۹ نوع پوزولان، منبع یا کارخانه تولید کننده و نسبت‌های پوزولان مصرفی؛
- ۵-۹ رده سرباره، منبع یا کارخانه تولید کننده و نسبت‌های سرباره کوره آهن گدازی؛
- ۶-۹ میزان انبساط اتوکلاو و قلیایی‌های موجود در سیمان به صورت درصد اکسید پتاسیم ( $K_2O$ )، اکسید سدیم ( $Na_2O$ ) و معادل قلیایی  $Na_2O$   $(Na_2O_{eq} = \% Na_2O + 0.658 \times \% K_2O)$ ؛
- ۷-۹ میانگین تغییر طول آزمون‌ها در هر خوانش بر حسب درصد؛
- ۸-۹ هرگونه اطلاعات اضافی مربوط به آماده سازی سنگدانه‌ها، شامل دانه‌بندی در صورتی که با مشخصات ارایه شده در بخش ۶-۲ متفاوت باشد؛
- ۹-۹ هرگونه شواهد ظاهری مفید در خصوص ارزیابی آزمون‌ها در طول آزمون و یا بعد از آن؛
- ۱۰-۹ مقدار آب اختلاط به صورت درصد وزنی نسبت به کل مواد سیمانی؛
- ۱۱-۹ نمودار میانگین تغییر طول آزمون‌ها از زمان خوانش مبنا تا انتهای دوره آزمون ۱۶ روزه؛
- ۱۲-۹ تاریخ تحویل نمونه به آزمایشگاه و تاریخ انجام آزمون؛
- ۱۳-۹ نام، نام خانوادگی و امضای آزمون‌گر؛
- ۱۴-۹ نام، نام خانوادگی و امضای تایید کننده نتایج آزمون.

## ۱۰ دقت و انحراف

- ۱-۱۰ عبارات دقت، به شرح زیر و از استاندارد بند ۲-۱۶ گرفته شده‌اند و بر اساس آزمون‌های بدون استفاده از پوزولان‌ها یا سرباره به دست آمده‌اند. این مقدار دقت‌ها برای کشورهای توسعه یافته محاسبه شده است.
- ۲-۱۰ دقت در یک آزمایشگاه- تحقیقات نشان داده است که متوسط ضریب تغییرات در یک آزمایشگاه برای مصالح با متوسط انبساط بیش از ۰/۱۰ درصد در مدت زمان ۱۴ روز، برابر ۲/۹۴ درصد (یادآوری) خواهد بود. بنابراین، نتایج دو آزمون درست انجام شده در یک آزمایشگاه روی آزمون‌های ساخته شده از یک نمونه سنگدانه، نباید بیش از ۸/۳ درصد (یادآوری) انبساط متوسط، با یکدیگر تفاوت داشته باشند.
- ۳-۱۰ دقت در چند آزمایشگاه- تحقیقات نشان داده است که متوسط ضریب تغییرات در چند آزمایشگاه برای مصالح با متوسط انبساط بیش از ۰/۱۰ درصد در مدت زمان ۱۴ روز، برابر ۱۵/۲ درصد (یادآوری) خواهد بود. بنابراین، نتایج دو آزمون درست انجام شده در دو آزمایشگاه متفاوت و روی آزمون‌های ساخته شده از یک نمونه سنگدانه، نباید بیش از ۴۳ درصد (یادآوری) انبساط متوسط، با یکدیگر تفاوت داشته باشند.
- یادآوری- این اعداد، به ترتیب بیانگر محدوده‌های ( $1s$ ) و ( $d2s$ ) مطابق استاندارد بند ۲-۱۳ هستند.

۱۰-۴ انحراف- از آنجایی که ماده مرجع قابل قبولی برای تعیین انحراف این روش آزمون وجود ندارد، هیچ عبارتی در مورد انحراف به وجود آمده، بیان نمی‌شود.



## پیوست الف

### (اطلاعاتی)

#### تفسیر نتایج آزمون

الف-۱ تطابق مناسبی بین تحقیقات انجام و آرایه شده در برخی منابع بین المللی و محدوده‌های انبساطی آرایه شده در زیر وجود دارد :

الف-۱-۱ ترکیبات سیمان با پوزولان یا سربراره کوره آهن گدازی و سنگدانه که انبساط کمتر از ۰/۱۰ درصد پس از ۱۶ روز از زمان قالب‌گیری دارند ، اگر که در بتن آزمون شوند، احتمالاً انبساط‌های قابل قبول ایجاد می‌کنند (مطابق روش آزمون استاندارد بند ۲-۱۷) و چنانچه در بتن و در شرایط کارگاهی استفاده شوند، احتمال ایجاد انبساط مخرب کم خواهد بود.

الف-۱-۲ ترکیبات سیمان با پوزولان یا سربراره کوره آهن گدازی و سنگدانه که انبساط بیش‌تر از ۰/۱۰ درصد پس از ۱۶ روز از زمان قالب‌گیری دارند، مستعد ایجاد انبساط‌های مخرب هستند. با این حال، پتانسیل ایجاد واکنش مخرب باید با آزمون آن ترکیب مصالح در بتن مورد تایید قرار گیرد (مطابق روش آزمون استاندارد بند ۲-۱۷). با جایگزینی درصد بیش‌تری از پوزولان یا سربراره کوره آهن گدازی و آزمون مجدد ترکیب مصالح، ممکن است بتوان میزان انبساط را کاهش داد.