



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۶۷۱۴

تجدید نظر اول

اردیبهشت ۱۳۹۲

INSO

6714

1st.Revision

May.2013

بتن - تعیین مقدار سیمان پرتلند در  
بتن سیمانی سخت شده - روش آزمون

Concrete -Determination of portland-  
cement content of hardened hydraulic-  
cement concrete- Test method

ICS:91.100.30

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

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

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

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

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان 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

« بتن – تعیین مقدار سیمان پرتلند در بتن سیمانی سخت شده – روش آزمون »

### رئیس:

تدین، محسن

(دکترای مهندسی عمران)

### سمت و / یا نمایندگی

دانشگاه بوعلی سینا

### دبیران:

جعفر پور، فاطمه

(کارشناس شیمی)

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

نوری، نگین

(کارشناس شیمی)

سازمان ملی استاندارد ایران

### اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

امیدظهير، محمدرضا

(کارشناس ارشد زمین شناسی)

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

بالی خانی، مینو

(کارشناس ارشد شیمی)

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

پور خورشیدی، علیرضا

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

ترک قشقائی، سیمین

(کارشناس شیمی)

سازمان ملی استاندارد ایران

خلیلی جهرمی، کیان

(کارشناس ارشد مهندسی عمران - گرایش سازه)

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

رئیس قاسمی، امیرمازیار

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

فامیلی، هرمز

(دکتری مهندسی عمران)

دانشگاه علم و صنعت ایران

فیروزیار، فهیمه

(کارشناس شیمی)

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

ماجدی اردکانی، محمدحسین  
(کارشناس ارشد مهندسی عمران - محیط زیست)

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

محمدکاری، بهروز  
(دکترای مهندسی عمران)

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

ویسه، سهراب  
(دکترای مهندسی معدن)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش گفتار
۱	۱ هدف
۱	۲ دامنه کاربرد
۱	۳ مراجع الزامی
۲	۴ تداخلها
۲	۱-۴ مواد تأثیرگذار بر زیرروش کلسیم اکسید
۳	۲-۴ مواد تأثیرگذار بر زیرروش سیلیس محلول
۳	۳-۴ مواد تأثیرگذار بر زیرروش مالئیک اسید
۴	۵ وسایل
۴	۶ معرفها و واکنش گرها
۴	۱-۶ زیرروش سیلیس محلول
۴	۲-۶ زیرروش کلسیم اکسید
۴	۳-۶ روش مالئیک اسید
۵	۴-۶ آب
۵	۷ نمونه برداری
۶	۸ روش تعیین مقدار سیمان
۶	۱-۸ روش تجزیه اکسیدی
۸	۲-۸ روش عصاره گیری مالئیک اسید
۱۰	۹ تعیین چگالی و افت آب آزاد
۱۱	۱۰ محاسبات تکمیلی
۱۱	۱۱ گزارش
۱۲	۱۲ دقت و اریبی
۱۲	۱-۱۲ دقت
۱۳	۲-۱۲ اریبی

## پیش گفتار

استاندارد " بتن - تعیین مقدار سیمان پرتلند در بتن سیمانی سخت شده - روش آزمون " نخستین بار در سال ۱۳۸۲ تدوین شد. این استاندارد براساس پیشنهادهای رسیده و بررسی توسط مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی و تأیید کمیسیون‌های مربوط برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در چهارصد و هجدهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۹۲/۲/۱۷ تصویب شد. اینک این استاندارد 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 ۶۷۱۴ سال ۱۳۸۲ می‌شود.

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

ASTM C1084: 2010, Standard Test Method for Portland - Cement Content of Hardened Hydraulic - Cement Concrete.

## بتن - تعیین مقدار سیمان پرتلند در بتن سیمانی سخت شده - روش آزمون

### ۱ هدف

هدف از تدوین این استاندارد تعیین مقدار سیمان پرتلند (عیار سیمان) در نمونه بتن سیمانی سخت شده است.

### ۲ دامنه کاربرد

این روش آزمون شامل دو روش مستقل به شرح زیر است:

۱-۲ روش تجزیه اکسیدی (شامل دو زیر روش سیلیس محلول و کلسیم اکسید)

۲-۲ روش عصاره‌گیری، مالئیک اسید.

برای هر یک از روش‌های آزمون نیاز به میزان مهارت زیاد در کار تجزیه شیمیایی و دستگاه‌های نسبتاً دقیق شیمیایی است. به‌جز تاثیر تداخل‌های شناخته شده، مقدار سیمان تعیین شده معمولاً معادل یا کمی بیشتر از مقادیر واقعی آن به دست می‌آید، درحالی‌که نتایج به دست آمده از روش عصاره‌گیری (مالئیک‌اسید) زمانی که خمیر سیمان کربناتی شود، بسیار کمتر است.

**یادآوری -** با وجود محدودیت‌های مشخص، این روش آزمون برای تخمین مقدار مخلوط سیمان پرتلند و پوزولان یا سرباره در بتن ساخته شده با این نوع سیمان‌ها (سیمان هیدرولیکی آمیخته و مخلوط‌های سیمان پرتلند با پوزولان‌ها یا سرباره‌ها) قابل کاربرد است. نتایج این روش آزمون هنگامی که برای بتن‌های ساخته شده با سیمان‌های آمیخته یا پوزولان‌ها به کار می‌رود به ترکیب پوزولان، عمر بتن، پیشرفت واکنش پوزولان بستگی دارد. باید به این واقعیت توجه داشت که با این روش آزمون می‌توان تنها مقدار سیمان پرتلند را در سیمان آمیخته تعیین کرد. این روش آزمون باید برای تعیین مقدار سیمان آمیخته یا مقدار پوزولان فقط با استفاده از نمونه‌های بتن واسنجی شده یا سایر اطلاعات به کار رود.

### ۳ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد به آنها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد محسوب می‌شود. در مورد مراجع دارای تاریخ چاپ و / یا تجدیدنظر، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی این مدارک موردنظر نیست. معهدا بهتر است کاربران ذینفع این استاندارد امکان کاربرد آخرین اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای مدارک الزامی زیر را مورد بررسی قرار دهند. در مورد مراجع بدون تاریخ چاپ و / یا تجدیدنظر، آخرین چاپ و / یا تجدیدنظر آن مدارک الزامی ارجاع داده شده، مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است :

۱-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۹۲، سیمان‌های هیدرولیکی - روش‌های آزمون شیمیایی، اندازه‌گیری عناصر اصلی.

۲-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۷۱۴۶، سنگدانه - کاهش دادن نمونه سنگدانه تا اندازه آزمون - روش آزمون.

۳-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۸، آب - آب مورد مصرف در آزمایشگاه تجزیه-ویژگی‌ها و روش‌های آزمون.

۳-۴ استاندارد ملی ایران شماره ۵۰۰۲-۱، الک‌های آزمون - الزامات فنی و آزمون - قسمت اول: الک‌های آزمون با تور سیمی فلزی.

۳-۵ استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۴۲، ویژگی‌های کاغذ صافی جهت مصارف شیمیایی.

۳-۶ استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۳۰۶، بتن - تهیه و آزمون نمونه‌های مغزه‌گیری شده و تیرهای آره شده بتنی - روش آزمون.

3-7 ASTM C-670, Standard Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials.

3-8 ASTM C-823, Practice for Examination and sampling of Hardened concrete in constructions.

3-9 ASTM C-856, Standard Practice for Petrographic Examination of Hardened Concrete.

#### ۴ تداخل‌ها

بسیاری از اجزای تشکیل دهنده بتن ممکن است در تجزیه بتن برای تعیین مقدار سیمان پرتلند، تداخل ایجاد کنند. فهرست محدود مواد زیر به عنوان راهنما ارائه شده است. سنگ‌ها، کانی‌ها یا افزودنی‌های معدنی فهرست شده با توجه به میزان قابلیت انحلال (انحلال‌پذیری) آن‌ها، در طی روش تجزیه مورد استفاده، با تعیین مقدار سیمان، تداخل خواهند کرد. قابلیت انحلال سنگ‌ها، کانی‌ها یا افزودنی‌های معدنی ممکن است به میزان نرمی آزمون، نسبت آب به سیمان بتن، میزان هیدراته شدن و عمر بتن بستگی داشته باشد. (رویاریویی طولانی مدت بتن با pH زیاد، ممکن است بر قابلیت انحلال برخی از کانی‌ها تأثیرگذار باشد).

#### ۴-۱ مواد تأثیرگذار بر زبروش کلسیم‌اکسید

۴-۱-۱ مواد مانند: سنگ آهک، مرمر، سنگ آهک دولومیتی، ماسه سنگ آهکی، چرت آهکی، سنگ‌های کالیش<sup>۱</sup> (کلسیم کربنات همراه با شن، ماسه، رس و لای) و سنگ‌های با پوشش کلسیتی یا دولومیتی حتی در هیدروکلریک اسید رقیق سرد شده مورد مصرف در این روش، قابل حل هستند و خطای زیادی در میزان سیمان محاسبه شده از کلسیم‌اکسید محلول ایجاد می‌کنند.

۴-۱-۲ مواد مانند: فلدسپات‌های پلاژیوکلاز دگرسان شده یا هوازده، سنگ‌های با پوشش آهکی (کالیش)، سنگ‌های آتشفشانی دگرسان شده (با ادخال‌های<sup>۲</sup> آهکی) و بسیاری سنگ‌های دیگر حاوی کلسیم، ممکن است بسته به عمر و pH بتن، چگونگی وضعیت کانی موجود (به شکل شیشه‌ای یا بلوری، هوازده یا

1- Caliche-encrusted rock

2- Inclusion



دگرسان شده و ریزی دانه‌ها) قابل حل باشند. در صورت محلول بودن کانی‌های ذکر شده، در مقدار سیمان محاسبه شده از کلسیم‌اکسید محلول که بستگی زیادی به مقدار کلسیم کانی‌ها دارد، خطا ایجاد می‌کنند.

۴-۱-۳ هر درصدی از کلسیم‌اکسید محلول که از طریق سنگدانه قابل حل یا مواد افزودنی معدنی وارد می‌شود، باعث ایجاد خطا و افزایش مقدار سیمان تا حدود ۱/۶ درصد خواهد شد.

۴-۱-۴ دوده سیلیسی ممکن است سبب کاهش قابلیت انحلال در اسید در نمونه مورد آزمون شود و بنابراین باعث کم شدن نتیجه به دست آمده و ایجاد خطا می‌شود.

#### ۲-۴ مواد تأثیرگذار بر زیرروش سیلیس محلول

۴-۲-۱ موادی مانند: چرت<sup>۱</sup>، آپال<sup>۲</sup>، کالسدونی<sup>۳</sup>، سنگ آتشفشان شیشه‌ای، کوارتز تغییر شکل یافته (بسیار تغییر شکل یافته)، کوارتزیت، سنگ‌های کاتاکلازی<sup>۴</sup> (میلونیت<sup>۵</sup>، فیلونیت<sup>۶</sup>)، گنایس<sup>۷</sup>، شایست<sup>۸</sup>، متاگری و ک<sup>۹</sup> و بسیاری دیگر از سنگ‌ها یا کانی‌های حاوی سیلیس محلول، ممکن است بسته به عمر و pH بتن، چگونگی وضعیت کانی موجود (به شکل شیشه‌ای یا بلوری، هوازده یا تغییرشکل یافته و ریزی دانه‌ها) قابل حل باشند.

۴-۲-۲ هر درصدی از سیلیس محلول که از طریق سنگدانه قابل حل یا مواد افزودنی معدنی وارد می‌شود، باعث ایجاد خطا و افزایش مقدار سیمان تا حدود ۴/۷ درصد خواهد شد.

۴-۲-۳ دوده سیلیسی ممکن است سبب کاهش قابلیت انحلال در اسید در نمونه مورد آزمون و بنابراین باعث کم شدن نتیجه به دست آمده و ایجاد خطا شود. چنانچه زمان یا دما برای تجزیه کل سیمان پرتلند کافی باشد، دوده سیلیسی حل و باعث خطا و افزایش مقدار سیمان محاسبه شده می‌شود.

#### ۳-۴ مواد تأثیرگذار بر زیرروش مالئیک‌اسید

۴-۳-۱ همان موادی که در زیرروش‌های کلسیم محلول یا سیلیس محلول قابل حل هستند ممکن است در زیرروش مالئیک‌اسید نیز قابل حل باشند (به بند ۴-۱-۱، ۴-۱-۲ و ۴-۲-۱ مراجعه شود).

۴-۳-۲ هر یک درصد از نمونه مورد آزمون که سنگدانه یا مواد افزودنی معدنی آن، محلول در مالئیک‌اسید باشد، سبب خطا و افزایش مقدار سیمان تا یک درصد می‌شود.

۴-۳-۳ خمیر سیمان کربناته شده ممکن است در محلول متانول - مالئیک‌اسید قابل حل نباشد و بنابراین ممکن است باعث ایجاد خطا و کاهش نتایج مقدار سیمان شود.

- 
- 1- Chert
  - 2 -Opal
  - 3 -Chalcedony
  - 4- Cataclastic rocks
  - 5-Mylonite
  - 6 -phyllonite
  - 7- Gneiss
  - 8-Schist
  - 9- Metagraywacke

۴-۳-۴ فازهای آهن و آلومینیم هیدراته نشده سیمان پرتلند ممکن است در مالتیک اسید قابل حل نباشد و در این صورت، باعث ایجاد خطا و کم شدن مقدار سیمان می‌شود. این خطا ممکن است در سنین اولیه قابل توجه و در سنین بعدی کم‌تر باشد.

## ۵ وسایل

وسایل مورد نیاز را از موارد ارائه شده در استاندارد بند ۳-۱ و موارد زیر انتخاب کنید:

- ۱-۵ سنگ شکن فکی؛
- ۲-۵ آسیاب دیسکی؛
- ۳-۵ آسیاب گردنده؛
- ۴-۵ الک‌های ۳۰۰ میکرومتر (نمره ۵۰)، ۱/۱۸ میلی‌متر (نمره ۱۶) و ۴/۷۵ میلی‌متر (نمره ۴)؛
- ۵-۵ حمام یخ یا دستگاه خنک کننده الکتریکی؛
- ۶-۵ حمام بخار؛
- ۷-۵ قیف، قیف چینی بوخنر؛
- ۸-۵ کاغذ صافی از نوع بافت درشت و متوسط؛
- ۹-۵ بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری و ۲۵۰ میلی‌لیتری؛
- ۱۰-۵ همزن مغناطیسی با سرعت متغیر و دارای یک میله همزن مغناطیسی با پوشش تترافلوئوراتیلن-فلوئوروکربن یا همزن الکتریکی پروانه‌دار؛
- ۱۱-۵ بالن ژوژه ۱۰۰۰ میلی‌لیتری و ۵۰۰ میلی‌لیتری؛
- ۱۲-۵ ارلن ۲۰۰۰ میلی‌لیتری برای صاف کردن؛
- ۱۳-۵ پمپ خلاء؛
- ۱۴-۵ شیشه ساعت با قطر ۱۲۵ میلی‌متر.

## ۶ معرف ها و واکنش گر ها

### ۱-۶ زیر روش سیلیس محلول

- ۱-۱-۶ هیدروکلریک اسید خالص، با چگالی ۱/۱۹ گرم بر سانتی متر مکعب؛
- ۲-۱-۶ هیدروکلریک اسید (۳: ۱) - ۳۰۰ میلی‌لیتر هیدروکلریک اسید خالص را با ۹۰۰ میلی‌لیتر آب مخلوط کنید؛
- ۳-۱-۶ هیدروکلریک اسید (۹: ۱) - ۱۰۰ میلی‌لیتر هیدروکلریک اسید خالص را با ۹۰۰ میلی‌لیتر آب مخلوط کنید؛
- ۴-۱-۶ سدیم هیدروکسید (۱۰ گرم در لیتر) - ۵ گرم از سدیم هیدروکسید خالص را در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب حل کنید و آن را تا ۵۰۰ میلی لیتر رقیق کنید؛
- ۵-۱-۶ هیدروفلوئوریک اسید خالص، ۴۸ درصد؛
- ۶-۱-۶ سولفوریک اسید خالص، با چگالی ۱/۸۴ گرم بر سانتی متر مکعب.

## ۶-۲ زیرروش کلسیم اکسید

از معرف‌ها و مواد مورد نیاز در استاندارد بند ۳-۱ استفاده کنید.

## ۶-۳ روش مالئیک اسید

۶-۳-۱ مالئیک اسید صنعتی؛

۶-۳-۲ متانول صنعتی بدون آب.

۶-۳-۳ محلول مالئیک‌اسید- محلول تازه‌ای از مالئیک‌اسید ۱۵درصد در متانول را با انحلال و رقیق کردن (۱±۱۸۰) گرم مالئیک‌اسید با متانول تا رسیدن به حجم محلول نهایی ۱۲۰۰ میلی‌لیتر تهیه کنید. این محلول را تازه و روزانه تهیه کنید. باید توجه شود که متانول تنها در محلی که به‌خوبی تهویه می‌شود (ترجیحاً زیر یک هود)، مورد استفاده قرار گیرد تا از تماس پوستی و تنفس بخارها جلوگیری به‌عمل آید. دور ریختن محلول مالئیک اسید/ محلول متانول باید مطابق مقررات کاربردی انجام شود.

۶-۳-۴ خاک فولر- مواد پایه رسی است که از آلومینیم سیلیکات کلوئیدی متخلخل تشکیل می‌شود. خاصیت جذب زیاد این مواد برای رنگ‌بری و تصفیه مواد (خالص‌سازی)، بسیار مفید است.

۶-۴ آب- در متن این استاندارد هر کجا که به آب اشاره شده است، منظور آب مقطر مطابق استاندارد بند ۳-۳، است.

## ۷ نمونه برداری

۷-۱ نمونه بتنی را براساس اهداف تحقیق و بررسی، انتخاب کنید.

یادآوری- روش نمونه‌برداری از بتن سخت شده باید مطابق استاندارد بند ۳-۸ و روش مغزه‌گیری باید مطابق استاندارد بند ۳-۶ انجام شود.

۷-۲ نمونه‌های لازم برای تعیین مقدار سیمان و برای چگالی باید دارای طول و قطری حداقل چهار برابر حداکثر اندازه اسمی سنگدانه باشد.

یادآوری- به‌طور معمول نمونه مناسب برای انجام آزمون، یک مغزه بتنی منفرد است که از سرتاسر عمق بتن برداشته شود. این نمونه را می‌توان از طول اره کرد یا شکافت تا نمونه‌هایی برای تعیین مقدار سیمان، چگالی و آزمون‌های سنگ شناسی تهیه شود، مشروط بر آن‌که طول و ضخامت نمونه‌های بریده شده برای تعیین مقدار سیمان و چگالی، حداقل مقدار مشخص شده در بند ۷-۲ را برآورده کند. چنان‌چه نمونه بریده شده مطابق حداقل الزامات اندازه مورد نیاز نباشد، ابتدا اندازه‌گیری چگالی را انجام دهید و سپس کل نمونه خشک را برای تعیین مقدار سیمان خرد کنید. جرم توصیه شده بتن برای تعیین مقدار سیمان، ۴/۵ کیلوگرم است. در صورت کم بودن عمق بتن و عدم تأمین مقدار ۴/۵ کیلوگرم از یک مغزه، این جرم باید از بیش از یک مغزه به‌دست آید. چنان‌چه نمونه بتنی جرمی برابر ۴/۵ کیلوگرم نداشته باشد، در این صورت در گزارش نهایی مربوط به اعلام نتیجه مقدار سیمان، باید بیان شود.

۷-۳ برای تعیین مقدار سیمان، نمونه را به‌گونه‌ای خرد کنید تا از الک ۴/۷۵ میلی‌متری (نمره ۴) رد شود، نمونه‌های رد شده از الک را کاملاً مخلوط کنید و با روش مخروط و چهار قسمتی کردن یا مقسم مطابق استاندارد بند ۳-۲، زیرنمونه نماینده‌ای برای تجزیه به‌دست آورید. جرم زیرنمونه باید ۰/۴۵ کیلوگرم باشد.

## ۸ روش تعیین مقدار سیمان

### ۸-۱ روش تجزیه اکسیدی

۸-۱-۱ زیر نمونه به دست آمده مطابق بند ۷-۳ را با استفاده از سنگ شکن فکی، آسیاب دیسکی یا آسیاب گردنده، خرد یا آسیاب کنید به گونه‌ای که همه مواد از الک ۳۰۰ میکرومتر (نمره ۵۰) عبور کند. برای به حداقل رساندن مواد بسیار ریزدانه، نمونه‌ها را چندین بار الک کنید، بخش رد شده از الک را کنار بگذارید و باقی مانده روی الک را دوباره آسیاب کنید. برای دستیابی به یک نمونه یکنواخت، نمونه را با ۱۰ بار ریختن به شکل مخروط از یک کاغذ به کاغذ دیگر کاملاً مخلوط کنید.

۸-۱-۲ مواد خرد یا آسیاب شده را در یک گرم‌خانه با دمای (۱۰۵ تا ۱۱۵) درجه سلسیوس به مدت ۳ ساعت خشک کنید و سپس آن را در یک ظرف هوابندی شده نگاه دارید.

### ۸-۱-۳ زیر روش مورد استفاده

۸-۱-۳-۱ زیر روش سیلیس محلول باید در همه موارد به کار رود، به جز در مواردی که آزمون‌های سنگ‌شناسی نشان دهد که سنگدانه‌های سیلیسی یا مواد افزودنی معدنی در هیدروکلریک اسید سرد قابل حل خواهند بود.

۸-۱-۳-۲ زیر روش کلسیم اکسید نیز باید به کار رود، مگر آن که سنگدانه مورد استفاده در بتن، حاوی مقدار زیادی ترکیبات آهکی باشد.

۸-۱-۳-۳ همه تجزیه‌ها باید سه بار انجام شود. برای محاسبه مقدار سیمان، میانگین سه مقدار مورد استفاده قرار گیرد.

### ۸-۱-۴ زیر روش سیلیس محلول

۸-۱-۴-۱ ۱۰۰ میلی لیتر هیدروکلریک اسید رقیق (۱+۳) را در هر یک از سه بشر ۲۵۰ میلی لیتری بریزید. دمای مجموعه را در محدوده (۳ تا ۵) درجه سلسیوس با استفاده از دستگاه خنک کننده الکتریکی یا حمام یخ خنک کنید.

۸-۱-۴-۲ دو گرم نمونه را با دقت تا ۰٫۰۰۱ گرم وزن کنید و به آهستگی در طی یک دقیقه به هیدروکلریک اسید سرد بیفزایید. دما را برای مدت ۵ دقیقه در (۳ تا ۵) درجه سلسیوس نگاه دارید و مخلوط را بطور پیوسته یا حداقل چندین بار طی این دوره به هم بزنید.

یادآوری - مشاهده محلول طی ریختن نمونه ممکن است اطلاعات مفیدی بدست دهد. جوشیدن زیاد نشانه زیاد بودن کلیست یا خمیر کربناته شده است. جوشیدن باتأخیر، معرف سنگدانه دولومیتی است. نجوشیدن نشانه قابل کاربرد بودن، زیر روش اکسید کلسیم است.

۸-۱-۴-۳ از قیف چینی بوختر که بر روی آن دو کاغذ صافی بافت ریز قرار داده شده است برای جداسازی رسوبها استفاده کنید. هنگام صاف کردن محلول مراقب باشید که رسوب باقی مانده تا پایان صاف کردن،

خشک نشود. سرعت مکش را به گونه‌ای تنظیم کنید تا بخش بیشتری از محلول صاف شود. تا جای ممکن، باقی مانده داخل بشر را نگه دارید. محتویات روی قیف را دو بار با آب داغ بشویید و صاف کنید. محلول زیر صافی را نگه دارید. کاغذ صافی را از قیف به بشر حاوی رسوب منتقل کنید و دقت کنید که هیچ باقی مانده‌ای از دست نرود. در حال هم زدن، مقدار ۷۵ میلی‌لیتر محلول سدیم هیدروکسید داغ (۱۰ گرم در لیتر) را به باقی مانده اضافه کنید. کاغذ صافی را کاملاً در محلول سود بخیسانید تا مواد سیلیسی حل شود و با شیشه ساعت درب آن را به پوشانید و به مدت ۱۵ دقیقه روی حمام بخار قرار دهید. در طول حل شدن، گاهی اوقات مخلوط را هم بزنید. کلیه مواد جامد روی کاغذ صافی را صاف کنید و دوبار با آب داغ بشویید تا محلول زیر صافی کاملاً خنثی شود و با کاغذ لیتموس تغییر رنگ ندهد. محلول زیر صافی مرحله قبل را به محلول زیر صافی این مرحله اضافه کنید.

۸-۱-۴-۴ محلول به دست آمده حاوی سیلیس به شکل سیلیسیک اسید، به صورت محلول یا به صورت معلق در محیط هیدروکلریک اسید است. برای اطمینان از تجزیه فقط سیلیس محلول، مواد زیر صافی را که کدر است دوباره صاف کنید (محلول زیر صافی را برای یک شب نگه دارید تا امکان ته نشین شدن سیلیس معلق فراهم شود). سیلیس محلول را می‌توان با هر یک از روش‌های (۱) و (۲)، ارائه شده در بند های ۸-۱-۴-۴ و ۸-۱-۴-۴، مورد تجزیه قرار داد.

#### ۸-۱-۴-۴-۱ روش ۱- تجزیه سیلیس محلول از طریق تبدیل به سیلیسم تترافلورئورید با استفاده از هیدروفلوریک اسید

هنگامی که سنگدانه نمونه اصلی، حاوی مقادیر زیاد از موادی است که در عمل‌آوری با اسید، کلسیم اکسید (CaO)، تولید می‌کند، ۱۰ میلی‌لیتر هیدروکلریک اسید (با چگالی ۱/۱۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب) را به محلول حاصل از بند ۸-۱-۴-۴، بیفزایید. آن را با چندین بار شستشو به کپسول چینی مناسب منتقل و تا خشک شدن تبخیر کنید. دقت کنید پاشیده شدن محلول به حداقل برسد. آن را برای یک ساعت در گرم‌خانه با دمای کمتر از ۱۲۰ درجه سلسیوس قرار دهید، سپس با هیدروکلریک اسید (با چگالی ۱/۱۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب) مرطوب کنید و دوباره تا خشک شدن تبخیر کنید. سپس ۷۵ میلی‌لیتر محلول هیدروکلریک اسید (۱+۳) بر روی آن بریزید. مجموعه را تا جوشیدن حرارت دهید و محتویات کپسول چینی را روی کاغذ صافی بدون خاکستر صاف کنید و باقی مانده را با ۵۰ میلی‌لیتر هیدروکلریک اسید (۱+۹) داغ بشویید و سپس با آب داغ شستشو دهید تا محلول زیر صافی عاری از یون کلرید باشد. سیلیس موجود در نمونه را از طریق عمل‌آوری با هیدروفلوریک اسید و سولفوریک اسید مطابق با روش ارائه شده در استاندارد بند ۳-۱، تعیین کنید.

#### ۸-۱-۴-۴-۲ روش ۲- تجزیه سیلیس محلول به روش دستگاہی

زیر صافی حاصل از بند ۸-۱-۴-۴ را با چندین بار شستشوی ظرف حاوی محلول، به یک بالن ژوژه ۵۰۰ میلی‌لیتری منتقل کنید. حجم بالن ژوژه را با آب مقطر به ۵۰۰ میلی‌لیتر برسانید. سیلیس محلول را از

طریق هر روش دستگاهی مورد قبول برای تجزیه سیمان مطابق با استاندارد بند ۳-۱ تجزیه کنید، مشروط بر آن که برای محلول زیر صافی قابل استفاده باشد. روش‌های دستگاهی مناسب شامل جذب اتمی یا اسپکترومتر نشری پلاسمای القایی<sup>۱</sup> است.

۸-۱-۴-۵ محاسبه - درصد سیمان،  $C_s$ ، را با تقسیم درصد سیلیس ( $SiO_2$ ) موجود در بتن بر درصد سیلیس ( $SiO_2$ ) سیمان و ضرب آن در عدد ۱۰۰ محاسبه کنید. در صورت مشخص نبودن سیلیس سیمان، مقدار آن را ۲۱٪ درصد فرض کنید.

۸-۱-۵ زیرروش کلسیم اکسید - کلسیم اکسید را می‌توان از طریق هر یک از روش‌های زیر تعیین کرد. در صورتی که مشخص شود سنگدانه حاوی مقادیر زیادی ترکیبات آهکی است، این روش را به کار نبرید.

۸-۱-۵-۱ رسوب کلسیم‌گزالات - با استفاده از محلول زیر صافی حاصل از جداسازی سیلیس (بند ۸-۱-۴-۴)، گروه آمونیم هیدروکسید را جدا کرده و سپس کلسیم اکسید را تعیین کنید، هر دوی این روش‌ها را مطابق با استاندارد بند ۳-۱ یا مطابق با روش شرح داده شده در بند ۸-۱-۵-۲، انجام دهید.

۸-۱-۵-۲ تجزیه کلسیم‌اکسید به روش دستگاهی - هر روش دستگاهی تعیین کلسیم اکسید که مورد قبول برای تجزیه سیمان مطابق با استاندارد بند ۳-۱، است را می‌توان مورد استفاده قرار داد، مشروط بر آن که برای محلول زیر صافی قابل استفاده باشد. به علاوه این روش باید برای تجزیه سیمان در شرایط یکسان وجود سیلیس یا عدم وجود سیلیس مانند آن چه در تجزیه بتن وجود دارد، باید قابل استفاده باشد.

۸-۱-۵-۳ محاسبه - درصد سیمان،  $C_c$ ، را با تقسیم درصد کلسیم‌اکسید موجود در بتن بر درصد کلسیم‌اکسید سیمان و ضرب آن در عدد ۱۰۰، محاسبه کنید. در صورت مشخص نبودن کلسیم‌اکسید سیمان، مقدار آن را ۶۳٪ درصد فرض کنید.

## ۸-۲ روش عصاره گیری مالئیک اسید

۸-۲-۱ نمونه را مطابق با بند ۸-۱-۱ و ۸-۱-۲ خرد یا آسیاب و خشک کنید، با این تفاوت که مواد باید از الک ۱/۱۸ میلی‌متری (نمره ۱۶) مطابق استاندارد بند ۳-۴، رد شود.

۸-۲-۲ آب ترکیبی - ۱۰ گرم از نمونه خرد و خشک شده را با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن کنید و در یک بوتله از پیش حرارت داده شده و به وزن ثابت رسیده، بریزید و آن را در دمای  $(5 \pm 52)$  درجه سلسیوس برای مدت ۳ ساعت یا تا رسیدن به وزن ثابت خشک کنید. مجموعه را در یک دسیکاتور خنک و جرم آن را تعیین کنید.

یادآوری - به منظور پرهیز از تجزیه کربنات‌های کلسیتی یا دولومیتی در بعضی سنگدانه‌ها، دما نباید از ۵۴۰ درجه سلسیوس بیشتر شود.

۸-۲-۱ درصد آب ترکیبی را از فرمول زیر محاسبه کنید.

$$L_c \% = \frac{(C - D) \times 100}{C}$$

که در آن:

$L_c$  درصد آب ترکیبی، براساس وزن نمونه خشک

$C$  جرم نمونه خشک شده بر حسب گرم

$D$  جرم نمونه پس از حرارت دادن در ۵۲۰ درجه سلسیوس بر حسب گرم

۸-۲-۳ عصاره‌گیری - ۲۰ گرم نمونه بتن آسیاب و خشک شده و ۲٫۵ گرم نمونه خاک فولر خشک شده در دمای ۱۰۵ تا ۱۱۵ درجه سلسیوس را با دقت ۰٫۰۰۱ گرم وزن کنید و هر دو را به یک بشر یا ارلن ۱۰۰۰ میلی‌لیتری منتقل کنید و به آن ۸۰۰ میلی‌لیتر محلول مالئیک‌اسید بیفزایید و با یک هم‌زن مغناطیسی یا هم‌زن الکتریکی پروانه‌دار برای مدت ۶۰ دقیقه به هم بزنید و بگذارید مخلوط به مدت ۶۰ دقیقه ته‌نشین شود. محلول را با دقت روی کاغذ صافی بافت درشت یا معادل آن با وزن مشخص که روی دهانه قیف بوختر ۱۰۰ میلی‌لیتری قرار داده شده است بریزید و با استفاده از مکش صاف کنید. مواد زیر صافی را در یک ارلن ۲۰۰۰ میلی‌لیتری که در زیر قیف بوختر قرار دارد، جمع‌آوری کنید. بگذارید مواد ته‌نشین شده در داخل بشر باقی بماند.

۸-۲-۳-۱ (۴۰۰) میلی‌لیتر محلول مالئیک‌اسید را به مواد باقی‌مانده در بشر اضافه کنید و به مدت ده دقیقه به هم بزنید و بگذارید مخلوط برای ۳۰ دقیقه ته‌نشین شود و کل محتویات بشر را بر روی کاغذ صافی اولیه (مربوط به بند ۸-۲-۳)، صاف کنید. برای اطمینان از انتقال محتویات بشر، آن را کاملاً با متانول بشوید. باقی‌مانده روی کاغذ صافی را ۴ تا ۵ بار با مقدار تقریباً ۵۰ میلی‌لیتر متانول شستشو دهید تا تمامی مالئیک‌اسید باقی‌مانده خارج شود. همچنین هرگونه براده آهن را که ممکن است به مگنت هم‌زن داخل قیف بوختر چسبیده باشد، بشوید. محلول زیر صافی باید شفاف باشد.

۸-۲-۳-۲ کاغذ صافی و باقی‌مانده روی آن را به یک شیشه ساعت ۱۲۵ میلی‌متری منتقل کنید و در یک گرم‌خانه در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس قرار دهید. مجموعه را تا رسیدن به وزن ثابت خشک و سپس باقی‌مانده و کاغذ صافی را با دقت ۰٫۰۰۱ گرم وزن کنید.

۸-۲-۴ محاسبه

درصد باقی‌مانده نامحلول را بر اساس فرمول زیر محاسبه کنید.

$$R \% = \frac{(F - G) \times 100}{E}$$

که در آن:

$R$  درصد باقی مانده نامحلول؛

$E$  جرم نمونه مورد استفاده، برحسب گرم؛

$F$  وزن مجموع باقی مانده، کاغذ صافی و خاک فولر، برحسب گرم؛

$G$  وزن مجموع کاغذ صافی و خاک فولر، برحسب گرم.

#### ۸-۲-۵ محاسبه مقدار سیمان

درصد مقدار سیمان  $C_m$  را با کم کردن  $R$  و  $L_C$  از ۱۰۰ محاسبه کنید.

#### ۹ تعیین چگالی و افت آب آزاد

۹-۱ چگالی یک نمونه مغزه‌گیری شده جداگانه بتن را با حداقل ابعاد ۴ برابر حداکثر اندازه سنگدانه و با وزن حداقل ۴۵۰ گرم، به روش زیر تعیین کنید:

#### ۹-۱-۱ چگالی اشباع با سطح خشک

معمولاً چگالی اشباع با سطح خشک نمونه مورد آزمون، با چگالی بتن ریخته‌شده در محل بسیار وابسته است. بتن را در آب به مدت حداقل ۲۴ ساعت یا تا رسیدن به وزن ثابت غوطه‌ور کنید (وزن ثابت برای نصف مغزه با قطر ۱۰۰ میلی‌متر پس از ۴۸ ساعت به دست می‌آید). نمونه را هنگامی که در آب غوطه‌ور است با دقت ۰٫۱ گرم وزن کنید. سپس آن را از آب خارج، سطح آن را خشک و جرم آن را با دقت ۰٫۱ گرم وزن کنید. چگالی اشباع با سطح خشک ( $D_{SSD}$ )، را برحسب کیلوگرم بر متر مکعب با استفاده از فرمول زیر محاسبه کنید.

$$D_{SSD} = \frac{W_1 \times \rho}{W_1 - W_2}$$

که در آن:

$D_{SSD}$  چگالی اشباع با سطح خشک برحسب کیلوگرم بر متر مکعب؛

$W_1$  جرم اشباع با سطح خشک ( $SSD$ ) در هوا پس از ۴۸ ساعت غوطه‌وری، برحسب کیلوگرم؛

$W_2$  جرم اشباع با سطح خشک ( $SSD$ ) معلق و غوطه‌ور در آب، برحسب کیلوگرم؛

$\rho$  چگالی آب، ۹۹۷ کیلوگرم بر متر مکعب.



## ۲-۱-۹ چگالی خشک و آب آزاد

نمونه مورد استفاده در بند ۱-۱-۹ را برای حداقل ۲۴ ساعت یا تا رسیدن به وزن ثابت در دمای ۱۰.۵ تا ۱۱.۵ درجه سلسیوس خشک و سپس آن را خنک کنید. نمونه را با دقت ۰.۱ گرم وزن کنید. چگالی،  $D_{SSD}$ ، را بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب و آب آزاد،  $L_f$ ، را با استفاده از فرمول زیر محاسبه کنید:

$$D_{dry} = \frac{D_{SSD} \times W_3}{W_1}$$

$$L_f = \frac{(W_1 - W_3) \times \rho}{(W_1 - W_2)}$$

که در آن:

- $D_{SSD}$  چگالی اشباع با سطح خشک، بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب؛
- $W_1$  جرم اشباع با سطح خشک ( $SSD$ ) در هوا پس از ۴۸ ساعت غوطه وری، بر حسب کیلوگرم؛
- $W_2$  جرم خشک، بر حسب کیلوگرم؛
- $L_f$  آب آزاد، بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب؛
- $W_3$  جرم اشباع با سطح خشک ( $SSD$ ) معلق و غوطه ور در آب، بر حسب کیلوگرم.

## ۱۰ محاسبات تکمیلی

۱-۱۰ مقدار سیمان - مقدار سیمان بتن را از اطلاعات به دست آمده از هر روش مورد استفاده، براساس فرمول زیر محاسبه کنید.

$$\text{مقدار سیمان، کیلوگرم بر متر مکعب} = \frac{C \times D_d}{100}$$

که در آن:

- $C$  درصد وزنی سیمان به دست آمده، چه به صورت  $C_s$ ،  $C_c$  یا  $C_m$ ؛
- $D_d$  چگالی خشک، بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب.

## ۱۱ گزارش

۱-۱۱ درصد سیمان و در صورت نیاز مقدار سیمان را با دقت کیلوگرم بر متر مکعب به صورت زیر گزارش کنید.

۱۱-۱-۱ چنانچه دو یا بیش از دو روش یا زیر روش انجام شود، کمترین نتیجه به دست آمده و روش مورد استفاده را گزارش کنید.

## ۱۲ دقت و اریبی

- ۱۲-۱ دقت - دقت روش‌های آزمون تعیین مقدار سیمان به ترکیب بتن بستگی دارد.
- ۱۲-۱-۱ استفاده از روش سیلیس محلول ممکن است در مورد بتن‌هایی که دارای سنگدانه‌های سیلیسی، پوزولان‌ها و سایر مواد چسباننده هستند، نتایج بالایی به دست دهد.
- ۱۲-۱-۲ استفاده از روش کلسیم اکسید در مورد سنگدانه‌های آهکی یا سایر مواد چسباننده موجود در بتن ممکن است نتایج بالایی به دست دهد و ممکن است در مورد بسیاری از مواد پوزولانی نیز صادق باشد.
- ۱۲-۱-۳ استفاده از روش مالئیک اسید بسته به محلول بودن سنگدانه‌ها در مالئیک اسید، مقدار فازهای آلومینات و فریت هیدراته نشده در سیمان که نامحلول هستند و کربناته شدن خمیر سیمان، ممکن است سبب دستیابی به نتایج کم یا زیاد شود.
- ۱۲-۱-۴ به همین دلایل، دقت به دست آمده برای یک نوع بتن به منظور تخمین مواردی که برای سایر بتن‌ها به دست خواهد آمد، غیرقابل استفاده است.
- ۱۲-۱-۵ موارد زیر که روی روش‌های سیلیس محلول و کلسیم اکسید تداخل ایجاد می‌کنند، براساس نتایج تجزیه سه نمونه مناسب، ارزیابی می‌شود:
- سنگدانه‌ای که در میزان کلسیم اکسید تداخل ایجاد می‌کند.
  - سنگدانه‌ای که در میزان سیلیس تداخل ایجاد می‌کند.
  - سنگدانه‌ای که در میزان کلسیم اکسید و سیلیس محلول، تداخل ایجاد می‌کند.

**یادآوری** - بیان این دقت‌ها براساس نمونه‌های آسیاب شده و رد شده از الک ۶۰۰ میلی‌متر (نمره ۳۰) در یک آزمایشگاه منفرد است. به همین دلیل آزمون‌های بین آزمایشگاهی سبب هیچ‌گونه اختلافی در نتایج به دست آمده که به دلیل نمونه‌برداری و تهیه نمونه رخ می‌دهد، نشد.

- ۱۲-۱-۶ موارد زیر که روی روش عصاره‌گیری مالئیک اسید تداخل ایجاد می‌کند، براساس نتایج تجزیه چهار نمونه بتنی مناسب مربوط به یازده آزمایشگاه، ارزیابی شده است.
- سنگدانه درشت آهکی؛
  - سنگدانه دولومیتی؛
  - سنگدانه سیلیسی؛
  - آزمون دارای خاکستر بادی؛
  - کلیه مواد چسباننده با مقداری در محدود (۲۵۰ تا ۳۵۵) کیلوگرم بر متر مکعب.

**یادآوری-** بیان این دقت‌ها براساس آزمون‌های انجام گرفته روی نمونه‌های آسیاب شده و رد شده از الک ۱/۱۸ میلی‌متر (نمره ۱۶) در یک آزمایشگاه منفرد است. به همین دلیل آزمون‌های بین آزمایشگاهی سبب هیچ‌گونه اختلافی در نتایج به‌دست آمده که به دلیل نمونه‌برداری و تهیه نمونه رخ می‌دهد، نشد.

**۱۲-۱-۷ روش سیلیس محلول-** برای یک آزمایشگاه منفرد، انحراف معیار برابر ۱۵/۶ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمده است. بنابراین، نتایج دو آزمون قابل قبول در یک آزمایشگاه روی همان نمونه نباید بیش از ۴۴/۱ کیلوگرم بر مترمکعب با یکدیگر تفاوت داشته باشند.

**۱۲-۱-۷-۱** برای چند آزمایشگاه، انحراف معیار برابر ۲۵/۱ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمده است. بنابراین، نتایج قابل قبول به دست آمده در دو آزمایشگاه مختلف روی نمونه‌های با همان مواد نباید بیش از ۷۱/۴ کیلوگرم بر مترمکعب با یکدیگر تفاوت داشته باشد.

**۱۲-۱-۸ روش کلسیم اکسید-** در صورت کاربردی بودن این روش، برای یک آزمایشگاه منفرد، انحراف معیار برابر ۲/۸ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمده است. بنابراین، نتایج دو آزمون قابل قبول در یک آزمایشگاه روی همان نمونه نباید بیش از ۷/۸ کیلوگرم بر مترمکعب با یکدیگر تفاوت داشته باشند.

**۱۲-۱-۸-۱** برای چند آزمایشگاه، انحراف معیار برابر ۱۰/۰ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمده است. بنابراین، نتایج قابل قبول به دست آمده در دو آزمایشگاه مختلف روی نمونه‌های با همان مواد نباید بیش از ۲۸/۴ کیلوگرم بر مترمکعب با یکدیگر تفاوت داشته باشد.

**یادآوری-** این اعداد به ترتیب نمایانگر اولین و دومین محدوده شرح داده شده در آیین کار بند ۳-۷، است.

**۱۲-۱-۹ روش مالئیک اسید-** برای یک آزمایشگاه منفرد، انحراف معیار برابر ۱۴ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمده است. بنابراین، نتایج دو آزمون قابل قبول در یک آزمایشگاه روی همان نمونه نباید بیش از ۴۰ کیلوگرم بر مترمکعب با یکدیگر تفاوت داشته باشند.

**۱۲-۱-۷-۱** برای چند آزمایشگاه، انحراف معیار برابر ۲۲ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمده است. بنابراین، نتایج قابل قبول به دست آمده در دو آزمایشگاه مختلف روی نمونه‌های با همان مواد نباید بیش از ۶۲ کیلوگرم بر مترمکعب با یکدیگر تفاوت داشته باشد.

## **۱۲-۲ اریبی**

اریبی روش‌های آزمون به ترکیب بتن به دلایل شرح داده شده در بندهای ۱۲-۱-۱ تا ۱۲-۱-۳ بستگی دارد. داده‌های به‌دست آمده اریبی برای یک نوع بتن به‌منظور تخمین مواردی که برای سایر بتن‌ها به دست خواهد آمد، غیرقابل استفاده است. برای شرح برنامه آزمون در مورد هر یک از زیرروش‌های زیر به بند ۱۲-۱-۵ رجوع شود.

**۱۲-۲-۱ زیرروش سیلیس محلول-** برای روش سیلیس محلول در صورت عدم تداخل سیلیس، مقادیر به‌دست آمده ممکن است ۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب کمتر از مقدار واقعی و ۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب بیش‌تر از

مقدار واقعی به دست آید. مقادیر به دست آمده برای تداخل زیاد سیلیس ۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب یا بیش تر خواهد بود (به عنوان مثال: برای نمونه‌های دارای سرباره یا سنگدانه آتشفشانی یا افزودنی خاکستر بادی).

۱۲-۲-۲ زیرروش کلسیم اکسید- در صورت استفاده از روش کلسیم اکسید مقادیر به دست آمده باید در حدود ۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب مقدار واقعی باشد.

۱۲-۲-۳ استفاده از هر دو روش تعیین اکسید منجر به ایجاد خطا می‌شود به گونه‌ای که اکسید مورد استفاده در محاسبه متفاوت از مقدار واقعی برای سیمان است.

۱۲-۲-۴ اریبی ممکن است از طریق تجزیه نمونه‌های جداگانه سنگدانه‌های آهکی مورد استفاده در بتن، با اجرای همان روش‌ها و به کارگیری تصحیحات بر مبنای داده‌های طرح مخلوط یا تخمین نسبت سنگدانه با توجه به مطالعات سنگ‌شناسی<sup>۱</sup> کاهش یابد. هنگامی که مقادیر تصحیح شده ۶۰ کیلوگرم یا بیشتر زیرمقادیر تصحیح نشده باشد، روش به کار گرفته شده احتمالاً نامناسب است.

۱۲-۲-۵ روش مالئیک اسید- اریبی روش مالئیک اسید بستگی به ترکیبات بتن به دلایل بیان شده در بند ۱۲-۱-۳، دارد. بر اساس مقادیر میانگین شرح داده شده برنامه آزمون بین‌آزمایشگاهی با توجه به دقت، مقادیر اندازه‌گیری شده باید در محدوده (۱۰- تا ۴+) کیلوگرم بر مترمکعب مقادیر واقعی باشد.

۱۲-۲-۵-۱ به طور تقریبی ۴۰ درصد خاکستربادی در برنامه آزمون بین‌آزمایشگاهی در روش عصاره‌گیری و در تعیین مقدار سیمان بتن، مصرف و شرکت داده می‌شود. در سایر منابع مشخص شده است که در بعضی موارد، مقادیر مختلف خاکستربادی مصرف می‌شود. هنگام آزمون بتن دارای خاکستربادی، سرباره، دوده سیلیسی یا پوزولان‌های طبیعی لزوم رعایت احتیاط و جبران اریبی، مشخص می‌شود. با توجه به منابع گوناگون، تاثیر این مواد روی نتایج این آزمون متغیر و شدید خواهد بود.

۱۲-۲-۵-۲ در مورد نمونه‌های بتنی که به طور عمیق کربناته شده‌اند، باید با احتیاط از روش مالئیک اسید استفاده شود، زیرا روی نتایج آزمون به طور عمده‌ای تاثیرگذار است و مقدار سیمان به دست آمده نادرست و کمتر از مقدار واقعی است.

۱۲-۲-۶ تحقیقات نشان داده است که منابع ویژه‌ای از سنگدانه، به طور عمده‌ای روی اریبی این روش آزمون تاثیرگذار است. بنابراین، با آزمون جداگانه‌ای روی مواد سنگدانه، می‌توان قابل حل بودن مواد و امکان دخالت عمده سنگدانه را روی نتایج مقدار سیمان مشخص کرد.

۱۲-۲-۷ مطالعات سنگ‌شناسی بر اساس استاندارد بند ۳-۹، برای نشان دادن تداخل‌های بالقوه در هر یک از روش‌های آزمون تعیین مقدار سیمان، می‌تواند مفید باشد.