



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۶۷۱۳

تجدید نظر اول

۱۳۹۳

INSO

6713

1st.Revision

2015

نمونه برداری و آزمون پوزولان های طبیعی  
یا خاکستر بادی برای مصرف به عنوان یک  
افزودنی معدنی در بتن حاوی سیمان  
پرتلند - روش های آزمون

**Sampling and Testing Fly Ash or Natural  
Pozzolans for Use  
in Portland-Cement Concrete - Test  
Methods**

**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 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) 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) 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

«نمونه‌برداری و آزمون پوزولان‌های طبیعی یا خاکستر بادی برای مصرف به عنوان یک افزودنی

معدنی در بتن حاوی سیمان پرتلند- روش‌های آزمون»

### رئیس:

نوری، نگین  
(کارشناس شیمی)

سمت و/ یا نمایندگی  
سازمان ملی استاندارد ایران

### دبیر:

ضرابی راد، راحله  
(کارشناس ارشد زمین‌شناسی)

دانشگاه پیام نور مرکز بجنورد

### اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

ایروانی، زکیه  
(کارشناس زمین‌شناسی)

آزمایشگاه همکار پی تحکیم مشهد

بهشتی، سید یحیی  
(کارشناس مهندسی تکنولوژی ساختمان)

شرکت تعاونی بتن آماده طلوع

حسینی عزیز، رقیه بی‌بی  
(کارشناس ارشد مهندسی شیمی)

آزمایشگاه همکار بیژن یورد

خوش اخلاق، علیرضا  
(کارشناس مهندسی معدن)

شازمان صنعت، معدن، تجارت

رحیمی، علی اکبر  
(کارشناس مهندسی عمران)

شرکت مهندسی مشاور عمران شاخص البرز

سرای، فتانه  
(کارشناس مهندسی شیمی)

جامعه مدیران کیفیت صنایع خراسان شمالی

شرقی، عبدالعلی  
(دکتری مهندسی عمران)

دانشگاه شهید بهشتی

صمدی شادلو، مهرداد  
(کارشناس مهندسی مواد- سرامیک)

شرکت کیفیت گستر بجنورد

عین آبادی، محمود  
(کارشناس مهندسی عمران)

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک خراسان شمالی،  
انجمن بتن خراسان شمالی

اداره کل استاندارد خراسان شمالی

فرجی، احمدرضا  
(کارشناس ارشد زمین شناسی)

اداره کل استاندارد خراسان شمالی

کریمی، الهه  
(کارشناس ارشد زمین شناسی)

شرکت پژوهشکده کیمیاگران ارتیان

گریوانی، زکیه  
(کارشناس ارشد شیمی کاربردی)

آموزش عالی مرکز اسفرااین

محمدی، محسن  
(دکتری فناوری اطلاعات)

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک

مهانپور، کاظم  
(دکتری شیمی کاربردی)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ج	آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران
د	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ز	پیش گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۳	۳ تعاریف و اصطلاحات
۴	۴ مواد
۵	۵ نوع و اندازه نمونه
۵	۶ روش نمونه برداری
۶	۷ آماده سازی و نگهداری نمونه‌ها
۶	۸ دوره تناوب آزمون
۶	۹ کلیات
۶	۱۰ درصد رطوبت
۷	۱۱ کاهش وزن در اثر سرخ شدن
۷	۱۲ سیلیس، اکسید آلومینیوم، اکسید آهن، اکسید کلسیم، اکسید منیزیم، تری اکسید گوگرد، اکسید سدیم، اکسید پتاسیم
۸	۱۳ قلیایی‌های در دسترس
۹	۱۴ آمونیاک
۹	۱۵ آزمون‌های فیزیکی
۱۵	۱۶ آب مورد نیاز
۱۶	۱۷ تاثیر خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی در کنترل واکنش قلیایی - سیلیسی
۱۶	۱۸ تاثیر خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی در افزایش مقاومت در برابر سولفات‌ها
۱۸	۱۹ دقت و اریبی
۲۰	پیوست الف (اطلاعاتی) تشریح بند ۱۷ و ۱۸ این استاندارد

## پیش‌گفتار

استاندارد «نمونه‌برداری و آزمون پوزولان‌های طبیعی یا خاکستر بادی برای مصرف به عنوان یک افزودنی معدنی در بتن حاوی سیمان پرتلند- روش‌های آزمون» نخستین بار در سال ۱۳۸۲ تدوین شد. این استاندارد بر اساس پیشنهادهای رسیده و بررسی توسط شرکت پژوهشکده کیمیاگران ارتیان و تایید کمیسیون‌های مربوط برای اولین بار مورد تجدید نظر قرار گرفت و در پانصد و هشتادمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۳/۱۲/۱۷ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه 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 تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۶۷۱۳ سال ۱۳۸۲ است.

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

ASTM C311/C311M: 2013, Standard Test Methods for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans for Use in Portland-Cement Concrete

# نمونه برداری و آزمون پوزولان های طبیعی یا خاکستر بادی برای مصرف به عنوان یک افزودنی معدنی در بتن حاوی سیمان پرتلند - روش های آزمون

## ۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش هایی برای نمونه برداری و آزمون خاکستر بادی، مواد خام یا پوزولان های کلسینه شده برای استفاده در بتن سیمان پرتلند است.

**یادآوری** - اندازه الکها توسط استاندارد بند ۲-۲۵ تعیین شده است. معرفی الکهای در داخل پراتنز در این استاندارد فقط جهت اطلاع بوده و استاندارد متفاوتی برای اندازه الکها ارائه نمی دهد.

۲-۱ این روش های آزمون برای گسترش داده ها در مقایسه با استانداردهای بند ۲-۲۱ و ۲-۲۴ استفاده می شوند. این روش های آزمون اساسی برای استاندارد کردن آزمون ها در آزمایشگاه هستند و قصد شبیه سازی شرایط کار را ندارند.

۳-۱ آزمون شاخص فعالیت مقاومت برای تعیین این که استفاده از خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی هنگام استفاده با سیمان هیدرولیک در بتن مقاومت قابل قبولی ارائه می دهد، استفاده می شود. از آن جا که این آزمون با ملات انجام می شود نتایج ممکن است همبستگی مستقیمی با تاثیر خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی در کسب مقاومت بتن نداشته باشد.

۴-۱ تعیین ترکیب شیمیایی و حدود قرار داده شده برای هر یک از این دو، عمل کرد خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی را با سیمان هیدرولیک در بتن پیش بینی نمی کند اما به توصیف ترکیب و یکنواختی مواد کمک می کند.

**هشدار** - این استاندارد تمام موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی کند، بنابراین وظیفه کاربر این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده، محدودیت های اجرایی آن را مشخص کند.

## ۲ مراجع الزامی

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

۱-۲ استاندارد ملی شماره ۳۰۲ سال ۱۳۸۲، سنگدانه های بتن - ویژگی ها

- ۲-۲ استاندارد ملی شماره ۱-۱۶۹۳ سال ۱۳۸۱، سیمان‌های هیدرولیکی - روش‌های آزمون شیمیایی قسمت اول - اندازه‌گیری عناصر فرعی
- ۳-۲ استاندارد ملی شماره ۲-۱۶۹۳ سال ۱۳۸۱، سیمان‌های هیدرولیکی - روش‌های آزمون شیمیایی قسمت دوم - اندازه‌گیری کلسیم اکسید آزاد
- ۴-۲ استاندارد ملی شماره ۳۸۹ سال ۱۳۷۸، ویژگی‌های سیمان پرتلند
- ۵-۲ استاندارد ملی شماره ۳۹۰ سال ۱۳۸۸، سیمان - تعیین نرمی سیمان هیدرولیکی با دستگاه نفوذپذیری هوا- روش‌های آزمون
- ۶-۲ استاندارد ملی شماره ۳۹۱ سال ۱۳۸۶، سیمان هیدرولیکی - تعیین انبساط به روش اتوکلاو- روش آزمون
- ۷-۲ استاندارد ملی شماره ۶۱۷۰ سال ۱۳۸۷، سیمان - تعیین هوای ملات سیمان هیدرولیکی - روش آزمون
- ۸-۲ استاندارد ملی شماره ۷۱۴۸ سال ۱۳۸۲، سیمان‌های هیدرولیکی - تعیین چگالی - روش آزمون
- ۹-۲ استاندارد ملی شماره ۱۰۴۴۵ سال ۱۳۸۶، ملات سیمان هیدرولیکی - اندازه‌گیری روانی - روش آزمون
- ۱۰-۲ استاندارد ملی شماره ۱۲۸۱۹ سال ۱۳۸۹، ماسه مرجع برای استفاده در آزمون سیمان‌های هیدرولیکی - ویژگی‌ها
- ۱۱-۲ استاندارد ملی شماره ۱۶۲۱۲ سال ۱۳۹۱، خاکستر کک و زغال سنگ - تعیین عناصر عمده و جزئی با استفاده از فلوئورسانس پرتو ایکس - روش آزمون
- 2-12** ASTM C109/C109M, Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)
- 2-13** ASTM C125, Terminology Relating to concrete and concrete aggregates
- 2-14** ASTM C157/C157M, Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete
- 2-15** ASTM C219, Terminology Relating to Hydraulic Cement
- 2-16** ASTM C226, Specification for Air-Entraining Additions for Use in the Manufacture of Air-Entraining Hydraulic Cement
- 2-17** ASTM 227, Test Method for Potential Alkali Reactivity of Cement-Aggregate Combinations (Mortar-Bar Method)
- 2-18** ASTM C430, Test Method for Fineness of Hydraulic Cement by the 45- $\mu$ m (No. 325) Sieve
- 2-19** ASTM 441, Test Method for Effectiveness of Pozzolans or Ground Blast-Furnace slag in Preventing Excessive Expansion of Concrete Due to the Alkali-Silica Reaction



- 2-20 ASTM C604, Test Method for True Specific Gravity of Refractory Materials by Gas-Comparison Pycnometer
- 2-21 ASTM C618, for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete
- 2-22 ASTM C670, Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials
- 2-23 ASTM C1012, Test Method for Length Change of Hydraulic- Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution
- 2-24 ASTM C1697, Specification for Blended Supplementary Cementitious Materials
- 2-25 ASTM D1426, Test Methods for Ammonia Nitrogen In Water
- 2-26 ASTM E11, Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves
- 2-27 ACI 201.2R Guide to Durable Concrete

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استانداردهای بند ۲-۱۳ و بند ۲-۱۵، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود:

#### ۱-۳

##### نمونه مرکب

نمونه‌ای که با مخلوط کردن بخش‌های مساوی از نمونه‌های منظم یا اتفاقی ساخته می‌شود.

#### ۲-۳

##### منبع تاییدشده

منبعی است که برای آن حداقل شش ماه گزارش‌های تضمین کیفیت تولید، به طور پیوسته با یک تناوب از آزمون‌های موردنیاز برای یک منبع جدید، در دسترس باشد.

#### ۳-۳

##### نمونه اتفاقی

نمونه‌ای است که در یک مرحله از نوار نقاله حمل از انبار فله یا از کیسه‌ها یا از محموله فله برداشته می‌شود. چنین نمونه‌ای ممکن است ترکیب یا خواص فیزیکی یک بهر<sup>۱</sup> منفرد از خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی را نشان دهد یا نشان ندهد. این نوع نمونه را می‌توان برای مشخص نمودن مقادیر کوچکی از مواد معدنی استفاده نمود.

#### ۴-۳

##### منبع جدید

منبعی که برای آن کم‌تر از شش ماه گزارش‌های تولید (نمونه‌برداری شده در منبع) در دسترس باشد.

## بهر

مقدار خاصی از پوزولان طبیعی یا خاکستر بادی است که برای بازرسی در هر زمان ارایه می‌شود. بهر ممکن است یک سیلوی انبار یا محتویات یک یا چند واحد حمل معرف افزودنی معدنی خارج شده از همان سیلوی انبار باشد.

## ۶-۳

## نمونه منظم

نمونه‌ای است که با مخلوط کردن بخش‌های مساوی از نمونه‌های اتفاقی که در زمان‌های یا محل‌های از پیش تعیین شده از هر بهر منفرد افزودنی معدنی ساخته می‌شود.

## ۴ مواد

۱-۴ ماسه استاندارد دانه‌بندی شده، ماسه مورد استفاده برای ساخت آزمون‌های آزمون برای شاخص فعالیت با آهک یا سیمان پرتلند که باید ماسه سیلیسی طبیعی مطابق با ویژگی‌های استاندارد بند ۲-۱۰ باشد.

**یادآوری** - جدا شدگی ماسه استاندارد - ماسه استاندارد دانه‌بندی شده باید به شکلی جابه‌جا شود تا از جدا شدگی جلوگیری گردد، زیرا تغییرات در دانه‌بندی ماسه باعث تفاوت‌هایی در غلظت ملات می‌شود. در خالی کردن ظروف یا پاکت‌ها باید توجه شود تا از تشکیل توده‌های ماسه یا حفره‌های ماسه در پایین شیب توده‌ها که ذرات درشت‌تر به طرف آن می‌لغزند جلوگیری شود. ظروف باید دارای اندازه کافی برای رعایت این نکات باشند. از خارج کردن ماسه از پاکت‌ها به کمک نیروی جاذبه اجتناب شود.

۲-۴ آهک هیدراته، آهک هیدراته مورد استفاده در آزمون‌ها باید هیدروکسید کلسیم خالص شیمیایی، با حداقل ۹۵٪ هیدروکسید کلسیم (یادآوری را ببینید) و دارای نرمی حداقل  $2500 \text{ m}^2/\text{kg}$  طبق استاندارد بند ۲-۵ باشد.

**یادآوری** - هیدروکسید کلسیم نباید در معرض دی‌اکسید کربن قرار بگیرد. پس از انجام آزمون مواد باقی‌مانده در ظرف در باز نباید برای آزمون‌های بعدی استفاده شود.

۳-۴ سیمان پرتلند، سیمان پرتلند مورد استفاده در آزمون شاخص فعالیت مقاومت با سیمان پرتلند باید با ویژگی‌های استاندارد بند ۲-۴ مطابقت داشته و دارای حداقل مقاومت فشاری ۲۸ روزه  $35 \text{ Mpa}$  باشد. کل قلیایی‌ها ( $\text{Na}_2\text{O} + 0.658 \text{ K}_2\text{O}$ ) نباید کم‌تر از ۰.۵٪ و بیش‌تر از ۰.۸۰٪ درصد باشد.

۱-۳-۴ استفاده از سیمان پرتلند قابل دسترسی در محل برای تعیین شاخص فعالیت مقاومت با سیمان پروژه‌ای که ویژگی‌های مواد لازم را ندارد، فقط به شرطی مجاز است که تفاوتی با الزامات بند ۴ گزارش شود و استفاده از چنین سیمان پرتلندی درخواست شده باشد.

## ۵ نوع و اندازه نمونه

۱-۵ نمونه‌های اتفاقی و نمونه‌های منظم باید دست کم دارای وزن ۲kg باشند.

۲-۵ نمونه‌های اتفاقی یا نمونه‌های منظم که در بندهای بالا شرح داده شده‌اند را در یک فواصل زمانی (جدول ۱ را ببینید) بردارید، می‌توانند با هم ترکیب شوند تا یک نمونه مرکب نماینده خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی تولید شده در طی دوره زمانی به دست آید.

۳-۵ نمونه‌های مرکب باید دست کم دارای وزن ۴kg باشند.

۴-۵ نمونه برداری باید توسط نماینده صلاحیت‌دار خریدار یا تحت راهنمایی او انجام گیرد.

### جدول ۱- حداقل تناوب نمونه برداری و آزمون<sup>۱</sup>

منبع تأیید شده <sup>۲</sup>	منبع جدید <sup>۲</sup> یا محل کارگاه	نوع نمونه	آزمون
روزانه یا هر ۴۰۰ تن <sup>(۲)</sup>	روزانه یا هر ۱۰۰ تن <sup>۳</sup>	منظم	- مقدار رطوبت - کاهش وزن در اثر سرخ شدن - نرمی
ماهانه یا هر ۳۲۰۰ تن <sup>(۲)</sup>	ماهانه یا هر ۲۰۰۰ تن <sup>(۳)</sup>	مرکب	چگالی و سایر آزمون‌ها طبق جدول ۱ و جدول ۲ استاندارد بند ۲-۲۱

۱- این نکته باید مورد توجه قرار گیرد که حداقل تناوب آزمون داده شده در جدول ۱ لزوماً تناوب مورد نیاز برای برنامه‌های کنترل کیفیت بر روی مقدار کمی خاکستر بادی یا پوزولان‌های طبیعی نیست.

۲- به بند ۳ مراجعه شود.

۳- هر کدام زودتر فرا رسد.

## ۶ روش نمونه برداری

۱-۶ خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی را می‌توان با یکی از روش‌های زیر نمونه برداری کرد:

۱-۱-۶ از انبار فله در محل تخلیه یا از واگن قطار و کامیون، نمونه را می‌توان با لوله مکش هنگام بارگیری یا با لوله نمونه‌گیر از هر کامیون بارگیری شده برداشت. اگر از بار در محل تخلیه به داخل کامیون یا واگن قطار نمونه برداری می‌شود باید قبل از نمونه برداری سطح بالایی را تا عمق حداقل ۲۰۰mm کنار زد. باید نمونه را حداقل با تاریخ و شماره محموله مشخص نمود.

۲-۱-۶ از کیسه‌های موجود در انبار - نمونه منظم باید از اجزایی با اندازه مساوی تشکیل شود که توسط لوله نمونه‌گیر از ۳ کیسه که به طور اتفاقی از یک بهر مواد انتخاب شده‌اند، برداشته شود. نمونه باید با تاریخ و شماره بهر مشخص گردد.

۳-۱-۶ از نوار نقاله منتهی به سیلوی فله - یک نمونه ۲kg یا بیشتر، از موادی که توسط نوار نقاله حمل می‌شوند بردارید. کل نمونه آزمایشی را می‌توان در یک مرحله برداشت کرد که به آن روش نمونه برداری اتفاقی می‌گویند، یا با ترکیب چند جز مساوی برداشته شده در فواصل منظم بدست آورد که به

آن روش نمونه برداری منظم می گویند. برای به دست آوردن نمونه می توان از نمونه بردارهای خودکار استفاده کرد.

۲-۶ نمونه ها باید طبق بند ۷ این استاندارد آماده سازی شوند.

**یادآوری** - بعضی روش های بارگیری یا حمل خاکستر بادی با پوزولان های طبیعی، به ویژه از نوار نقاله یا جریان هوا، ممکن است باعث لایه لایه شدن یا جدا شدگی جریان مواد شود. در این شرایط باید برای اطمینان از این که نمونه، نماینده ای از مواد حمل شده است، روش های نمونه برداری را طراحی کرد.

## ۷ آماده سازی و نگهداری نمونه ها

۱-۷ نمونه های مرکب را با مرتب کردن همه نمونه های اتفاقی یا نمونه های منظم در گروه هایی که معرف دوره یا مقدار نمونه مواد هستند، برای آزمون های مورد نیاز در بند ۸ آماده کنید. بخش های مساوی از هر یک را بردارید، به ترتیبی که نمونه مرکب یزرگی که برای آزمون های مور نیاز کافی باشد، به وجود آید. نمونه مرکب را به طور کامل مخلوط کنید.

۲-۷ نمونه ها باید در ظروف تمیز و هوابندی شده نگهداری شوند و بر روی آن ها منبع و بهر یا دوره زمانی آن ها مشخص گردد. بخش های آزمون نشده نمونه باید تا حداقل یک ماه پس از آن که همه نتایج آزمون گزارش شدند، نگهداری شوند.

## ۸ دوره تناوب آزمون

در صورت لزوم، خریدار باید تعداد آزمون ها را برای قلیایی های در دسترس، واکنش با قلیایی های سیمان، جمع شدگی حاصل از خشک شدن و هوازایی مشخص نماید. همه آزمون های دیگر را بر روی نمونه های منظم یا نمونه های مرکب طبق جدول ۱ انجام دهید.

## ۹ تجزیه شیمیایی

### ۱-۹ کلیات

۱-۱-۹ همه وسایل، معرف ها و روش های آزمون باید طبق استانداردهای بند ۲-۲ و بند ۳-۲ باشند.

۲-۱-۹ خلوص آب، به استثنای مواردی که مشخص شده، منظور از آب، آب مقطر یا آبی با خلوص معادل است.

### ۱۰ درصد رطوبت

#### ۱-۱۰ روش انجام آزمون

نمونه را به عنوان نمونه دریافتی وزن کنید و در گرم خانه با دمای  $(5 \pm 110)^\circ\text{C}$  تا رسیدن به وزن ثابت خشک کرده و دوباره وزن کنید.

## ۲-۱۰ روش محاسبه

درصد رطوبت با دقت ۰٫۱٪ به روش زیر محاسبه کنید:

$$\text{درصد رطوبت} = (A/B) \times 100 \quad (1)$$

که در آن:

A کاهش جرم در هنگام خشک شدن؛  
B وزن نمونه دریافتی.

## ۱۱ کاهش وزن در اثر سرخ شدن

### ۱-۱۱ روش انجام آزمون

کاهش وزن بر اثر سرخ شدن را به استثنای مواد باقی مانده از تعیین مقدار رطوبت که باید تا رسیدن به وزن ثابت در دمای  $(750 \pm 50)^\circ\text{C}$  در یک بوته چینی بدون درپوش (پلاتینی نباشد) سوزانده شوند را طبق استانداردهای بند ۲-۲ و بند ۳-۲ تعیین کنید.

### ۲-۱۱ روش محاسبه

درصد کاهش وزن در اثر سرخ شدن را با دقت ۰٫۱٪ به روش زیر محاسبه کنید:

$$\text{درصد کاهش وزن در اثر سرخ شدن} = (A/B) \times 100 \quad (2)$$

که در آن:

A کاهش جرم در دمای  $110^\circ\text{C}$  تا در دمای  $750^\circ\text{C}$ ؛  
B وزن نمونه بدون رطوبت مورد استفاده.

۱۲ سیلیس، اکسید آلومینیوم، اکسید آهن، اکسید کلسیم، اکسید منیزیم، تری اکسید گوگرد، اکسید سدیم و اکسید پتاسیم

### ۱-۱۲ روش انجام آزمون

درصدهای این اکسیدها را به عنوان الزامات طبق استانداردهای ملی بند ۲-۲ و بند ۳-۲ برای موادی که دارای باقی مانده نامحلول بیش از ۱٪ هستند، تعیین کنید (یادآوری را ببینید). تجزیه برای تعیین اکسید سدیم و اکسید پتاسیم باید بر اساس استانداردهای ملی بند ۲-۲ و بند ۳-۲ باشد. بیش تر پوزولانها در مذاب بورات لیتیم به طور کامل حل می شوند.

**یادآوری** - روشهای دستگاهی و سریع را می توان با روشهای مشابه آنها در استانداردهای ملی بند ۲-۲ و بند ۳-۲ و بند ۱۱-۲ به کار برد.

## ۱۳ قلیایی‌های در دسترس

### ۱-۱۳ روش آزمون

۱-۱-۱۳ ۵۱۰g نمونه و ۲۱۰ گرم آهک هیدراته را بر روی یک قطعه کاغذ توزین وزن کنید، سپس آن را به دقت با یک اسپاتول فلزی مخلوط نمایید و به یک ظرف نمونه پلاستیکی با ظرفیت تقریبی ۲۵ml انتقال دهید. ۱۰۱۰ml آب به این مخلوط اضافه کرده و در آن را با درپوش مخصوص یا نوارچسب آب‌بند کنید (یادآوری را ببینید)، آن را تکان دهید تا یک مخلوط یکنواخت به دست آید و مخلوط را در دمای  $38 \pm 2$  °C نگهداری کنید.

**یادآوری** - برای اطمینان از آن که رطوبت مخلوط از دست نرود، ظرف کوچک پلاستیکی درزبندی شده را در داخل یک ظرف قابل درزبندی دیگر (همانند یک شیشه نمونه کوچک) قرار دهید و مقدار کافی آب به آن اضافه کنید تا کف ظرف را بپوشانید و ظرف را درزبندی کنید.

۱-۲-۱۳ در ظرف کوچک پلاستیکی را در سن ۲۸ روزه باز کنید و محتویات آن را داخل یک بشر ۲۵۰ml انتقال دهید. مخلوط داخل ظرف را با یک دسته هاون خرد و آسیاب کنید. مقدار کمی آب در صورت نیاز به اضافه کنید به طوری که دوغابی یکنواخت و بدون کلوخه به دست آید (یادآوری را ببینید). مقدار کافی آب اضافه کنید تا حجم کل به ۲۰۰ml برسد. محلول را ۱h در دمای اتاق قرار دهید در حالی که آن را به طور متناوب تکان می‌دهید. سپس آن را با یک کاغذ صافی بافت متوسط، داخل یک بالن ژوژه ۵۰۰ml صاف کنید و آن را با آب داغ (۸ مرتبه تا ۱۰ مرتبه) شستشو دهید.

**یادآوری** - در بعضی موارد ممکن است لازم شود ظرف کوچک پلاستیکی را بشکنید و ظرف پلاستیک را از محتویات جامد جدا کنید. در این موارد، باید دقت کنید که هنگام کار از کم‌شدن مواد اجتناب شود و همه مواد جامد از ظرف پلاستیکی برداشته شود. اگر محتویات ظرف بسیار سخت باشند آن را با دسته هاون شکسته و خورد کنید (باید از هاون استفاده شود).

۱-۳-۳ محلول زیر صافی را با اسید کلریدریک رقیق (۱+۳) توسط ۱ تا ۲ قطره محلول معرف فنل‌فتالئین خنثی کنید. دقیقاً ۵ml اسید کلریدریک رقیق (۱+۳) دیگر اضافه کنید. محلول را تا دمای اتاق خنک کنید و بالن ژوژه را تا علامت نشانه با آب مقطر پر کنید. مقدار اکسیدهای پتاسیم و سدیم را در محلول با استفاده از روش فتومتری که در استانداردهای بند ۲-۲ و بند ۳-۲ شرح داده شده، تعیین کنید. به استثنای این که محلول‌های استاندارد باید حاوی ۸ml محلول مادر کلرید کلسیم ( $\text{CaCl}_2$ ) در هر لیتر باشند و محلول به گونه‌ای که باید به جای محلول سیمان استفاده شود، آماده‌سازی شود.

**یادآوری** - محلول‌های استاندارد ساخته شده از ۸ml محلول مادر کلرید کلسیم ( $\text{CaCl}_2$ ) حاوی معادل ۵۰۴ppm اکسیدکلسیم (CaO) در هر لیتر محلول هستند. آزمون‌ها نشان داده که این مقدار نزدیک به مقدار کلسیم حل شده در محلول آزمون است.

### ۱-۲ روش محاسبه

نتایج را به صورت درصد وزنی مواد نمونه اولیه محاسبه کنید. درصد معادل اکسیدسدیم ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) که به صورت زیر محاسبه می‌شود را گزارش کنید:

$$\text{Na}_2\text{O} (\%) = \text{درصد Na}_2\text{O} + (0.658 \times \text{درصد K}_2\text{O}) \quad (3)$$

## ۱۴ آمونیاک

### ۱-۱۴ روش انجام آزمون

۱-۱-۱۴ ۱/۰g از نمونه خاکستر بادی را وزن کرده و داخل یک بالن ارلن مایر به حجم ۱۲۵ml انتقال دهید. ۱۰۰ ml آب بدون آمونیاک به آن اضافه کنید. یک درپوش لاستیکی نئوپرنی<sup>۱</sup> را بر روی در بالن قرار داده و آن را هم بزنید تا نمونه و آب با هم مخلوط شوند.

۲-۱-۱۴ مخلوط را با استفاده از یک کاغذ صافی بافت متوسط صاف کنید و مواد صاف شده را برای تعیین آمونیاک نگهداری کنید.

۳-۱-۱۴ غلظت آمونیاک را در محلول صاف شده را طبق روش A یا روش B ذکر شده در استاندارد بند ۲-۲۵ تعیین کنید.

۴-۱-۱۴ غلظت آمونیاک را در خاکستر بادی به روش زیر محاسبه کنید:

$$\text{آمونیاک (mg/kg)} = N_w \times (V_w / W_{fa}) \quad (3)$$

که در آن:

$N_w$  غلظت آمونیوم از آب عصاره توسط استاندارد بند ۲-۲۵، بر حسب mg/L؛

$V_w$  حجم آب استفاده شده برای عصاره‌گیری آمونیاک از نمونه خاکستر بادی، بر حسب ml؛

$W_{fa}$  وزن نمونه خاکستر بادی مورد استفاده در آزمون، بر حسب g.

## ۱۵ آزمون‌های فیزیکی

### ۱-۱۵ چگالی

#### ۱-۱-۱۵ روش انجام آزمون

۱-۱-۱-۱۵ چگالی نمونه را طبق استاندارد بند ۲-۸ یا استاندارد بند ۲-۲۰ تعیین کنید.

۲-۱-۱-۱۵ برای استاندارد بند ۲-۸، روش ذکر شده را به استثنای استفاده از حدود ۵۰g خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی معدنی با دقت ۰/۰۵g به جای استفاده از سیمان، ادامه دهید.

۳-۱-۱-۱۵ برای استاندارد بند ۲-۲۰، مقادیری از مواد را که مناسب برای ابزارآلات است را استفاده نمایید.

۴-۱-۱-۱۵ در گزارش پایانی مقدار چگالی، روش آزمون استفاده شده در اندازه‌گیری چگالی را مشخص کنید.

۲-۱۵ نرمی ، مقدار باقی مانده در الک کردن تر بر روی الک  $45\mu\text{m}$  (الک نمرة ۳۲۵)

۱-۲-۱۵ روش انجام آزمون

۱-۱-۲-۱۵ مقدار نمونه باقی مانده هنگام الک کردن به روش تر بر روی الک  $45\mu\text{m}$  (الک نمرة ۳۲۵) را طبق استاندارد بند ۲-۱۸ با رعایت موارد مستثنی شده، تعیین کنید.

۱-۱-۱-۲-۱۵ الک  $45\mu\text{m}$  (الک نمرة ۳۲۵) را با استفاده از سیمان استاندارد (SRM 114) واسنجی<sup>۱</sup> کنید. فاکتور تصحیح الک را به روش زیر محاسبه کنید:

$$CF = \text{std} - \text{obs} \quad (۵)$$

که در آن:

CF فاکتور تصحیح الک، بر حسب % (هنگام مناسب بودن یک مقدار منفی است)؛

std مقدار باقی مانده مجاز برای SRM، بر حسب %؛

obs مقدار باقی مانده مشاهده شده برای SRM، بر حسب % است.

۲-۱-۱-۲-۱۵ نرمی خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی را با دقت % ۰٫۱ به روش زیر محاسبه کنید:

$$R_C = R_S + CF \quad (۶)$$

که در آن:

$R_C$  مقدار باقی مانده تصحیح شده الک، بر حسب %؛

$R_S$  مقدار باقی مانده مشاهده شده برای نمونه آزمون، بر حسب %؛

CF فاکتور تصحیح الک، بر حسب % است.

اگر مقدار باقی مانده برای نمونه آزمون برابر با صفر باشد ( $R_S = 0$ ) فاکتور تصحیح الک نباید به نتایج آزمون برای مقدار باقی مانده تصحیح شده اضافه شود. در این موارد، نرمی تصحیح شده باید صفر گزارش شود.

**یادآوری** - استاندارد بند ۲-۱۸ برای آزمون نرمی خاکستر بادی تدوین شده است. بنابراین، الزامات تعیین شده، همانند تمیز کردن الکها و تفسیر نتایج آزمون، گاهی اوقات مختص خاکسترهای بادی نیستند.

۲-۲-۱۵ مثالهای عددی برای واسنجی الک آزمون نرمی و محاسبه کردن نرمی تصحیح شده است.

۱-۲-۲-۱۵ الک آزمون نرمی را واسنجی کنید (مواد مرجع SRM 114p در این مثال استفاده شده است):

مقدار باقی مانده مجاز بر روی الک  $45\mu\text{m}$  = ۸٫۲۴%

مقدار باقی مانده اندازه گیری شده بر روی الک  $45\mu\text{m}$  = ۷٫۱۲%

(obs) مقدار مشاهده شده - (std) مقدار استاندارد = (CF) فاکتور تصحیح

$$(CF) = ۸٫۲۴\% - ۷٫۱۲\% = ۱٫۱۲\%$$



۱۵-۲-۲ مقدار نرمی تصحیح شده را برای واسنجی الک محاسبه کنید (برای خاکستر بادی در این مثال از علامت A استفاده شده است):

مقدار باقی مانده خاکستر بادی بر روی الک (R<sub>C</sub>) = ۱۵٫۲٪ (به عنوان جرم نمونه)

$$R_C = R_S + CF \quad (\text{مقدار باقی مانده تصحیح شده الک برای خاکستر بادی } A)$$

$$R_C = ۱۵٫۲ + ۱٫۱۲ = ۱۶٫۳\% \quad (\text{مقدار باقی مانده تصحیح شده الک برای خاکستر بادی } A)$$

۱۵-۳ افزایش جمع شدگی ناشی از خشک شدن منشورهای ملات

۱۵-۳-۱ آزمون نمونه

آزمونهای آزمون را طبق استاندارد بند ۲-۱۴ آماده سازی کنید، به استثنای ۳ منشور ملات از هر دو مخلوط کنترل و مخلوط آزمون که با استفاده از نسبت های زیر قالب گیری می شوند:

مخلوط آزمون	مخلوط کنترل	
۵۰۰	۵۰۰	سیمان پرتلند (g)
-	۱۲۵	خاکستر بادی و پوزولان طبیعی (g)
۱۲۵۰	۱۳۷۵	ماسه با دانه بندی استاندارد (g)
		آب

مقدار کافی تا روانی ۱۰۰٪ تا ۱۱۵٪ را به وجود آورد.

۱۵-۳-۲ روش انجام آزمون

آزمونهای آزمون را طبق استاندارد بند ۲-۱۴ عمل آوری و اندازه گیری کنید، به استثنای دوره عمل آوری مرطوب (شامل دوره در قالب بودن) که باید ۷ روز باشد و خوانش<sup>۱</sup> مقایسه گر که باید در سن  $h(۱۲ \pm ۲۴)$  حذف شود. بلافاصله پس از انجام خوانش مقایسه گر در انتهای دوره عمل آوری مرطوب ۷ روزه، آزمونها را طبق استاندارد بند ۲-۱۴ نگهداری کنید و پس از ۲۸ روز نگهداری در هوا طبق استاندارد بند ۲-۱۴ یک خوانش با مقایسه گر برای آزمونها انجام دهید.

۱۵-۳-۳ روش محاسبه و گزارش نتایج آزمون

۱۵-۳-۳-۱ افزایش جمع شدگی ناشی از خشک شدن منشورهای ملات (S<sub>i</sub>) را طبق روش زیر محاسبه کنید:

$$S_i = S_t - S_c \quad (۷)$$

که در آن:

S<sub>t</sub> میانگین جمع شدگی ناشی از خشک شدن آزمونهای آزمون که به صورت زیر محاسبه می شود؛

S<sub>c</sub> میانگین جمع شدگی ناشی از خشک شدن آزمونهای کنترل که به صورت زیر محاسبه می شود؛

$$S = \frac{[\text{initial CRD} - \text{CRD}] \times 100}{G} \quad (۸)$$

که در آن:

S جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن آزمون‌های کنترل، بر حسب %؛  
 initial CRD تفاوت بین خوانش مقایسه‌گر آزمون و منشور مرجع در عمل‌آوری مرطوب ۷ روزه؛  
 CRD تفاوت بین خوانش مقایسه‌گر آزمون و منشور مرجع در خشک شدن ۲۸ روزه؛  
 G طول سنجه آزمون‌های ۲۵۰mm است.

۱۵-۳-۲ نتایج را با دقت ۰٫۱ گزارش کنید. اگر میانگین جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن آزمون‌های کنترل بزرگ‌تر از میانگین جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن آزمون‌های آزمون باشد، پیشوند منفی نشان‌گر افزایش جمع‌شدگی ناشی از خشک شدن منشورهای ملات گزارش می‌شود.

#### ۴-۱۵ آزمون سلامت

##### ۱-۴-۱۵ روش آزمون

آزمون سلامت را طبق استاندارد بند ۲-۶ انجام دهید، به استثنای آن که آزمون‌ها باید از یک خمیر تشکیل شده از ۲۵ قسمت وزنی خاکستر بادی یا پوزولانهای طبیعی و ۱۰۰ قسمت وزنی سیمان پرتلند طبق استاندارد ملی بند ۲-۴ قالب‌گیری شوند.

#### ۵-۱۵ مقدار هوای ملات

##### ۱-۵-۱۵ روش انجام آزمون

۱۵-۱-۵ با استفاده از سیمان پرتلند تیپ یک یا تیپ دو مطابق استاندارد بند ۲-۴، یک مخلوط آزمایشی را مطابق استاندارد بند ۲-۷ با استفاده از نسبت‌های زیر آماده کنید:

#### مخلوط آزمون

۳۰۰	سیمان پرتلند (g)
۷۵	خاکستر بادی و پوزولان طبیعی (g)
۱۱۲۵	ماسه استاندارد ۲۰ الی ۳۰ (g)
Y	آب، مقدار کافی تا روانی ۸۰٪ تا ۹۵٪ را به وجود آورد (ml)
X	محلول رزینی وینسول <sup>۱</sup> خنثی* به مقدار کافی برای ایجاد مقدار هوای (۱۸±۳) (ml)

\* مقدار محلول رزین وینسول خنثی مورد استفاده باید به عنوان بخشی از آب مخلوط در نظر گرفته شود.

۱۵-۵-۱-۲ محلول رزین وینسول خنثی شده مورد استفاده در تعیین هوای ملات، باید یا محلول رزین وینسول خنثی شده تجاری یا محلول رزین وینسول خنثی شده تهیه شده مطابق با استاندارد بند ۲-۱۶ باشد. اگر لازم باشد که هر یک از این محلول‌ها رقیق شوند، از آب مقطر استفاده کنید (یادآوری را ببینید).

**یادآوری** - کانی‌های محلول در آب آشامیدنی ممکن است محلول‌های رزین وینسول را رسوب دهند و بخش عمده خصوصیات هوازایی آن را از بین ببرند.

۱۵-۵-۱-۳ دو مخلوط آزمون را با مقدار کافی رزین وینسول خنثی شده برای تولید هوای ۱۵٪ تا ۱۸٪ در مخلوط اول و ۱۸٪ تا ۲۱٪ در مخلوط دوم آماده کنید. سپس مقدار رزین وینسول خنثی را که به صورت درصد وزنی سیمان مورد نیاز برای ایجاد مقدار هوای ۱۸٪ بیان می‌شود را با درونیابی تعیین کنید.

### ۱۵-۵-۲ روش محاسبه

مقدار هوای مخلوط‌های آزمون را طبق روش زیر محاسبه کنید:

$$(9) \quad \text{حجم هوای ملات } (W_a) = 100 \times [1 - (W_a / W_c)]$$

$$(10) \quad W_a = W / 400$$

$$(11) \quad W_c = \frac{300 + 1125 + 75 + (300 \times P \times 0.01)}{\left[ \left( \frac{300}{3.15} \right) + \left( \frac{1125}{2.65} \right) + \left( \frac{75}{D} \right) + \left( \frac{300 \times P \times 0.01}{1} \right) \right]}$$

که در آن‌ها:

$W_a$  وزن واقعی هر واحد حجم ملات که توسط استاندارد بند ۲-۷ تعیین می‌شود، بر حسب g/ml؛

$W$  وزن مشخص شده ۴۰۰ ml ملات (استاندارد بند ۲-۷ را ببینید)، بر حسب g؛

$W_c$  وزن اسمی هر واحد حجم ملات که براساس ملات بدون هوا و با استفاده از مقادیر چگالی و مواد در مخلوط محاسبه شده است، بر حسب g؛

$P$  درصد آب اختلاط بعلاوه درصد محلول رزین وینسول خنثی براساس وزن سیمان،

$D$  چگالی خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی در مخلوط، بر حسب  $Mg/m^2$  است.

## ۱۵-۶ شاخص فعالیت مقاومت سیمان پرتلند

### ۱۵-۶-۱ آزمون‌ها

۱۵-۶-۱-۱ آزمون‌ها را از مخلوط کنترل و از مخلوط آزمون مطابق با استاندارد بند ۲-۱۲ قالب‌گیری کنید. سیمان پرتلند مورد استفاده در آزمایش شاخص فعالیت باید با الزامات استاندارد بند ۲-۴ و با قلیایی و حدود مقاومت داده شده در بخش مواد مطابقت داشته باشد. در مخلوط آزمون ۲۰٪ از وزن مقدار سیمان مورد استفاده در مخلوط کنترل را با همان وزن، نمونه آزمون جایگزین کنید. شش پیمانانه مکعبی به طوری که در ادامه آمده، بسازید.

### ۱۵-۶-۱-۱-۱-۱ مخلوط کنترل

- سیمان پرتلند ۵۰۰g؛

- ماسه استاندارد ۱۳۷۵g؛

- آب ۲۴۲ml

### ۱۵-۶-۱-۱-۲ مخلوط آزمون

- سیمان پرتلند ۴۰۰g؛

- نمونه آزمون ۱۰۰g؛

- ماسه استاندارد ۱۳۷۵g؛

- آب به مقدار لازم برای ایجاد روانی  $\pm 5$  بر حسب ml.

### ۱۵-۶-۲ تعداد آزمون‌ها

طبق استاندارد بند ۲-۲۱ که شاخص فعالیت مقاومت ۷ روزه یا ۲۸ روزه را برای انطباق با ویژگی‌ها مشخص کرده، فقط یک سن ممکن است لازم باشد. در صورت تمایل تولیدکننده یا مصرف‌کننده بعد از آماده‌سازی شش پیمانانه مکعبی، فقط سه مکعب مخلوط کنترل و سه مکعب مخلوط آزمون برای قالب‌گیری آزمون‌های ۷ روزه یا ۲۸ روزه مورد نیاز است.

### ۱۵-۶-۳ نگهداری آزمون‌ها

پس از قالب‌گیری، آزمون‌ها و قالب‌ها را (بر روی سطح اصلی) در اتاق رطوبت با دمای  $(23.0 \pm 2.0)^\circ\text{C}$  به مدت ۲۰h الی ۲۴h ساعت قرار دهید. در زمانی که آزمون‌ها در اتاق رطوبت قرار دارند از چکیدن قطرات آب بر سطح آن‌ها جلوگیری کنید. قالب‌ها را از اتاق رطوبت خارج کرده و مکعب‌ها را از قالب‌ها درآورید. مکعب‌ها را طبق استاندارد بند ۲-۱۲ در آب آهک اشباع قرار داده و نگهداری کنید.

**یادآوری** - دقت کنید که دمای اتاق عمل‌آوری در همه نقاط یکنواخت باشد.

### ۱۵-۶-۴ آزمون مقاومت فشاری

مقاومت فشاری را طبق استاندارد بند ۲-۱۲ را برای سه آزمون مخلوط کنترل و سه آزمون مخلوط آزمون در سن‌های ۷ روزه یا ۲۸ روزه، یا هر دو را بسته به تعداد آزمون‌های قالب‌گیری شده تعیین کنید.

## ۱۵-۶-۵ روش محاسبه

شاخص فعالیت مقاومت با سیمان پرتلند را طبق روش زیر محاسبه کنید:

$$(11) \quad \text{شاخص فعالیت مقاومت با سیمان پرتلند} = (A/B) \times 100$$

که در آن:

A میانگین مقاومت فشاری مکعب‌های مخلوط آزمون، بر حسب MPa؛

B میانگین مقاومت فشاری مکعب‌های مخلوط کنترل، بر حسب MPa است.

## ۱۶ آب موردنیاز

### ۱-۱۶ روش محاسبه

آب مورد نیاز برای شاخص فعالیت مقاومت با سیمان پرتلند را به روش زیر محاسبه کنید:

$$(12) \quad \text{درصد آب موردنیاز} = (Y/242) \times 100$$

که در آن:

Y آب مورد نیاز برای مخلوط آزمون باید  $\pm 5$  روانی کنترل باشد.

## ۱۷ تاثیر خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی در کنترل واکنش‌های قلیایی - سیلیسی

### ۱-۱۷ روش انجام آزمون

۱-۱-۱۷ انبساط ملات ساخته شده با خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی و یک سیمان آزمون به صورت درصدی از انبساط ملات ساخته شده با سیمان کم قلیا را مطابق با استاندارد بند ۲-۱۶ تعیین کنید.

۱-۱-۱-۱۷ مخلوط کنترل، باید مطابق با استاندارد بند ۲-۱۶ ساخته شود به استثنای این که سیمان کنترل باید دارای مقدار قلیایی (به صورت معادل  $\text{Na}_2\text{O}$ ) کم‌تر از ۰٫۶٪ باشد (یادآوری را ببینید).

**یادآوری** - به طور کلی سیمان کنترل باید دارای مقدار قلیایی (معادل  $\text{Na}_2\text{O}$ ) بین ۰٫۵٪ و ۰٫۶٪ باشد. بنابراین، اگر منظور استفاده از معادل قلیایی باشد، می‌توان از سیمان کنترل با قلیایی کم‌تر استفاده کرد.

۲-۱-۱-۱۷ مخلوط آزمون با استفاده از خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی، مقدار ترکیبی سیمان بعلاوه خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی باید در کل ۴۰۰g باشد (پیوست الف را ببینید). ۹۰۰g سنگدانه شیشه بروسیلیکات و مقدار کافی آب اختلاط برای ایجاد روانی بین ۱۰۰٪ تا ۱۱۵٪ استفاده کنید. سیمان مورد استفاده در مخلوط آزمون باید از سیمان مخلوط کنترل، بیش‌تر قلیایی داشته باشد (یادآوری را ببینید).

**یادآوری** - به طور کلی این سیمان آزمون مقدار قلیایی معادل یا بیش‌تر از آن‌چه که در کارگاه استفاده می‌شود، خواهد داشت.

۱۷-۱-۱-۳ آزمون‌ها را طبق استاندارد بند ۲-۱۷ نگهداری و اندازه‌گیری کنید. طول آزمون‌ها را در سن‌های ۱۴ روزه و ۱۴ روزه اندازه‌گیری کنید.

#### ۱۷-۲ گزارش نتایج آزمون

۱۷-۲-۱ گزارش نتایج آزمون برای هر مخلوط آزمون مقایسه شامل موارد زیر است:

۱۷-۲-۱-۱ ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛

۱۷-۲-۱-۲ انبساط ۱۴ روزه مخلوط آزمون به صورت درصدی از مخلوط کنترل در همان سن؛

۱۷-۲-۱-۳ مشخصات و تجزیه شیمیایی خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی؛

۱۷-۲-۱-۴ درصد وزنی خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی براساس وزن کل سیمان بعلاوه خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی در مخلوط آزمون؛

۱۷-۲-۱-۵ مقدار قلیایی سیمان‌های مخلوط کنترل و مخلوط آزمون به صورت معادل قلیایی  $(\text{Na}_2\text{O} + 0.658 \text{K}_2\text{O})$ .

#### ۱۸ تاثیر خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی در افزایش مقاومت در برابر سولفات‌ها

##### ۱۸-۱ روش انجام آزمون

۱۸-۱-۱ تغییر طول منشورهای ملات را با حدود انبساط مطلق، یا تغییر طول منشورهای ملات ساخته شده با سیمان کنترل را با تغییر طول منشورهای ملات ساخته شده از خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی و یک سیمان آزمون، مطابق با استاندارد بند ۲-۲۳ مقایسه کنید. نتایج باید با حدود مطلق (روش A) یا حدود انبساط نسبی (روش B) در جدول ۲-الف استاندارد بند ۲-۲۱ ارزیابی شود.

۱۸-۱-۲ مخلوط کنترل برای روش A، مخلوط کنترل الزامی نیست زیرا عمل کرد اندازه‌گیری شده با استفاده از روش A براساس حداکثر انبساط مخلوط آزمون است. اگر یک مخلوط کنترل برای روش A ساخته شود، آن را طبق استاندارد بند ۲-۲۳ با استفاده از سیمان نوع دو یا نوع پنج طبق استاندارد بند ۲-۵ سهم‌بندی کنید.

۱۸-۱-۳ مخلوط آزمون با استفاده از خاکستر بادی و پوزولان طبیعی برای روش A، مقدار ترکیبی سیمان بعلاوه خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی را با همان مقدار وزنی سیمان کل مخلوط کنترل شرح داده شده در استاندارد بند ۲-۲۳ بسازید. نسبت خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی را می‌توان با استفاده از ۱۵٪ تا ۵۰٪ وزنی کل سیمان به اضافه خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی تغییر داد. هر نوع سیمان پرتلندی را برای تهیه مخلوط‌های آزمون می‌توان استفاده کرد.

۱۸-۱-۴ مخلوط کنترل برای روش B، مخلوط کنترل برای روش B را با سیمانی که برای استفاده در پروژه پیشنهاد شده یا با سیمانی که از طریق عمل‌کرد یا تعریف آن (استاندارد بند ۲-۵) انتظار می‌رود که

نتایج رضایت بخشی را ارائه دهد (یا سیمانی که مقاومت آن در برابر سولفات شناخته شده و مطلوب است) بسازید.

**یادآوری** - سیمان کنترل باید طوری انتخاب شود که مقاومت در برابر سولفات برای تراز مورد انتظار را نشان دهد. تجربه نشان داده که سیمان‌های نوع دو اغلب برای ترازهای متوسط رویارویی استفاده می‌شود. سیمان نوع ۵ به طور معمول برای رویارویی‌های شدید استفاده می‌شود.

**۱۸-۱-۵ مخلوط آزمون با استفاد از خاکستر بادی و پوزولان طبیعی برای روش B**، مقدار ترکیبی سیمان به اضافه خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی را به همان مقدار وزنی کل سیمان مورد استفاده در مخلوط کنترل بسازید. نسبت خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی ممکن است از ۱۵٪ تا ۵۰٪ وزنی کل سیمان بعلاوه خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی متغیر باشد. هر نوع سیمان پرتلندی را برای تهیه مخلوط‌های آزمون می‌توان استفاده کرد.

**۱۸-۱-۶** برای هر دو روش A و B آزمون‌ها را طبق استاندارد بند ۲-۲۳ برای حداقل مدت ۶ ماه نگهداری و اندازه‌گیری کنید.

**یادآوری** - ممکن است برای ارزیابی مقاومت در برابر سولفات مواد سیمانی برای استفاده در شرایط مشخص یا سازه‌های بحرانی، دوره‌های نگهداری طولانی‌تر و اندازه‌گیری‌های طول بیشتری مورد نیاز باشد. در این موارد به استاندارد بند ۲-۲۳ مراجعه کنید.

## **۱۸-۲ گزارش نتایج آزمون**

**۱۸-۲-۱** علاوه بر اطلاعات مورد نیاز در استاندارد بند ۲-۲۳ اطلاعات زیر را برای مقایسه هر مخلوط ساخته شده گزارش کنید:

**۱۸-۲-۱-۱** ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛

**۱۸-۲-۱-۲** برای روش A، سن و انبساط به صورت مقدار مشخص؛

**۱۸-۲-۱-۳** برای روش B، سن و انبساط به صورت درصدی از مخلوط کنترل در آن سن؛

**۱۸-۲-۱-۴** مشخصات و آنالیز شیمیایی شامل مقدار  $C_3A$  سیمان‌های مورد استفاده در هر دو مخلوط کنترل و آزمون؛

**۱۸-۲-۱-۵** مشخصات و آنالیز شیمیایی خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی مورد استفاده در مخلوط‌های آزمون؛

**۱۸-۲-۱-۶** درصد‌های وزنی خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی براساس جرم کل سیمان بعلاوه خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی در مخلوط آزمون

۱-۱۹ آزمون شاخص فعالیت مقاومت

۱-۱-۱۹ دقت برای دو مطالعه بین آزمایشگاهی شامل دو خاکستر بادی رده C، دو خاکستر بادی رده F و یک پوزولان طبیعی رده N تعیین شده است. آزمایشگاه‌های شرکت کننده دو عدد ۱۲ و ۷ را در این دو مطالعه ارایه دادند<sup>۱</sup>.

۱۹-۱-۲ میزان انحراف معیار آزمون شاخص مقاومت فعالیت یک آزمون گر ۳/۷٪ به دست آمد (اولین سری). این موضوع نباید با تغییر مواد اولیه یا سن آزمون در محدوده بالای ۷ تا ۲۸ روز اتفاق بیفتد. بنابراین، نتایج دو آزمون که توسط دو اپراتور بر روی مواد یکسان به طور درستی انجام شده باشد، نباید بیش‌تر از ۱۰/۵٪ (دومین سری) میانگین دو نتایج آزمون باشد.

۱۹-۱-۳ انحراف معیار چند آزمایشگاه برای آزمون شاخص فعالیت مقاومت ۴/۵٪ (اولین سری) به دست آمد. این موضوع نباید با تغییر مواد اولیه یا سن آزمون در محدوده بالای ۷ تا ۲۸ روز اتفاق بیفتد. بنابراین، نتایج دو آزمون که در آزمایشگاه‌های مختلف بر روی مواد یکسان به طور درستی انجام شده باشد، نباید بیش‌تر از ۱۲/۷٪ (دومین سری) میانگین دو نتایج آزمون باشد.

۱۹-۱-۴ برای این روش آزمون اریبی تعیین نشده است.

۱- این اطلاعات تایید شده به شرح زیر هستند:

جدول ۲- برآورد دقت بین آزمایشگاهی برای تجزیه خاکستر بادی<sup>۱</sup> بر اساس استانداردهای بند ۲-۲ و بند ۲-۳

دومین سری		اولین سری		اکسیدها
B/L	W/L	B/L	W/L	
۲,۴۵	۱,۷۵	۰,۸۶	۰,۶۲	SiO <sub>2</sub>
۶,۴۸	۴,۱۲	۲,۲۹	۱,۴۶	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
				Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
۰,۳۱	۰,۳۴	۰,۱۱	۰,۱۲	<2 %
۰,۷۱	۰,۳۴	۰,۲۵	۰,۱۲	≥2 %
۲,۰۹	۱,۷۹	۰,۷۴	۰,۶۳	CaO
۰,۶۱	۰,۵۵	۰,۲۱	۰,۲۰	MgO
۰,۴۵	۰,۲۸	۰,۱۶	۰,۱۰	SO <sub>3</sub>
۰,۱۷	۰,۱۵	۰,۰۶	۰,۰۵	رطوبت
۰,۳۵	۰,۲۵	۰,۱۲	۰,۰۹	LOI

۱- مقدار SO<sub>3</sub> نیز هنگام بررسی برای بازتاب صحیح از نتایج تصحیح شده است.



## ۲-۱۹ تجزیه شیمیایی

۱-۲-۱۹ دقت و اریبی برای این روش‌های آزمون در استانداردهای بند ۲-۲ و بند ۳-۲ توصیف شده است.

۲-۲-۱۹ دقت، برآورد انحراف معیار درون آزمایشگاهی<sup>۱</sup> (W/L) و بین آزمایشگاهی<sup>۲</sup> (B/L) و برآورد ماکسیمم اختلافات مجاز در دو تعیین تکرار شده ۹/۵٪ در مقایسه‌ها<sup>۳</sup> است که در جدول ۲ خلاصه شده‌اند (پانویس صفحه قبل را ببینید).

۳-۲-۱۹ اریبی، با توجه به آمار، اریبی مهمی در تعیین CaO و MgO مشاهده شد. میانگین مقادیر تعیین شده برای CaO به مقدار ۰/۴۶٪ بلندتر از مقدار مرجع استاندارد تعیین شده و میانگین مقادیر تعیین شده برای MgO به مقدار ۰/۱۹٪ بلندتر از مقدار مرجع استاندارد تعیین شده بود.

## ۳-۱۹ آمونیاک

۱-۳-۱۹ دقت روش A، ضریب تغییر یک آزمایشگاه (تکرارپذیری) ۹/۲٪ (اولین سری) به دست آمده است. تجدیدپذیری این روش آزمون نیز تعیین شده است.

۲-۳-۱۹ دقت روش B، ضریب تغییر یک آزمایشگاه (تکرارپذیری) ۷/۴٪ (اولین سری) به دست آمده است. تجدیدپذیری این روش آزمون نیز تعیین شده است.

۳-۳-۱۹ اریبی، برای این روش آزمون اریبی تعیین نشده است.

---

1- Within-laboratory  
2- Between-laboratory

۳ - مقادیر ارایه شده به خصوص حدهای اولین سری و دومین سری در استاندارد بند ۲-۲۲ توصیف شده است.

## پیوست الف

### (اطلاعاتی)

#### تشریح بند ۱۷ و بند ۱۸ این استاندارد

#### الف-۱ تشریح بند ۱۷ این استاندارد

الف-۱-۱ روش‌های انجام آزمون در بند ۱۷ این استاندارد برای تعیین اثرات خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی در جلوگیری از انبساط بیش از حد ناشی از واکنش سنگدانه‌های اصلی و قلیایی‌ها در مخلوط سیمان پرتلند است. آزمون‌ها مطابق با استاندارد بند ۲-۱۹ هستند:

الف-۱-۱-۱ مقدار ۴۰۰g سیمان پرتلند یا ترکیبی از کل سیمان بعلاوه ۴۰۰g خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی؛

الف-۱-۱-۲ مقدار ۹۰۰g سنگدانه شیشه بروسیلیکات؛

الف-۱-۱-۳ مقدار کافی آب برای به دست آمدن روانی ۱۰۰٪ تا ۱۱۵٪.

الف-۱-۲ مخلوط کنترل با سیمان پرتلند کم قلیا ساخته شده است. مخلوط آزمون از یک میزان درصد آزمون از خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی ساخته شده که می‌تواند یا سیمان مشابه یا سایر سیمان‌های دارای مقادیر برابر قلیایی‌ها بزرگ‌تر از ۰٫۶٪ ساخته شود.

الف-۱-۳ تفسیر نتایج، هنگامی که خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی در درصدهای برابر یا بزرگ‌تر از درصدهای مورد استفاده در مخلوط آزمون با سیمان دارای قلیایی‌ها استفاده می‌شوند که مجاز نیست از بیش از ۰٫۵۰ درصد وزنی محتوای قلیایی‌های سیمان باشد، کلمه تاثیر برای آن‌ها عنوان می‌شود.

الف-۱-۴ انتخاب درصد وزنی خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی، ممکن است که لازم شود مخلوط آزمون در چندین درصد مختلف از خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی برای تعیین مینیمم مقدار لازم تاثیر در کاهش انبساط به سطح تولید توسط کنترل سیمان کم قلیا ساخته شود. مینیمم مقدار خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی باید ۱۵٪ وزنی مواد سیمانی باشد.

الف-۱-۵ انتخاب میزان قلیایی سیمان مورد استفاده در مخلوط آزمون، در بعضی از مثال‌ها ممکن است لازم نباشد که کاهش انبساط خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی نشان داده شود، اما افزایش هم پیدا نکند. در این مثال‌ها، مخلوط آزمون و مخلوط کنترل باید با سیمان کم قلیا یکسان مورد استفاده در مخلوط کنترل ساخته شوند تا هرگونه افزایش انبساط مشخص شود. ممکن است نیاز باشد درصد خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی مورد استفاده بالا نشان داده شود که بالاترین درصد پذیرفته شود، اگر این درصد بالا برای ترکیب پذیرفته شود.

الف-۱-۶ انتخاب سیمان کم قلیایی کنترلی، روش انجام آزمون برای اندازه‌گیری نسبت موثر خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی در کاهش انبساط ناشی از واکنش‌های قلیایی-سیلیسی در این استاندارد و استاندارد بند ۲-۲۱ ارائه شده است. اثربخشی تابعی از قلیایی‌های سیمان مورد استفاده در مخلوط آزمون و درصد

خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی است. این روش و روش‌های ذکر شده در استاندارد بند ۲-۲۱ می‌توانند به عنوان راهنما برای بالا بردن عمل‌کرد مخلوط‌های پای کار استفاده شوند اگر فرض شود که از سیمان کنترلی کم‌قلیا از انبساط بیش از اندازه با مواد پیشنهادی در کار، جلوگیری می‌کند. این موقعیت هنگامی که سنگدانه‌های پیشنهادی برای استفاده به سرعت با اجزا واکنش می‌دهند استفاده می‌شود، اما هنگامی که آزمون با سیمان کنترلی طبق استاندارد بند ۲-۱۷ انجام می‌شود، انبساط ۰/۰۵٪ در سه ماه یا ۰/۱۰٪ در شش ماه مجاز نیست. در این متال‌ها سیمان کنترل مورد استفاده باید دارای محتوای قلیایی لازم برای کنترل واکنش سنگدانه‌ها، برای مثال در محدوده ۰/۵۰٪ تا ۰/۶۰٪، باشند. استاندارد بند ۲-۱ را ببینید.

**الف-۱-۶-۱** به طور مسلم واکنش بین سنگدانه‌ها مشخص خواهد شد که این هم انبساط مخرب بعد از گذشت چند سال از اجرا تولید می‌کند هنگامی که با سیمان‌های با میزان قلیایی برابر با خوب زیر ۰/۶۰٪ استفاده می‌شوند. اغلب این واکنش‌های سنگدانه‌ها طبق استاندارد بند ۲-۱۷ انبساط تولید نمی‌کند، به استثنای آن‌هایی که در استاندارد بند ۲-۱ در سن‌های بالاتر، شاید یک یا دو سال، ذکر شده‌اند. در این چنین موارد استفاده از سیمان کنترلی با قلیایی‌های کم‌تر از ۰/۶۰٪ مناسب است.

## **الف-۲ تشریح بند ۱۸ این استاندارد**

**الف-۲-۱** روش‌های انجام آزمون در بند ۱۸ این استاندارد برای ارزیابی عمل‌کرد ویژه خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی برای مشارکت در مقاومت یا دوام در یک محیط سولفاته است. این آزمون‌ها بر اساس استاندارد بند ۲-۲۳ تدوین شده‌اند.

**الف-۲-۲** مخلوط کنترل باید با سیمانی که ساخته شده یا تعریف شده طبق استاندارد بند ۲-۴ ساخته شود که پیش‌بینی می‌شود برای سطح مورد انتظار حمله سولفات‌ها نتایج رضایت‌بخشی را ارائه دهد. سیمان نوع دو توصیه شده زیرا هنگامی که محتوای سولفات آن به صورت  $SO_4$  در می‌آید برابر با مقدار ۰/۱۰٪ تا ۰/۲۰٪ در خاک‌ها یا  $150\text{ ppm}$  تا  $1500\text{ ppm}$  در آب‌ها است. سیمان نوع پنج نیز توصیه شده زیرا هنگامی که محتوای سولفات آن به صورت  $SO_4$  در می‌آید برابر با مقدار ۰/۲۰٪ تا ۰/۲۰٪ در خاک‌ها یا  $1500\text{ ppm}$  تا  $10000\text{ ppm}$  در آب‌ها است. مخلوط آزمون برای هر دو روش می‌تواند با درصدهای مختلفی از خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی ساخته شود. در مخلوط آزمون می‌توان از سیمان‌هایی با مقدار کم‌تر، برابر یا بیش‌تر  $C_3A$  استفاده کرد که اگر به تنهایی استفاده شوند نتایج رضایت‌بخشی به ما نمی‌دهند.

**الف-۲-۲ تفسیر نتایج**، حدود مطلق مورد استفاده در روش A مشخص کردن چگونگی تاثیر اضافه کردن خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی در مقاومت در برابر سولفات‌ها را دشوار می‌سازد. بنابراین استاندارد بند ۲-۲۳ به عنوان یک مرجع، مشخص می‌کند که ملات‌ها معیارهای انبساط را به طور کافی دارند. در روش B خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی قادر خواهند بود مقاومت در برابر سولفات‌ها را بالا ببرند اگر انبساط مخلوط آزمون بیش‌تر از مخلوط کنترل در یک زمان حداقل شش ماهه اتفاق بیفتد. توصیه شده که نسبت خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی مورد استفاده در مخلوط آزمون برابر با یکی از نسبت‌ها مورد استفاده در طرح با  $\pm 2\%$  باشد که میزان  $C_3A$  برابر یا کم‌تر از مقداری باشد که در مخلوط‌های آزمون استفاده می‌شود. استاندارد

بند ۲-۲۳ را ببینید.

الف-۲-۴ انتخاب درصد وزنی خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی، ممکن است که لازم شود مخلوط آزمون در چندین درصد مختلف از خاکستر بادی یا پوزولان طبیعی برای تعیین مقدار لازم برای رسیدن به مقاومت مناسب در غلظت‌های مختلف سولفات‌ها ساخته شود. درصدهای مورد استفاده در طرح باید درون ۲٪ آن‌هایی که در مخلوط آزمون موفق بوده‌اند یا باید بین ۲٪ آن‌هایی که موفق بوده‌اند، باشند.