



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran  
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۷۵۱۸-۱

چاپ اول

۱۳۹۳

INSO

17518-1

1st.Edition

2014

سیمان - قسمت ۱: ویژگی‌ها

Cement - Part 1: Specifications

ICS: 91.100.10

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

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

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

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

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

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

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات 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  
«سیمان - قسمت ۱: ویژگی‌ها»

**رئیس:**

تدین، محسن  
(دکتر عمران)

**سمت و / یا نمایندگی**

انجمن بتن ایران

**دبیر:**

مجتبوی، سید علیرضا  
(کارشناس مهندسی مواد-سرامیک)

سازمان ملی استاندارد ایران

**اعضا:** ( اسامی به ترتیب حروف الفبا)

ابراهیمی، کیوان  
(کارشناس ارشد شیمی کاربردی)

شرکت سیمان کردستان

اسگرو، آزاده  
(کارشناس ارشد شیمی)

شرکت سیمان سامان غرب

ایزد پناه، عبدالرحیم  
(کارشناس ارشد مهندسی شیمی)

شرکت سیمان تهران

بیژنی، کورش  
(کارشناس ارشد شیمی)

شرکت سیمان هرمزگان

بیک، عباس  
(کارشناس مهندسی عمران)

شرکت بنیاد بتن جنوب شرق

جهانگیریان، مهدی  
(کارشناس مدیریت)

شرکت سیمان هگمتان

حبیبیانی، مسعود  
(کارشناس مهندسی مکانیک)

شرکت سیمان دشتستان

انجمن ایرانی مهندسان محاسب	حداد کلور، حسین (کارشناس ارشد مهندسی عمران)
شرکت بتن البرز	حسینی مقدم، علیرضا (کارشناس ارشد مهندسی معدن)
شرکت سیمان سپاهان	خانی، هوشنگ (کارشناس ارشد مهندسی شیمی)
شرکت سیمان شرق	رحمانی، مزدک (کارشناس مهندسی مواد-سرامیک)
مجتمع تولیدی، تحقیقاتی و آزمایشگاهی پاکدشت بتن	رحمتی، علیرضا (کارشناس ارشد مهندسی عمران)
انجمن صنفی کارفرمایان سیمان	سازور، رسول (کارشناس شیمی)
مرکز مهندسی و تحقیقات غدیر	شایسته نام، حامد (کارشناس ارشد شیمی)
سازمان ملی استاندارد ایران	عباسی رزگله، محمد حسین (کارشناس مهندسی مواد-سرامیک)
شرکت سیمان تهران	فتحی پور، احمد (کارشناس ارشد مهندسی شیمی)
شرکت سیمان بجنورد	لطفی، مجید (کارشناس ارشد مهندسی شیمی)
اداره کل استاندارد یزد	گلبخش منشادی، محمد حسین (کارشناس مهندسی عمران)

شرکت سیمان آبیک

محمودی، سعید  
(کارشناس مهندسی معدن)

انجمن صنفی بتن

مسبوق، سید مهیار  
(کارشناس مهندسی عمران)

شرکت سیمان اردستان

موسوی، سید حسن  
(کارشناس ارشد سیستم بهره‌وری)

شرکت سیمان غرب

نجفی، مسعود  
(کارشناس ارشد مهندسی شیمی)

سازمان ملی استاندارد ایران

نوری، نگین  
(کارشناس شیمی)

## فهرست مندرجات

صفحه		عنوان
ب		آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج		کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ه		پیش‌گفتار
۱	۱	هدف و دامنه کاربرد
۱	۲	مراجع الزامی
۲	۳	اصطلاحات و تعاریف
۵	۴	سیمان
۶	۵	اجزای تشکیل دهنده
۶	۱-۵	کلیات
۶	۲-۵	اجزای تشکیل دهنده اصلی
۱۱	۳-۵	افزودنی‌های فرعی
۱۱	۴-۵	کلسیم سولفات
۱۱	۵-۵	افزونه‌ها
۱۲	۶	ترکیبات و علایم
۱۵	۷	الزامات
۱۵	۱-۷	الزامات مکانیکی
۱۵	۲-۷	الزامات فیزیکی
۱۶	۳-۷	الزامات شیمیایی
۱۷	۴-۷	الزامات دوام
۱۹	۸	علامت‌گذاری استاندارد
۲۰	۹	نحوه عرضه سیمان
۲۰	۱۰	نگهداری سیمان
۲۰	۱۱	نشانه‌گذاری
۲۱	۱۲	معیار انطباق

## پیش‌گفتار

استاندارد «سیمان- قسمت ۱: ویژگی‌ها» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد تهیه و تدوین شده است و در پانصد و دوازدهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فراورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۳/۱/۳۰ 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:

EN 197-1: 2011, Cement - Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements

## سیمان - قسمت ۱: ویژگی‌ها

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

- ۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد تعیین ترکیبات، ویژگی‌ها، و معیارهای انطباق ۳۵ نوع سیمان معمول (رایج) مورد مصرف در ساخت و ساز می‌باشد.
- ۲-۱ این استاندارد شامل اصطلاحات و تعاریف، نسبت‌های اجزای تشکیل دهنده، الزامات مکانیکی، فیزیکی، شیمیایی، دوام، بسته‌بندی، نشانه‌گذاری و معیار انطباق برای سیمان می‌باشد.
- ۳-۱ این استاندارد فرآورده‌های زیر را پوشش نمی‌دهد:
- ۱-۳-۱ سیمان ویژه با گرم‌زایی خیلی کم، که در دامنه شمول استاندارد EN 14216 قرار دارد.
  - ۲-۳-۱ سیمان سوپر سولفاته، که در دامنه شمول استاندارد EN 15743 قرار دارد.
  - ۳-۳-۱ سیمان کلسیم آلومیناتی، که در دامنه شمول استاندارد ملی ایران به شماره ۱۷۶۷۸ قرار دارد.
  - ۴-۳-۱ سیمان بنایی، که در دامنه شمول استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۳۵۱۶ قرار دارد.
- یادآوری ۱- علاوه بر الزامات مشخص شده، توافق اضافی بین تولید کننده و مصرف کننده می‌تواند انجام شود، این نوع سیمان‌ها که براساس توافق مذکور تولید می‌شوند، در دامنه کاربرد این استاندارد قرار نمی‌گیرند، اما باید براساس استانداردهای بین‌المللی، مقررات ملی و یا با توافق مستند طرفین باشد.
- یادآوری ۲- واژه «سیمان» اشاره به سیمان‌های معمول مورد استفاده در ساخت و سازها دارد، مگر آن‌که صراحتاً نوع سیمان قید شده باشد، مانند: سیمان‌های دیرگداز.

### 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 تجدیدنظرهای 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 تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.
- استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:
- ۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۳۵۱۶: سال ۱۳۸۸، سیمان بنایی-قسمت اول- ترکیبات، ویژگی‌ها و معیارهای انطباق
  - ۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۳۹۳: سال ۱۳۸۳، سیمان - تعیین مقاومت فشاری و خمشی روش آزمون
  - ۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۳۹۱، سیمان هیدرولیکی-تعیین انبساط به روش اتوکلاو-روش آزمون
  - ۴-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۳۹۰، سیمان -تعیین نرمی سیمان هیدرولیکی با دستگاه نفوذ پذیری هوا-روش‌های آزمون



- ۵-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۴۵۴۳: سال ۱۳۸۸، بسته‌بندی - پاکت‌های کاغذی سیمان، گچ و سایر مصالح پودری ساختمانی با جرم ویژه مشابه - ویژگی‌های و روش‌های آزمون
- ۶-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۷۴۰: سال ۱۳۸۷، بسته بندی-کیسه‌های پلی‌پروپیلنی روکش‌دار سیمان و گچ- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون
- ۷-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲۷۶۱: سال ۱۳۶۷، آیین کاربرد حفاظت و انبار کردن سیمان در کارگاه ساختمانی
- ۸-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۷۹۰: سال ۱۳۸۷، سیمان هیدرولیکی-تعیین پتانسیل انبساط ملات‌های سیمان پرتلند در معرض سولفات -روش آزمون
- ۹-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۶۷۸: سال ۱۳۹۳، سیمان کلسیم آلومیناتی-ویژگی‌ها
- 2-10 EN 196-2, Methods of testing cement - Part 2: Chemical analysis of cement
- 2-11 EN 196-3, Methods of testing cement - Part 3: Determination of setting times and soundness
- 2-12 EN 196-5, Methods of testing cement - Part 5: Pozzolanicity test for pozzolanic
- 2-13 EN 196-7, Methods of testing cement - Part 7: Methods of taking and preparing samples of cement
- 2-14 EN 196-8, Methods of testing cement - Part 8: Heat of hydration - Solution method
- 2-15 EN 196-9, Methods of testing cement - Part 9: Heat of hydration - Semi-adiabatic
- 2-16 EN 197-2, Cement - Part 2: Conformity evaluation
- 2-17 EN 451-1, Method of testing fly ash - Part 1: Determination of free calcium oxide
- 2-18 EN 933-9, Chemicals used for treatment of water intended for human consumption - Hydrochloric acid
- 2-19 EN 16369, Determination of total organic carbon in limestone
- 2-20 EN 14216: 2004, Cement - Composition, specifications and conformity criteria for very low heat special cements
- 2-21 EN15743:2010, Supersulfated cement - Composition, specifications and conformity criteria
- 2-22 ISO 9277, Determination of the specific surface area of solids by gas adsorption – BET method
- 2-23 ISO 9286, Abrasive grains and crude - chemical analysis of silicon carbide

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۳

کلسیم اکسید واکنش‌زا (CaO)<sup>۱</sup>

آهک زنده

---

1- Reactive calcium oxide

بخشی از کلسیم اکسید است که تحت شرایط طبیعی سخت شدن، هیدرات‌های کلسیم سیلیکات یا هیدرات‌های کلسیم آلومینات را تشکیل می‌دهد.  
یادآوری - برای اندازه‌گیری این بخش از کلسیم اکسید، از کل مقدار کلسیم اکسید، بخشی که مربوط به کلسیم کربنات و کلسیم سولفات است که طبق استاندارد EN 196-2 به دست می‌آید، کم می‌شود.

۲-۳

### سیلیس واکنش‌زا (SiO<sub>2</sub>)<sup>۱</sup>

#### سیلیسیم اکسید

آن بخشی از سیلیسیم اکسید است که بعد از واکنش با هیدروکلریدریک اسید (HCl) و محلول جوشان پتاسیم هیدروکسید (KOH) به صورت محلول در می‌آید.  
یادآوری - برای اندازه‌گیری این بخش، از کل مقدار سیلیسیم اکسید، آن بخش موجود در رسوب غیر قابل حل در هیدروکلریدریک اسید و پتاسیم هیدروکسید بر مبنای خشک، که طبق استاندارد EN 196-2 به دست آمده، کم می‌شود.

۳-۳

### جزء اصلی<sup>۲</sup>

ماده غیر آلی که به طور خاص انتخاب شده و نسبت وزنی آن به وزن کل اجزای اصلی و فرعی بیش‌تر از ۵ درصد است.

۴-۳

### جزء افزودنی فرعی<sup>۳</sup>

ماده غیر آلی که به طور خاص انتخاب شده و نسبت وزنی آن به وزن کل اجزای اصلی و فرعی کم‌تر از ۵ درصد است.

۵-۳

### نوع سیمان

یکی از ۳۵ نوع سیمان مندرج در جدول ۱، از خانواده سیمان‌های معمول است.

---

1- Reactive silicon dioxide  
2- Main constituent  
3- Minor additional constituent

۶-۳

رده مقاومتی سیمان

رده مقاومت فشاری سیمان است.

۷-۳

آزمون خود کنترلی<sup>۱</sup>

آزمون پیوسته‌ای است که توسط تولید کننده سیمان بر روی نمونه‌های نقطه‌ای برداشته شده از خروجی کارخانه، انبار یا هر دو انجام می‌شود.

۸-۳

دوره کنترل یا بازرسی<sup>۲</sup>

دوره تولید محصول و ارسال نمونه که برای ارزیابی نتایج آزمون خود کنترلی، مشخص می‌شود.

۹-۳

مقدار مشخصه<sup>۳</sup>

مقدار یا حد مشخص از یک خاصیت مورد نظر که درصد معینی از مجموعه مقادیر، برحسب درصد  $P_k$  می‌تواند خارج از آن حد باشد.

۱۰-۳

مقدار مشخصه معین<sup>۴</sup>

مقدار مشخصی از یک خاصیت شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی که بیش‌تر از حد بالایی یا کم‌تر از حد پایینی نیست.

۱۱-۳

مقدار حد نتیجه منفرد<sup>۵</sup>

مقداری از یک خاصیت شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی که نتیجه هر آزمون منفرد، بیش‌تر از حد بالایی یا کم‌تر از حد پایینی نیست.

- 
- 1- Autocontrol testing
  - 2- Control period
  - 3- Characteristic value
  - 4- Specified characteristic value
  - 5- Single result limit value

۱۲-۳

### احتمال مجاز پذیرش CR<sup>۱</sup>

احتمال مجاز پذیرش سیمان با یک مقدار مشخصه خارج از مقدار مشخصه معین، برای یک طرح نمونه برداری معین است.

۱۳-۳

### طرح نمونه برداری<sup>۲</sup>

طرحی مشخصی که اندازه (ها) نمونه مورد استفاده را به صورت آماری تعیین می کند. این اندازه برحسب درصد  $P_k$  و احتمال پذیرش مجاز CR به کار می رود.

۱۴-۳

### نمونه نقطه‌ای<sup>۳</sup>

نمونه‌ای که هم زمان از یک محل برای آزمون‌های مرتبط برداشته می شود. این نمونه را می توان از اختلاط یک یا چند جزء که بلافاصله و پی در پی برداشت شده است، به دست آورد. یادآوری- به استاندارد EN 196-7 مراجعه کنید.

۱۵-۳

### گرمای هیدراته شدن

مقدار گرمایی که از هیدراته شدن سیمان در یک دوره زمانی مشخص ایجاد می شود.

۱۶-۳

### سیمان با گرمای کم

سیمان با گرمای هیدراته شدن محدود.

## ۴ سیمان

سیمان یک چسباننده هیدرولیکی است، به عبارتی سیمان یک ماده غیر آلی پودری است، که هنگام مخلوط شدن با آب خمیری را تشکیل می دهد که طی واکنش‌ها و فرآیندهای هیدراته شدن گیرش می یابد و بعد از سخت شدن، مقاومت و پایداری خود را حتی در آب حفظ می کند.

---

1- Allowable probability of acceptance

2-Sampling plan

3- Spot sample

سیمان معمول یا سیمان منطبق با این استاندارد که به‌طور اختصار با علامت CEM<sup>1</sup> نشان داده می‌شود، هنگامی که به نسبت صحیح با آب و سنگدانه‌ها (شن و ماسه) مخلوط می‌شود می‌تواند بتن یا ملاتی را تولید کند که برای مدت زمان کافی کارایی خود را حفظ کند و بعد از طی دوره‌های مشخص به سطوح مقاومتی خاص می‌رسد و دارای پایداری حجمی دراز مدت باشد.

سخت شدن هیدرولیکی سیمان در مرحله اول به علت هیدراته شدن کلسیم سیلیکات است اما ممکن است ترکیبات شیمیایی دیگری نیز در فرآیند سخت شدن شرکت داشته باشد مانند آلومینات‌ها، مجموع نسبت‌های کلسیم اکسید واکنش‌زا و سیلیس واکنش‌زا در سیمان حداقل ۵۰ درصد وزنی می‌باشد. سیمان‌های معمول (CEM) از مواد مختلف تشکیل شده‌اند و از نظر آماری ترکیب همگنی دارند که ناشی از فرآیندهای تولید و جابه‌جایی به همراه کنترل کیفیت است. ارتباط بین فرآیندهای تولید و حمل محصول و انطباق در استاندارد EN 197-2 شرح داده شده است.

یادآوری - سیمان‌هایی وجود دارند که سخت شدن آن‌ها به‌علت سایر ترکیبات، نظیر کلسیم آلومینات در سیمان کلسیم آلومیناتی است.

## ۵ اجزای تشکیل دهنده

### ۵-۱ کلیات

به‌طور کلی الزاماتی که برای اجزای تشکیل دهنده بند ۵-۲ تا ۵-۵ مشخص شده است، طبق استانداردهای سری EN 196 تعیین می‌گردد، مگر آن‌که روش دیگری در این استاندارد مشخص شده باشد.

### ۵-۲ اجزای تشکیل دهنده اصلی

#### ۵-۲-۱ کلینکر سیمان پرتلند (K)

کلینکر سیمان پرتلند توسط هم‌جوشی<sup>۲</sup> مخلوطی از مواد اولیه شامل اکسیدهایی که به‌طور معمول  $CaO$ ،  $SiO_2$ ،  $Al_2O_3$  و  $Fe_2O_3$  می‌باشد و مقادیر کمی از دیگر مواد ساخته می‌شود. برای تولید کلینکر سیمان پرتلند، مواد اولیه به‌صورت خشک یا تر به‌طور مناسب آسیاب و مخلوط می‌شوند بنابراین همگن هستند.

کلینکر سیمان پرتلند، ماده هیدرولیکی است که حداقل دوسوم وزن آن کلسیم سیلیکات‌ها ( $2CaO.SiO_2$  و  $3CaO.SiO_2$ ) و باقی‌مانده آن از ترکیبات آلومینیوم و آهن شامل فازهای کلینکر و دیگر ترکیبات ساخته شده است. نسبت وزنی  $CaO/SiO_2$  نباید از ۲٫۱۰ کم‌تر باشد. میزان منیزیم اکسید ( $MgO$ ) نباید از ۵٫۱۰ درصد وزنی بیش‌تر باشد.

میزان  $C_3A$  کلینکر سیمان پرتلندی که در سیمان‌های مقاوم در برابر سولفات گروه یک و چهار تعریف شده‌اند، باید الزامات اضافی مورد نیاز را تامین کند. مقدار  $C_3A$  از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

---

1- Cement  
2-Sintering

$$C_3A = 2,65 A - 1,69 F$$

که در آن:

A درصد وزنی آلومینیوم اکسید ( $Al_2O_3$ ) در کلینکر که به روش EN 196-2 تعیین می‌شود؛  
F درصد وزنی آهن (III) اکسید ( $Fe_2O_3$ ) در کلینکر که به روش EN 196-2 تعیین می‌شود.

یادآوری - ممکن است مقدار  $C_3A$  حاصل از محاسبه منفی شود که در این حالت مقدار آن را باید صفر درصد در نظر گرفت. تا تدوین استاندارد محاسبه میزان  $C_3A$  سیمان، باید  $C_3A$  را مستقیماً از کلینکر محاسبه کرد. در حالت‌های خاص برای سیمان گروه یک ممکن است میزان کلینکر از آنالیز شیمیایی سیمان محاسبه شود. حداقل تواتر آزمون و تناوب آن براساس کنترل تولیدات کارخانه تعیین می‌شود. برای مثال، تواتر آزمون، هر دو ماه یک‌بار مناسب است.

#### ۵-۲-۲-۲-۵ سرباره دانه‌ای<sup>۱</sup> (S)

سرباره دانه‌ای کوره آهن‌گدازی با سرد کردن سریع سرباره مذاب با ترکیب مناسب مانند سنگ آهن، در کوره آهن‌گدازی تهیه می‌شود و حداقل دو سوم وزنی آن شیشه‌ای (بی‌شکل) است و هنگامی که، به‌طور مناسب فعال شود دارای خواص هیدرولیکی می‌شود.

حداقل دو سوم وزن سرباره دانه‌ای کوره آهن‌گدازی از کلسیم اکسید (CaO)، منیزیم اکسید (MgO) و سیلیسیم اکسید ( $SiO_2$ ) تشکیل شده است، سایر آن شامل آلومینیوم اکسید ( $Al_2O_3$ ) همراه با مقادیر کمی از ترکیبات دیگر می‌باشد. نسبت وزنی  $SiO_2 / (CaO + MgO)$  باید بیش‌تر از ۱٫۰ باشد.

#### ۵-۲-۲-۳-۵ مواد پوزولانی (P و Q)

##### ۵-۲-۳-۱-۵ کلیات

مواد پوزولانی، مواد طبیعی سیلیسی یا سیلیسی آلومینایی یا ترکیبی از هر دو هستند. اگرچه خاکستر بادی و دوده سیلیسی، دارای خواص پوزولانی هستند، ولی در بندهای جداگانه‌ای مطرح شده‌اند (بندهای ۴-۲-۵ و ۷-۲-۵ را ببینید).

مواد پوزولانی هنگامی که با آب مخلوط می‌شوند به تنهایی سخت نمی‌شوند، اما هنگامی که آسیاب و نرم شده باشند همراه با آب در دمای طبیعی محیط با محلول کلسیم هیدروکسید ( $Ca(OH)_2$ ) واکنش می‌دهد و ترکیبات کلسیم آلومینات و کلسیم سیلیکات را تولید می‌کنند. این ترکیبات مشابه ترکیباتی هستند که در سخت شدن مواد هیدرولیکی تشکیل می‌شوند. پوزولان‌ها به‌طور عمده از سیلیسیم اکسید واکنش‌زا و آلومینیوم اکسید تشکیل شده‌اند و سایر ترکیبات آن‌ها شامل آهن (III) اکسید و دیگر اکسیدها می‌باشد. نسبت کلسیم اکسید

---

1- Granulated blast furnace slag

واکنش‌ها در سخت شدن به‌طور نسبی ناچیز است. میزان سیلیسیم اکسید فعال نباید کم‌تر از ۲۵٫۰ درصد وزنی باشد.

مواد پوزولانی باید به‌طور صحیح آماده سازی شوند، یعنی به‌طور صحیح انتخاب، همگن، خشک یا حرارت دهی و آسیاب شوند.

#### ۲-۳-۲-۵ پوزولان طبیعی (P)

پوزولان‌های طبیعی، به‌طور معمول موادی با منشا آتشفشانی یا سنگ‌های رسوبی با ترکیب مناسب شیمیایی و کانی‌شناختی می‌باشند و باید با خصوصیات مندرج در بند ۱-۳-۲-۵ مطابقت داشته باشند.

#### ۳-۳-۲-۵ پوزولان طبیعی کلسینه شده (Q)

موادی هستند با منشا آتشفشانی، رس‌ها، شیل‌ها یا سنگ‌های رسوبی که با عملیات حرارتی فعال شده و باید با خصوصیات مندرج در بند ۱-۳-۲-۵ مطابقت داشته باشند.

#### ۳-۲-۵ خاکسترهای بادی<sup>۱</sup> (V و W)

##### ۱-۴-۲-۵ کلیات

خاکستر بادی از جمع‌آوری مواد غبار گونه به‌روش مکانیکی یا الکترواستاتیکی به‌دست می‌آید که ناشی از سوختن زغال سنگ در کوره نیروگاه‌ها می‌باشد. خاکستری که از روش‌های دیگر به‌دست آمده باشد در سیمان-های این استاندارد کاربرد ندارند.

خاکستر بادی ممکن است سیلیسی یا آهکی باشد، اولی خاصیت پوزولانی دارد و دومی ممکن است علاوه بر آن خواص هیدرولیکی نیز داشته باشد. L.O.I. خاکستر بادی هنگامی که طبق استاندارد EN 196-2 تعیین می‌شود، بعد از یک ساعت باید در یکی از بازه‌های زیر باشد:

الف- (صفر تا ۵٫۰) درصد وزنی

ب- (۲٫۰ تا ۷٫۰) درصد وزنی

پ- (۴٫۰ تا ۹٫۰) درصد وزنی

در صورت استفاده از خاکستر بادی در سیمان، بازه‌های فوق باید در بسته‌بندی سیمان درج شود.

#### ۲-۴-۲-۵ خاکستر بادی سیلیسی (V)

خاکستر بادی سیلیسی، پودر نرمی متشکل از ذرات کروی با خواص پوزولانی است که به‌طور عمده متشکل از سیلیس فعال و آلومینیوم اکسید است و سایر آن شامل آهن (III) اکسید و ترکیبات دیگر است.

میزان کلسیم اکسید فعال کم‌تر از ۱۰٪ درصد وزنی و میزان کلسیم اکسید آزاد هنگامی که طبق روش مندرج در استاندارد EN 451-1 تعیین می‌گردد، نباید بیش‌تر از ۱۰٪ درصد وزنی باشد. خاکستر بادی که مقدار کلسیم اکسید آزاد آن بیش‌تر از ۱٪ درصد وزنی و کم‌تر از ۲/۵ درصد وزنی باشد نیز قابل قبول است، به شرط آن‌که میزان سلامت مخلوطی از ۳۰ درصد وزنی خاکستر بادی و ۷۰ درصد وزنی از سیمان گروه CEM I، هنگامی که طبق روش مندرج در استاندارد ملی ایران به شماره ۳۹۱ تعیین می‌گردد، انبساطی بیش‌تر از ۰/۸ درصد و انقباضی بیش‌تر از ۰/۲ درصد، نداشته باشد.

میزان سیلیسیم اکسید واکنش‌زا نباید کم‌تر از ۲۵٪ درصد وزنی باشد.

#### ۵-۲-۴-۳ خاکستر بادی آهکی (W)

خاکستر بادی آهکی، پودر نرمی متشکل از ذرات کروی دارای خواص هیدرولیکی و یا پوزولانی است که به‌طور عمده متشکل از سیلیس فعال و آلومینیوم اکسید است و بقیه آن شامل آهن (III) اکسید و ترکیبات دیگر است. نسبت کلسیم اکسید واکنش‌زا کم‌تر از ۱۰ درصد وزنی نباشد. خاکستر بادی آهکی که حاوی کلسیم اکسید فعال بین (۱۰ تا ۱۵) درصد وزنی باشد، نباید بیش‌تر از ۲۵ درصد وزنی، سیلیسیم اکسید فعال داشته باشد. خاکستر بادی آهکی که به خوبی آسیاب شده باشد و حاوی کلسیم اکسید فعال به میزان بیش‌تر از ۱۵ درصد وزنی باشد، هنگامی که طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۳۹۳ آزمون شود، حداقل مقاومت فشاری ۲۸ روزه آن، باید ۱۰ مگاپاسکال باشد.

قبل از آزمون برای تهیه نمونه، خاکستر بادی آهکی باید آسیاب شود، به‌طوری که میزان نرمی آن بین (۱۰ تا ۳۰) درصد وزنی باشد. میزان نرمی براساس نسبت باقی مانده بعد از الک کردن به‌روش تر با الک چشمه ۴۰ میکرونی بر حسب درصد وزنی بیان می‌شود. نمونه‌های ملات مورد آزمون، باید ۴۸ ساعت بعد از تهیه، از قالب خارج و تا هنگام آزمون در یک محیط با رطوبت نسبی بالای ۹۰ درصد نگهداری شوند. سلامت مخلوطی از ۳۰ درصد وزنی خاکستر بادی آهکی و ۷۰ درصد وزنی از سیمان گروه CEM I، هنگامی که طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۳۹۱ تعیین می‌گردد، انبساطی بیش‌تر از ۰/۸ درصد و انقباضی بیش‌تر از ۰/۲ درصد، نداشته باشد.

یادآوری - اگر میزان سولفات ( $SO_3$ ) خاکستر بادی بیش‌تر از حداکثر مجاز میزان سولفات سیمان باشد، تولید کننده سیمان باید اجزایی که حاوی سولفات کلسیم هستند را به میزان لازم، کاهش دهد.

#### ۵-۲-۵ شیل پخته (T)<sup>۱</sup>

شیل پخته، به‌خصوص شیل قیری، در کوره‌های خاص، در دمایی حدود ۸۰۰ درجه سیلیسیوس تولید می‌شود. به‌علت ترکیب ماده طبیعی و فرایند تولید شیل پخته شامل فازهای کلینکر، به‌طور عمده دی کلسیم سیلیکات و مونو کلسیم آلومینات می‌باشد. همچنین علاوه بر مقادیر کم کلسیم اکسید آزاد، کلسیم سولفات، دارای مقادیر



زیادی اکسیدهای واکنش‌زا پوزولانی، به‌طور خاص سیلیسیم اکسید می‌باشد، بنابراین شیل پخته‌ای که خوب آسیاب شده باشد، خواص هیدرولیکی مانند سیمان پرتلند و خواص پوزولانی از خود نشان می‌دهد. شیل پخته‌ای که به‌خوبی آسیاب شده باشد دارای مقاومت فشاری ۲۸ روزه‌ای معادل ۲۵ مگاپاسکال، هنگامی که طبق استاندارد مندرج بند ۲-۲ تعیین می‌گردد، می‌باشد. نمونه‌های ملات مورد آزمون، باید ۴۸ ساعت بعد از تهیه، از قالب خارج و تا هنگام آزمون در یک محیط با رطوبت نسبی بالای ۹۰ درصد نگهداری می‌شوند. سلامت مخلوطی از ۳۰ درصد وزنی شیل پخته و ۷۰ درصد وزنی از سیمان رده CEM I، هنگامی که طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۳۹۱ تعیین می‌گردد، انبساطی بیش‌تر از ۰/۸ درصد و انقباضی بیش‌تر از ۰/۲ درصد، نداشته باشد.

**یادآوری-** اگر میزان سولفات ( $SO_3$ ) شیل پخته بیش‌تر از حداکثر مجاز میزان سولفات سیمان باشد، تولید کننده سیمان باید اجزایی که حاوی کلسیم سولفات هستند را به میزان لازم، کاهش دهند.

### ۵-۲-۶ سنگ آهک (L و LL)

سنگ آهک باید الزامات زیر را داشته باشد:

الف- میزان کلسیم کربنات محاسبه شده از میزان کلسیم اکسید باید حداقل ۷۵ درصد وزنی باشد.  
ب- میزان رس تعیین شده به روش آزمون متیلن بلو مطابق استاندارد EN 933-9 نباید از ۱/۲ در ۱۰۰ گرم تجاوز کند. برای این آزمون سنگ آهک باید آسیاب شود به‌طوری که نرمی آن هنگامی که طبق استاندارد EN 196-6 تعیین می‌شود، به‌طور تقریب ۵۰۰۰ سانتی‌مترمربع بر گرم باشد.  
پ- میزان کل کربن آلی (TOC) هنگامی که طبق استاندارد EN 13639 تعیین می‌شود، باید با یکی از معیارهای زیر مطابقت داشته باشد:

۱- برای LL: نباید از ۰/۲ درصد وزنی بیش‌تر باشد.

۲- برای L: نباید از ۰/۵ درصد وزنی بیش‌تر باشد.

### ۵-۲-۷ دوده سیلیسی (D)<sup>۱</sup>

دوده سیلیسی از احیای<sup>۲</sup> سیلیس با خلوص زیاد با زغال در کوره‌های قوس الکتریکی که برای تولید سیلیس و آلیاژهای فروسیلیس استفاده می‌شود، به‌صورت ذرات کروی خیلی ریز شامل حداقل ۸۵ درصد وزنی سیلیس بی-شکل تولید می‌شود. میزان عنصر سیلیسیم (Si) هنگامی که طبق استاندارد ISO 9286 تعیین می‌گردد، نباید بیش‌تر از ۰/۴ درصد وزنی باشد.

دوده سیلیسی باید الزامات زیر را دارا باشد:

الف- L.O.I آن هنگامی که طبق استاندارد EN 196-2 تعیین می‌شود، نباید از ۴/۰ درصد وزنی تجاوز کند.

---

1- Silica fume  
2- Reduction

ب- سطح مخصوص (BET) آن هنگامی که طبق استاندارد ISO 9277 تعیین می‌شود، حداقل ۱۵/۰ مترمربع بر گرم باشد.

برای آسیاب کردن کلینکر و کلسیم سولفات، دوده سیلیسی به صورت پودر یا فشرده شده یا کلوخه (با آب) مورد استفاده قرار گیرد.

### ۳-۵ افزودنی‌های فرعی

افزودنی‌های فرعی به طور خاص از مواد معدنی طبیعی غیرآلی انتخاب می‌شوند. این مواد از فرآیند تولید کلینکر شرح داده شده در بند ۲-۵ تهیه شده، مگر آن که خود آن‌ها به عنوان جز اصلی در سیمان مورد استفاده قرار گرفته باشند.

افزودنی فرعی براساس توزیع اندازه ذراتشان، خواص فیزیکی سیمان (مانند قابلیت نگه‌داری آب) را بهبود می‌بخشند. این مواد می‌توانند بی‌اثر بوده و یا دارای اندکی خواص هیدرولیسی، خواص هیدرولیسی بالقوه یا خواص پوزولانی باشند. به هر حال از این جهت الزامات خاصی برای آن‌ها در نظر گرفته نشده است.

افزودنی‌های فرعی باید به طور صحیح آماده سازی شده باشند، یعنی به طور صحیح انتخاب، همگن، خشک و آسیاب شوند، که بستگی به شرایط تولید و حمل دارد. این مواد نباید آب مورد مصرفی سیمان را افزایش دهند و همچنین نباید مقاومت بتن یا ملات و حفاظت در برابر خوردگی میلگردها را کاهش دهند.

یادآوری- اطلاعات مربوط به مواد متشکله افزودنی فرعی به سیمان باید در صورت نیاز، توسط تولیدکنندگان به راحتی در دسترس قرار گیرد.

### ۴-۵ کلسیم سولفات

کلسیم سولفات در حین تولید به دیگر اجزای سیمان برای کنترل گیرش اضافه می‌گردد. کلسیم سولفات می‌تواند به صورت سنگ گچ (دی هیدرات کلسیم سولفات،  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )، گچ ساختمانی ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ) یا انیدریت ( $\text{CaSO}_2$  بدون آب) یا مخلوطی از آن‌ها اضافه شود. سنگ گچ و انیدریت به صورت طبیعی وجود دارد. کلسیم سولفات نیز به عنوان محصول جانبی فرآیندهای خاصی وجود دارد.

### ۵-۵ افزونه‌ها

در این استاندارد منظور از افزونه‌ها، موادی است که در بندهای ۲-۵ تا ۴-۵ عنوان نشده باشند و به منظور بهبود خواص سیمان یا بهبود تولید سیمان، به آن افزوده می‌شوند.

مقدار کلی افزودنی‌ها نباید بیش‌تر از یک درصد وزن سیمان (به جز رنگدانه‌ها) می‌باشند. مقدار افزونه‌های آلی به صورت خشک نباید از ۰/۲ درصد وزن سیمان بیش‌تر باشد.

این افزونه‌ها نباید باعث افزایش خوردگی میلگردها و یا کاهش خواص سیمان، بتن و ملات ساخته شده با سیمان حاوی آن‌ها، شود.

## ۶ ترکیبات و علایم

این استاندارد ۳۵ نوع محصول، در خانواده سیمان‌های معمولی را پوشش می‌دهد که علایم آن‌ها در جدول ۱ آمده که در ۵ گروه برحسب نوع سیمان اصلی به صورت زیر رده بندی شده‌اند:

- گروه ۱: CEM I سیمان پرتلند؛
- گروه ۲: CEM II سیمان پرتلند آمیخته؛
- گروه ۳: CEM III سیمان سرباره؛
- گروه ۴: CEM IV سیمان پوزولانی؛
- گروه ۵: CEM V سیمان مرکب.

ترکیبات هر یک از ۳۵ نوع محصول خانواده سیمان‌های معمول باید مطابق جدول ۱ باشد. **یادآوری** - برای تعریف روشن از هر نوع سیمان باید به الزامات ترکیبات، اجزای اصلی و فرعی رجوع کرد. سیمان نهایی از مجموع اجزای اصلی و افزودنی‌های جزئی به‌علاوه کلسیم سولفات لازم و یا هر افزونه دیگر ساخته می‌شود.

جدول ۱- تعداد ۳۵ نوع محصول خانواده سیمان‌های معمول

ترکیبات ( درصد وزنی الف)											علائم	نام محصول	گروه اصلی	
اجزای افزودنی فرعی	اجزای اصلی													
	سنگ آهک		رس یا شیل پخته T	خاکستر بادی		پوزولان		دوده سیلیس D	سربراه کوره بلند S	کلینکر K				
L	LL	آهکی W		سیلیسی V	طبیعی P	کلسینه Q								
۰-۵	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۹۵-۱۰۰	CEM I-O	معمولی	سیمان پرتلند	گروه ۱ CEMI
۰-۵	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۹۵-۱۰۰	CEM I-SR0	ضد سولفات فرا ویژه		
۰-۵	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۹۵-۱۰۰	CEM I-SR3	ضد سولفات ویژه		
۰-۵	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۹۵-۱۰۰	CEM I-SR5	ضد سولفات		
۰-۵	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۹۵-۱۰۰	CEM I-SR10	ضد سولفات متوسط		
۰-۵	-	-	-	-	-	-	-	-	۶-۲۰	۸۰-۹۴	CEM II/A-S	سیمان پرتلند سربراه‌ای	گروه ۲ CEMII	
۰-۵	-	-	-	-	-	-	-	-	۲۱-۳۵	۶۵-۷۹	CEM II/A-S			
۰-۵	-	-	-	-	-	-	-	۶-۱۰	-	۹۰-۹۴	CEM II/A-D	سیمان پرتلند دوده سیلیسی		
۰-۵	-	-	-	-	-	۶-۲۰	-	-	-	۸۰-۹۴	CEM II/A-P	سیمان پرتلند پوزولانی		
۰-۵	-	-	-	-	-	۲۱-۳۵	-	-	-	۶۵-۷۹	CEM II/B-P			
۰-۵	-	-	-	-	-	-	۶-۲۰	-	-	۸۰-۹۴	CEM II/A-Q			
۰-۵	-	-	-	-	-	-	۲۱-۳۵	-	-	۶۵-۷۹	CEM II/B-Q			
۰-۵	-	-	-	-	۶-۲۰	-	-	-	-	۸۰-۹۴	CEM II/A-V	سیمان پرتلند خاکستر بادی		
۰-۵	-	-	-	-	۲۱-۳۵	-	-	-	-	۶۵-۷۹	CEM II/B-V			
۰-۵	-	-	-	۶-۲۰	-	-	-	-	-	۸۰-۹۴	CEM II/A-W			
۰-۵	-	-	-	۲۱-۳۵	-	-	-	-	-	۶۵-۷۹	CEM II/B-W			
۰-۵	-	-	۶-۲۰	-	-	-	-	-	-	۸۰-۹۴	CEM II/A-T	سیمان پرتلند		
۰-۵	-	-	۲۱-۳۵	-	-	-	-	-	-	۶۵-۷۹	CEM II/B-T	شیل پخته		

جدول ۱- ادامه

اجزای افزودنی فرعی	ترکیبات ( درصد وزنی الف)										علائم	نام محصول	گروه اصلی
	اجزای اصلی												
	سنگ آهک		رس یا شیل	خاکستر بادی		پوزولان		دوده	سرباره کوره	کلینکر			
L	LL	پخته T	آهکی W	سیلیسی V	طبیعی P	کلسینه Q	سیلیس D	بلند S	K				
۰-۵	-	۶-۲۰	-	-	-	-	-	-	-	۸۰-۹۴	CEM II/A-L	سیمان پرتلند آهکی	ادامه CEMII
۰-۵	-	۲۱-۳۵	-	-	-	-	-	-	-	۶۵-۷۹	CEM II/B-L		
۰-۵	۶-۲۰	-	-	-	-	-	-	-	-	۸۰-۹۴	CEM II/A-LL		
۰-۵	۲۱-۳۵	-	-	-	-	-	-	-	-	۶۵-۷۹	CEM II/B-LL		
۰-۵	۱۲-۲۰								۸۰-۸۸	CEM II/A-M	سیمان پرتلند مرکب <sup>ت</sup>		
۰-۵	۲۱-۳۵								۶۵-۷۹	CEM II/B-M			
۰-۵	-	-	-	-	-	-	-	-	۳۶-۶۵	۳۵-۶۴	CEM III/A	سیمان سرباره‌ای	گروه ۳ CEMIII
۰-۵	-	-	-	-	-	-	-	-	۶۶-۸۰	۲۰-۳۴	CEM III/B		
۰-۵	-	-	-	-	-	-	-	-	۸۱-۹۵	۵-۱۹	CEM III/C		
۰-۵	-	-	-	-	-	-	-	-	۶۶-۸۰	۲۰-۳۴	CEM III/B-SR		
۰-۵	-	-	-	-	-	-	-	-	۸۱-۹۵	۵-۱۹	CEM III/C-SR		
۰-۵	-	-	-	۱۱-۳۵				-	۶۵-۸۹	CEM IV/A	سیمان پوزولانی <sup>ت</sup>	گروه ۴ CEMI V	
۰-۵	-	-	-	۳۶-۵۵				-	۴۵-۶۴	CEM IV/B			
۰-۵	-	-	-	۲۱-۳۵		-	-	-	۶۵-۷۹	CEM IV/A-SR			
۰-۵	-	-	-	۳۶-۵۵		-	-	-	۴۵-۶۴	CEM IV/B-SR			
۰-۵	-	-	-	-	۱۸-۳۰			-	۱۸-۳۰	۴۰-۶۴	CEM V/A	سیمان مرکب <sup>ت</sup>	گروه ۵ CEMV
۰-۵	-	-	-	-	۳۱-۴۹			-	۳۱-۴۹	۲۰-۳۸	CEM V/B		

الف- مقادیر موجود در این جدول مربوط به اجزای اصلی و فرعی می‌باشد.

ب-نسبت دوده سیلیسی به ۱۰ درصد محدود می‌شود.

پ-این سیمان که تحت عنوان سیمان ویژه دریایی نیز به کار می‌رود برای مناطقی که در معرض سولفات و کلر به صورت توام می‌باشد مناسب است.

ت- در سیمان‌های پرتلند آمیخته CEMII/A-M و CEMII/B-M، سیمان‌های پوزولانی CEMIV/A-SR و CEMIV/B-SR و سیمان‌های مرکب CEMV/A و CEMV/B، اجزای اصلی به‌جز کلینکر برحسب نام سیمان باید اظهار گردد.

## ۷ الزامات

### ۷-۱ الزامات مکانیکی

#### ۷-۱-۱ مقاومت (تاب) فشاری استاندارد

مقاومت استاندارد، مقاومت فشاری ۲۸ روزه است که طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۳۹۳ تعیین می‌شود. رده‌های مقاومت استاندارد شامل: رده ۳۲/۵، ۴۲/۵ و ۵۲/۵ (مطابق الزامات جدول ۲) می‌باشد.

#### ۷-۱-۲ مقاومت (تاب) فشاری اولیه

مقاومت اولیه، مقاومت فشاری ۲ روزه یا ۷ روزه (مطابق الزامات جدول ۲) است که طبق روش مندرج استاندارد ملی ایران به شماره ۳۹۳ تعیین می‌شود.

هر رده مقاومت استاندارد، سه رده مقاومت اولیه را شامل می‌شود:

- رده مقاومت اولیه عادی که با N نشان داده می‌شود؛

- رده مقاومت اولیه زیاد که با R نشان داده می‌شود؛

- رده مقاومت اولیه کم که با L نشان داده می‌شود.

رده مقاومت اولیه L، فقط برای سیمان‌های گروه ۳ کاربرد دارد.

### ۷-۲ الزامات فیزیکی

#### ۷-۲-۱ زمان گیرش اولیه

زمان گیرش اولیه هنگامی که طبق استاندارد EN 196-3 تعیین می‌شود باید با الزامات جدول ۲ مطابقت داشته باشد.

#### ۷-۲-۲ سلامت

سلامت سیمان هنگامی که به روش اتوکلاو طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۳۹۱ تعیین می‌شود، باید با الزامات جدول ۲ مطابقت داشته باشد.

یادآوری - تعیین سلامت سیمان به روش اتوکلاو انطباق آن با جدول ۲، الزامی است ولی تعیین سلامت سیمان به روش لوشاتلیه طبق استاندارد EN 196-3 و انطباق آن با جدول ۲، اختیاری است.

#### ۷-۲-۳ گرمای هیدراته شدن

گرمای هیدراته شدن سیمان‌های با گرمای کم، هنگامی که در سن ۷ روزه طبق استاندارد EN 196-8 و در سن ۴۱ ساعته طبق استاندارد EN 196-9 تعیین می‌گردد، نباید بیش‌تر از ۲۷۰ J/g باشد.

سیمان‌های با گرمای هیدراته شدن کم باید با پسوند «LH» نشان داده شود.

**یادآوری ۱-** تحقیقات نشان داده نتایج آزمون گرمای هیدراته شدن طبق استاندارد EN 196-8 در ۷ روز با روش استاندارد EN 196-9 در ۴۱ ساعت، یکسان است. با این حال، در صورت بروز اختلاف میان آزمایشگاه‌ها، باید در انتخاب روش به کار گرفته شده، توافق شود.

**یادآوری ۲-** سیمان با گرمای هیدراته شدن بالاتر برای بعضی از کاربردها مناسب است. توافق این مقدار بین تولید کننده و خریدار یا مصرف کننده ضروری است و نباید این سیمان، به‌عنوان سیمان با حرارت کم «LH» معرفی و مشخص شود.

### جدول ۲- الزامات فیزیکی و مکانیکی

انقباض <sup>۳</sup> سولفات ۱۴ روزه (درصد)	سلامت			نرمی <sup>۳</sup> (سانتی‌متر مربع بر گرم)	زمان گیرش اولیه (دقیقه)	مقاومت فشاری (مگا پاسکال)			رده مقاومتی		
	انقباض به روش لوشاتلیه (میلی‌متر) (اختیاری)	انقباض <sup>۳</sup> به روش اتوکلاو (درصد) (الزامی)	انقباض به روش اتوکلاو (درصد) (الزامی)			مقاومت استاندارد		مقاومت اولیه ۲ روزه		مقاومت اولیه ۷ روزه	مقاومت اولیه ۲۸ روزه
						≥۱۲,۰	≥۱۶,۰				
۰,۰۴	≤۱,۰	≤۰,۲	≤۰,۸	۲۸۰۰ تا ۳۶۰۰	≥۷۵	≤۵۲,۵	≥۳۲,۵	≥۱۲,۰	-	۳۲,۵ L الف	
								≥۱۶,۰	-	۳۲,۵ N	
								-	≥۱۰,۰	۳۲,۵ R	
				≥۲۸۰۰	≥۶۰	≤۶۲,۵	≥۴۲,۵	≥۱۶,۰	-	۴۲,۵ L الف	
								-	≥۱۰,۰	۴۲,۵ N	
								-	≥۲۰,۰	۴۲,۵ R	
				≥۲۸۰۰	≥۶۰	≤۶۲,۵	≥۴۲,۵	-	≥۱۰,۰	۵۲,۵ L الف	
								-	≥۲۰,۰	۵۲,۵ N	
								-	≥۳۰,۰	۵۲,۵ R	
ISIRI۱۱۷۹۰	EN196-3	ISIRI۳۹۰	ISIRI۳۹۱	EN196-3	ISIRI۳۹۳			روش آزمون			

الف- این رده مقاومتی فقط برای سیمان‌های CEM III تعریف شده است.  
ب- الزام نرمی برای سیمان‌های گروه ۳ کاربرد ندارد.  
پ- این خصوصیت فقط برای سیمان CEM I-SR5 الزامی است و چنانچه محدودیت انقباض سولفات ۱۴ روزه رعایت شود، محدودیت C<sub>3</sub>A جدول ۴ در نظر گرفته نمی‌شود. بدیهی است انقباض مربوط به سیمان‌های CEM I-SR0 و CEM I-SR3 باید به‌مراتب کمتر از ۰,۰۴ درصد باشد، اما در حال حاضر معیار روشنی برای آن ارائه نشده است.  
ت- این الزام برای سیمان‌های گروه ۱ کاربرد ندارد.

### ۳-۷ الزامات شیمیایی

خصوصیات سیمان‌ها، نوع آن‌ها و رده مقاومتی در ستون ۳ و ۴ جدول ۳ نشان داده شده که باید با ویژگی‌های مندرج در ستون ۵ همین جدول، هنگامی که با روش‌های آزمون مشخص شده در ستون ۲ آزمون می‌گردند، مطابقت داشته باشد.

جدول ۳- ویژگی‌های شیمیایی

۵	۴	۳	۲	۱
الزامات الف	رده مقاومتی	نوع سیمان	روش آزمون	خصوصیات
$\leq 3,0$	همه رده‌ها	CEM I	EN 196-2	کسر وزن ناشی از حرارت (درصد)
$\leq 5,0$		CEM III		
$\leq 1,5$	همه رده‌ها	CEM I	EN 196-2 <sup>ب</sup>	باقی مانده نامحلول (درصد)
$\leq 5,0$		CEM III		
$\leq 3,5$	۳۲,۵ N ۳۲,۵ R ۴۲,۵ N	CEM I CEM II CEM IV CEM V	EN 196-2	میزان سولفات بر حسب SO <sub>3</sub> (درصد)
$\leq 4,0$	۴۲,۵ R ۵۲,۵ N ۵۲,۵ R			
	همه رده‌ها			
$\leq 0,10$	همه رده‌ها	همه <sup>پ</sup>	EN 196-2	میزان کلرید (درصد)
آزمون رضایت بخش باشد	همه رده‌ها	CEM IV	EN 196-5	پوزولانی بودن
<p>یادآوری- برای کاربرد سیمان در مناطق شور (در تماس با آب یا خاک شور) و کاربردهای بتن پیش تنیده، مقدار کلرید سیمان به ۰/۰۵ درصد محدود می‌گردد، بدیهی است خریدار می‌تواند بسته به شرایط مقدار کمتری درخواست نماید.</p> <p>الف- الزامات ارائه شده، براساس درصد وزنی سیمان نهایی می‌باشد.</p> <p>ب- باقی مانده نامحلول در اسید کلریدریک و کربنات سدیم تعیین می‌شود.</p> <p>پ- سیمان CEM III ممکن است حاوی بیش‌تر از ۰/۱ درصد کلرید باشد اما در آن صورت بیشینه مقدار کلرید باید بر روی بسته‌بندی و یا برگه تحویل درج شود.</p>				

## ۴-۷ الزامات دوام

### ۱-۴-۷ کلیات

در بسیاری از موارد کاربرد، به‌ویژه در شرایط محیطی شدید، انتخاب سیمان بر دوام بتن، ملات و دوغاب مانند مقاومت در برابر یخبندان، مقاومت در برابر عوامل شیمیایی و حفاظت از میلگردها تاثیر دارد. قلیایی‌های سیمان یا دیگر ترکیبات بتن ممکن است با سنگدانه‌های خاص واکنش شیمیایی دهند. الزامات کافی در استاندارد EN 206-1 داده شده است.

انتخاب سیمان از این استاندارد، به‌ویژه از نوع و رده‌های مقاومتی برای کاربردهای متفاوت و رده‌های رویارویی با شرایط محیطی، باید طبق استانداردها و یا مقررات معتبر مربوط به بتن یا ملات در محل مصرف، باشد.



سیمان‌های معمول با مقاومت اولیه کم در مقایسه با سایر سیمان‌های معمول با رده مقاومتی مشابه مقاومت اولیه کمتری دارند و ممکن است اقدامات احتیاطی بیش‌تری در هنگام کاربرد آن‌ها، مانند طولانی‌تر کردن زمان قالب‌برداری و حفاظت در برابر شرایط محیطی نامساعد ضروری باشد. در موارد دیگر، عملکرد و مناسب بودن آن‌ها، مشابه انواع دیگر سیمان‌های معمول این استاندارد، از یک نوع و رده مقاومتی مشابه، می‌باشد.

#### ۷-۴-۲ مقاومت در برابر سولفات

مقاومت در برابر سولفات‌ها نیازمند برآورده شدن الزامات جدول ۴ می‌باشد. این سیمان‌ها با نماد «SR» مشخص می‌شوند.

جدول ۴- الزامات اضافی برای سیمان‌های معمول مقاوم در برابر سولفات

۱	۲	۳	۴	۵
خصوصیات	روش آزمون	نوع سیمان	رده مقاومتی	الزامات الف
میزان سولفات بر حسب $SO_3$ (درصد)	EN 196-2	CEM I-SR0 CEM I-SR3 CEM I-SR5 CEM I-SR10 CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR	۳۲,۵ N ۳۲,۵ R ۴۲,۵ N	$\leq 3,0$
			۴۲,۵ R ۵۲,۵ N ۵۲,۵ R	$\leq 3,5$
میزان $C_3A$ در کلینکر (درصد)	EN 196-2	CEM I-SR0 CEM I-SR3 CEM I-SR5 CEM I-SR10	همه رده‌ها	صفر
				$\leq 3$
				$\leq 5$
				$5 \leq C_3A \leq 10$
	---	CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR		$\leq 9$
پوزولانی بودن	EN 196-5	CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR	همه رده‌ها	آزمون در ۸ روز رضایت بخش باشد

الف- الزامات ارائه شده، براساس درصد وزنی سیمان نهایی یا کلینکر می‌باشد.

ب- در حالت‌های خاص برای سیمان گروه یک ممکن است میزان کلینکر از آنالیز شیمیایی سیمان محاسبه شود. میزان  $C_3A$  را باید از رابطه زیر محاسبه نمود:  
 $C_3A = 2.56A - 1.69F$

پ- تا تدوین استاندارد روش آزمون تعیین  $C_3A$  از کلینکر، باید میزان آن را براساس کنترل تولیدات کارخانه تعیین نمود.

## ۸ علامت‌گذاری استاندارد

برای شناسایی سیمان‌ها باید علائم مربوط به همان نوع سیمان، همان‌طور که در جدول ۱ آمده است و همچنین رده‌های مقاومتی ۳۲٫۵، ۴۲٫۵ و ۵۲٫۵ و رده مقاومت اولیه N، R و L در محل مناسب استفاده نمود. برای سیمان‌های با حرارت کم LH اضافه می‌شود.

**مثال ۱:** سیمان پرتلند معمولی با رده مقاومتی ۴۲٫۵ و مقاومت اولیه زیاد به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

**CEM I-42.5 R**

**مثال ۲:** سیمان پرتلند آهکی حاوی (۶ تا ۲۰) درصد وزنی سنگ آهک با مقدار TOC کمتر از ۰٫۵ درصد وزنی L و رده مقاومتی ۳۲٫۵ با مقاومت اولیه معمولی به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

**CEM II/A-L-32.5 N**

**مثال ۳:** سیمان پرتلند مرکب حاوی (۱۲ تا ۲۰) سرباره دانه‌ای (S)، خاکستر بادی سیلیسی (V) و سنگ آهک (L) با رده مقاومتی ۳۲٫۵ و مقاومت اولیه سریع به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

**CEM II/A-M(S-V-L)-32.5 R**

**مثال ۴:** سیمان مرکب حاوی (۱۸ تا ۳۰) درصد وزنی سرباره دانه‌ای (S) و (۱۸ تا ۳۰) درصد وزنی خاکستر بادی سیلیسی (V) رده مقاومتی ۳۲٫۵ و مقاومت اولیه معمولی به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

**CEM V/A (S-V)-32.5 N**

**مثال ۵:** سیمان سرباره‌ای حاوی (۶۶ تا ۸۰) درصد وزنی سرباره دانه‌ای (S) و رده مقاومتی ۳۲٫۵ با مقاومت اولیه معمولی و گرمای هیدراته شدن کم و مقاوم در برابر سولفات، به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

**CEM III/B - SR -32.5 N-LH**

**مثال ۶:** سیمان پرتلند ضد سولفات ویژه با رده مقاومتی ۴۲٫۵ و مقاومت اولیه زیاد به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

**CEM I-SR3-42.5 R**

**مثال ۷:** سیمان پوزولانی مقاوم به سولفات حاوی (۲۱ تا ۳۵) درصد وزنی پوزولان طبیعی و رده مقاومتی ۳۲٫۵ و مقاومت اولیه معمولی و مقدار  $C_3A$  کمتر یا مساوی ۹ درصد وزنی به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

**CEM IV/A- SR (P) 32.5 N**

**مثال ۸:** سیمان سرباره‌ای حاوی (۸۱ تا ۹۵) درصد وزنی سرباره دانه‌ای (S) با رده مقاومتی ۳۲٫۵ و مقاومت اولیه کم و گرمای هیدراته شدن کم و مقاوم در برابر سولفات، به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

**CEM III/C - SR -32.5 L-LH**

**مثال ۹:** سیمان پرتلند معمولی با رده مقاومتی ۴۲٫۵ و مقاومت اولیه زیاد به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

**CEM I -42.5 R**

## ۹ نحوه عرضه سیمان

### ۹-۱ بسته‌بندی

۹-۱-۱ سیمان باید در کیسه‌های مناسب، مقاوم و قابل انعطاف بارگیری شود، به طوری که رطوبت و مواد خارجی به داخل آن نفوذ نکند و به هنگام حمل و نقل پاره نشود. در صورت استفاده از پاکت کاغذی باید مشخصات پاکت‌ها مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۴۵۴۳ و در صورت استفاده از کیسه‌های پلی‌پروپیلنی، باید مشخصات کیسه‌ها مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۷۴۰ باشد.

۹-۱-۲ به‌طور معمول وزن اسمی هر بسته سیمان ۵۰ کیلوگرم می‌باشد. بسته‌بندی سیمان در سایر اوزان بلامانع است.

رواداری منفی وزن اندازه‌گیری شده هر بسته منفرد سیمان، نباید بیش‌تر از ۲ درصد وزن اسمی باشد و همچنین میانگین وزن هر ۵۰ بسته سیمان که به‌طور تصادفی از یک محموله انتخاب و توزین می‌شود نباید از وزن اسمی کم‌تر باشد، در غیر این‌صورت محموله مردود و غیرقابل پذیرش می‌باشد.

### ۹-۲ فله

سیمان را می‌توان به‌صورت فله توسط بونکرهای مخصوص و یا در کیسه‌های بزرگ نیز عرضه کرد. یادآوری - توصیه می‌شود دمای سیمان هنگام تحویل به مشتری، کم‌تر از ۸۰ درجه سلیسیوس باشد.

## ۱۰ نگهداری سیمان

۱۰-۱ نگهداری سیمان در کیسه و یا به‌صورت فله در سیلو، باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۲۷۶۱ باشد، به طوری که تشخیص محموله‌ها از یکدیگر، بازرسی و نمونه‌برداری از هر یک به آسانی امکان‌پذیر باشد.

۱۰-۲ محل نگهداری سیمان باید کاملاً خشک باشد و رطوبت به داخل آن نفوذ نکند.

۱۰-۳ چنان‌چه هر محموله سیمان قبل از حمل به صورت فله بیش از شش ماه در سیلو و یا به‌صورت بسته‌بندی بیش از سه ماه مانده باشد، باید قبل از حمل دوباره مورد ارزیابی و انطباق با استاندارد قرار گیرد.

## ۱۱ نشانه‌گذاری

در روی هر بسته محتوی سیمان پرتلند باید موارد زیر به وضوح و ترجیحاً با رنگ سیاه، به زبان فارسی برای توزیع داخل کشور و یا هر زبان دیگر برای توزیع خارج کشور، درج شود:

۱۱-۱ نام واحد تولیدی؛

۱۱-۲ نام و یا نشان تجاری واحد تولیدی؛

۱۱-۳ مشخصات سیمان مطابق بند ۸؛

۱۱-۴ وزن بسته سیمان؛

۱۱-۵ تاریخ تولید؛

۱۱-۶ نشانی واحد تولیدی؛

۱۱-۷ نشان استاندارد در صورت اخذ مجوز.

یادآوری - در صورت عرضه سیمان به صورت فله باید کلیه موارد نشانه‌گذاری در برگ‌های بارنامه یا تحویل، درج شود.

## ۱۲ معیار انطباق

### ۱۲-۱ الزمات عمومی

انطباق سیمان براساس این استاندارد باید به‌طور مستمر بر مبنای نمونه‌های نقطه‌ای ارزیابی شود. خصوصیات، روش‌های آزمون و حداقل تواتر آزمون خود کنترلی توسط تولیدکننده، در جدول ۵ مشخص شده است. در خصوص تناوب آزمون برای سیمان که به‌طور مستمر ارسال نمی‌شود و یا سایر جزئیات به استاندارد EN 197-2 رجوع شود.

یادآوری ۱- این استاندارد مربوط به بازرسی در زمان تحویل نیست.

یادآوری ۲- گواهی ارزیابی انطباق توسط یک مرجع صدور گواهی‌نامه، باید مطابق استاندارد EN 197-2 انجام شود.

انطباق سیمان‌ها با الزمات این استاندارد و مقادیر بیان شده (شامل همه رده‌ها) باید با توجه به موارد زیر نشان داده شود:

- آزمون نوع اولیه؛
- کنترل تولید کارخانه توسط تولید کننده.

جدول ۵- خصوصیات، روش‌های آزمون و حداقل تواتر آزمون برای آزمون خود کنترلی توسط تولید کننده و روش ارزیابی آماری

آزمون خود کنترلی						
روش ارزیابی آماری		حداقل تواتر آزمون		روش آزمون ب الف	سیمان‌های مورد آزمون	خصوصیت
بازرسی توسط		دوره اولیه تولید نوع جدیدی از سیمان	روال عادی تولید			
گسسته ت	پیوسته پ					
۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
	×	هر هفته ۴ بار	هر هفته ۲ بار	EN 196-1	همه	مقاومت اولیه مقاومت استاندارد
×		هر هفته ۴ بار	هر هفته ۲ بار	EN 196-3	همه	زمان گیرش اولیه
	×	هر هفته ۴ بار	هر هفته ۱ بار	EN 196-3	همه	سلامت
×		هر هفته ۱ بار	هر ماه ۲ بار	EN 196-2	CEM I, CEM II	کسر وزن ناشی از حرارت
×		هر هفته ۱ بار	هر ماه ۲ بار	EN 196-2	CEM I, CEM II	باقی مانده نامحلول
×		هر هفته ۴ بار	هر هفته ۲ بار	EN 196-2	همه	میزان سولفات
×		هر هفته ۱ بار	هر ماه ۲ بار	EN 196-2	همه	میزان کلرید
×		هر هفته ۱ بار	هر ماه ۲ بار	EN 196-2 <sup>۳</sup>	CEM I-SR0 CEM I-SR3 CEM I-SR5 CEM I-SR10	میزان C <sub>3</sub> A در کلینکر <sup>۳</sup>
				ε -	CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR	
	×	هر هفته ۱ بار	هر ماه ۲ بار	EN 196-5	CEM IV	پوزولانی بودن
×		هر هفته ۱ بار	هر ماه ۱ بار	EN 196-8 یا EN 196-9	سیمان کم حرارت	گرمای هیدراته شدن
		هر هفته ۱ بار	هر ماه ۱ بار	δ -	همه	ترکیب

الف- در جایی که استفاده از روش‌های EN 196 مجاز باشد، می‌توان از روش‌های دیگر استفاده کرد، مشروط بر آن که مقادیر و معادل با نتایج روش مرجع به دست آید.

ب- روش‌های مورد استفاده برای برداشت و آماده سازی نمونه‌ها باید مطابق استاندارد EN 196-7 باشد.

پ- اگر نتایج دارای توزیع نرمال نباشد، روش ارزیابی مورد به مورد انجام می‌شود.

ت- اگر تعداد نمونه‌ها در دوره کنترل حداقل یک نمونه در هفته باشد، ارزیابی را می‌توان براساس روش پیوسته انجام داد.

ث- هنگامی که هیچ‌یک از نتایج آزمون در یک دوره ۱۲ ماهه از ۵۰ درصد مقدار مشخصه تجاوز کند، این زمان آزمون می‌تواند به ماهی یک‌بار کاهش یابد.

ج- روش آزمون تعیین میزان C<sub>3</sub>A سیمان نهایی، در کمیسیون TC51 اروپا در دست تدوین است.

چ- در مورد سیمان CEM I تعیین میزان C<sub>3</sub>A به روش تجزیه شیمیایی سیمان امکان‌پذیر است. میزان C<sub>3</sub>A از فرمول  $C_3A = 2,65 A - 1,69 F$  محاسبه می‌شود.

ح- تا تدوین استاندارد روش آزمون تعیین C<sub>3</sub>A از کلینکر، باید میزان آن را براساس کنترل تولیدات کارخانه تعیین نمود.

د- روش مناسب توسط تولید کننده انتخاب می‌شود.

## ۱۲-۲ معیار انطباق برای خصوصیات مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی و روش ارزیابی

### ۱۲-۲-۱ کلیات

هنگامی سیمان با الزامات مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی ارایه شده در این استاندارد مطابقت دارد که معیارهای مشخص شده در بندهای ۱۲-۲-۲ و ۱۲-۲-۳ برآورده شود. ارزیابی انطباق براساس نمونه برداری مستمر، با استفاده از نمونه‌های نقطه‌ای برداشت شده در زمان بارگیری و نتایج به دست آمده از آزمون نمونه‌های خود کنترلی برداشت شده در دوره کنترل، انجام شود.

### ۱۲-۲-۲ معیار انطباق آماری

#### ۱۲-۲-۲-۱ کلیات

انطباق باید براساس ضوابط آماری زیر فرمول بندی شود:

- مقادیر مشخصه لازم برای خواص شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی مندرج در بندهای ۷-۱، ۷-۲ و ۷-۳ برآورده شود؛
- صدک ( $P_k$ )، برای مقادیر مشخصه معین که در جدول ۶ ارایه شده است؛
- احتمال مجاز پذیرش (CR)، که در جدول ۶ مشخص شده است.

جدول ۶- مقادیر مورد نیاز  $P_k$  و CR

الزامات فیزیکی و شیمیایی	الزامات مکانیکی	
	مقاومت استاندارد (حد بالا)	مقاومت اولیه و استاندارد (حد پایین)
۱۰٪	۵٪	صدک $k_A$ براساس مقدار مشخصه
	۵٪	احتمال مجاز پذیرش CR

**یادآوری** - ارزیابی انطباق که براساس تعداد محدودی از نتایج آزمون انجام می‌شود، تنها یک مقدار تقریبی برای بخشی از نتایج خارج از مقدار مشخصه معین شده در یک جمعیت آماری را به دست می‌دهد. تعداد نتایج آزمون بیشتر، دقت بهتری را ایجاد می‌کند. احتمال مجاز پذیرش (CR)، میزان دقت طرح نمونه برداری، را کنترل می‌کند. براساس این استاندارد انطباق با الزامات، باید از طریق روش‌های پیوسته یا گسسته که در بندهای ۱۲-۲-۲ و ۱۲-۲-۳ و جدول ۵ شرح داده شده است، مورد تایید قرار می‌گیرد. دوره کنترل باید ۱۲ ماه باشد.

## ۱۲-۲-۲ بازرسی به روش پیوسته

برای این بازرسی، فرض می‌شود که نتایج آزمون دارای توزیع نرمال است. هنگامی که رابطه‌های ۱ و ۲ بسته به مورد برقرار باشد، انطباق مورد تایید قرار می‌گیرد:

$$\bar{x} - k_A \cdot s \geq L$$

رابطه (۱)

$$\bar{x} + k_A \cdot s \geq U$$

رابطه (۲)

که در رابطه‌های فوق:

$\bar{x}$  میانگین عددی مجموع نتایج آزمون خود کنترلی در دوره کنترل؛

$s$  انحراف معیار مجموع نتایج آزمون خود کنترلی در دوره کنترل؛

$k_A$  ثابت پذیرش؛

$L$  حد پایینی مندرج در جدول‌های ۲ و ۳؛

$U$  حد بالایی مندرج در جدول‌های ۲، ۳ و ۴.

ثابت پذیرش ( $k_A$ ) به صدکی ( $P_k$ ) که مقدار مشخصه بر مبنای آن تعریف شده است و همچنین به احتمال مجاز پذیرش (CR) و به تعداد نتایج آزمون ( $n$ )، بستگی دارد. مقادیر  $k_A$  در جدول ۷ آمده است.

جدول ۷- ثابت پذیرش  $k_A$

$k_A$ الف		تعداد نتایج آزمون n
برای $P_k$ مساوی ۱۰ درصد	برای $P_k$ مساوی ۵ درصد	
خصوصیات دیگر	مقاومت اولیه و استاندارد (حد بالایی)	
۱٫۹۳	۲٫۴۰	۲۰ تا ۲۱
۱٫۸۹	۲٫۳۵	۲۲ تا ۲۳
۱٫۸۵	۲٫۳۱	۲۴ تا ۲۵
۱٫۸۲	۲٫۲۷	۲۶ تا ۲۷
۱٫۸۰	۲٫۲۴	۲۸ تا ۲۹
۱٫۷۸	۲٫۲۲	۳۰ تا ۳۴
۱٫۷۳	۲٫۱۷	۳۵ تا ۳۹
۱٫۷۰	۲٫۱۳	۴۰ تا ۴۴
۱٫۶۷	۲٫۰۹	۴۵ تا ۴۹
۱٫۶۵	۲٫۰۷	۵۰ تا ۵۹
۱٫۶۱	۲٫۰۲	۶۰ تا ۶۹
۱٫۵۸	۱٫۹۹	۷۰ تا ۷۹
۱٫۵۶	۱٫۹۷	۸۰ تا ۸۹
۱٫۵۴	۱٫۹۴	۹۰ تا ۹۹
۱٫۵۳	۱٫۹۳	۱۰۰ تا ۱۴۹
۱٫۴۸	۱٫۸۷	۱۵۰ تا ۱۹۹
۱٫۴۵	۱٫۸۴	۲۰۰ تا ۲۹۹
۱٫۴۲	۱٫۸۰	۳۰۰ تا ۳۹۹
۱٫۴۰	۱٫۷۸	>۴۰۰

**یادآوری -** مقادیر ارائه شده در این جدول برای CR مساوی ۵ درصد معتبر است.

الف- مقدار  $k_A$  را می توان برای هر مقدار n با درون یابی به دست آورد.

۱۲-۲-۲-۳ بازرسی به روش گسسته

تعداد نتایج آزمون خارج از مقدار مشخصه ( $C_D$ )، باید شمارش و با تعداد قابل پذیرش ( $C_A$ )، محاسبه شده از تعداد نتایج آزمون خود کنترلی، n و صدک  $P_k$  مطابق جدول ۷، مقایسه شود. هنگامی که رابطه ۳، برقرار باشد انطباق مورد تایید است.

$$C_D \leq C_A$$

رابطه (۳)



مقدار  $C_A$  به صدکی ( $P_k$ ) که مقدار مشخصه بر مبنای آن تعریف شده است. همچنین به احتمال مجاز پذیرش (CR) و به تعداد نتایج آزمون ( $n$ )، بستگی دارد. مقادیر  $C_A$  در جدول ۸ ارایه شده است.

جدول ۸- مقادیر  $C_A$

تعداد نتایج آزمون $n$ الف	$C_A$ برای $P_k$ مساوی ۱۰ درصد
۲۰ تا ۳۹	۰
۴۰ تا ۵۴	۱
۵۵ تا ۶۹	۲
۷۰ تا ۸۴	۳
۸۵ تا ۹۹	۴
۱۰۰ تا ۱۰۹	۵
۱۱۰ تا ۱۲۳	۶
۱۲۴ تا ۱۳۶	۷

یادآوری- مقادیر ارایه شده در این جدول برای CR مساوی ۵ درصد معتبر است.

الف- اگر تعداد نتایج آزمون  $n$  کم تر از ۲۰ باشد (برای  $P_k$  مساوی ۱۰ درصد) ، معیار انطباق براساس محاسبات آماری امکان پذیر نیست، در این صورت، معیار  $C_A$  مساوی صفر، باید مورد استفاده قرارگیرد. اگر تعداد نتایج آزمون  $n$  بیش تر از ۱۳۶ باشد،  $C_A$  را می توان از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$C_A = 0.075 (n - 30)$$

### ۱۲-۲-۳ معیار انطباق نتیجه منفرد

علاوه بر معیار انطباق آماری، برای انطباق نتایج آزمون با ویژگی های این استاندارد، لازم است، نتیجه هر آزمون منفرد بین مقادیر حد بالایی و حد پایینی که در جدول ۹ مشخص شده است، قرار داشته باشد.

جدول ۹- مقادیر حد برای نتایج منفرد

مقادیر حد برای نتایج منفرد									خصوصیات		
رده مقاومتی											
۵۲,۵ R	۵۲,۵ N	۵۲,۵ L	۴۲,۵ R	۴۲,۵ N	۴۲,۵ L	۳۲,۵ R	۳۲,۵ N	۳۲,۵ L			
۲۸,۰	۱۸,۰	۸,۰	۱۸,۰	۸,۰	-	۸,۰	-	-	۲ روزه	مقاومت اولیه (MPa)	
-	-	-	-	-	۱۴,۰	-	۱۴,۰	۱۰,۰	۷ روزه	حد پایینی	
۵۰,۰			۴۰,۰			۳۰,۰			۲۸ روزه	مقاومت استاندارد (MPa) حد پایینی	
۴۰			۵۰			۶۰			زمان گیرش اولیه (min) حد پایینی		
۰,۸									انبساط	سلامت (%)/حد بالایی	
۰,۲									انقباض		
۴,۵	-	۴,۵	۴,۰	-	۴,۰	-	۴,۰	-	CEM I CEM II CEM IV CEM V میزان سولفات (درصد SO <sub>3</sub> ) حد بالایی		
۴,۰	-	۴,۰	۳,۵	-	۳,۵	-	۳,۵	-	CEM I-SR0 CEM I-SR3 CEM I-SR5 CEM I-SR10 CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR		
۴,۵									CEM III/A CEM III/B		
۵,۰									CEM III/C		
			۱ ۴ ۶ ۱۱ ۱۰ ۱۰						CEM I-SR0 CEM I-SR3 CEM I-SR5 CEM I-SR10 CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR	حد بالایی	C <sub>3</sub> A (%)
			۴						CEM I-SR10	حد پایینی	
۰,۱۰ <sup>ت</sup>									میزان کلرید (درصد) <sup>۳</sup> حد بالایی		
نتایج رضایت بخش در ۱۵ روز	-	نتایج رضایت بخش در ۱۵ روز	-	نتایج رضایت بخش در ۱۵ روز	-	نتایج رضایت بخش در ۱۵ روز	-	نتایج رضایت بخش در ۱۵ روز	پوزولانی بودن		
۳۰۰									LH	گرمای هیدراته شدن (J/g) حد بالایی	
<p>الف- سیمان نوع CEMII/B-T و CEMII/B-M با مقدار &gt;۲۰٪ T ممکن است میزان SO<sub>3</sub> بالای ۵ درصد باشد.</p> <p>ب- برای کاربردهای خاص CEM I-SR5، ممکن است با مقدار سولفات بیشینه تولید شود. در این صورت حد بالا ۰,۵ درصد بالاتر از حد خود ظهاری است.</p> <p>پ- میزان کلرید سیمان نوع CEMIII ممکن است بیش از ۰,۱۰ باشد که باید در این حالت مقدار کلرید اعلام شود.</p> <p>ت- برای سیمان مصرفی در مناطق خورنده و کارهای پیش تنیده، ممکن است به مقادیر کمتری از کلرید (حد ۵ درصد) نیاز باشد. در این صورت مقدار ۰,۱ درصد وزنی باید با مقدار کمتری که در برگه بارنامه یا هنگام تحویل اظهار شده تعویض شود.</p>											

### ۳-۱۲ معیار انطباق برای ترکیبات سیمان

ترکیبات سیمان باید حداقل یکبار در ماه، با استفاده از مقررات مربوط به برداشت نمونه نقطه‌ای هنگام بارگیری توسط تولیدکننده بازرسی شود. ترکیبات سیمان باید مطابق الزامات مشخص شده در جدول ۱ باشد. مقادیر حدی ترکیبات سیمان که در جدول ۱ مشخص شده است، مقادیر مرجع بوده که باید با میانگین ترکیبات محاسبه شده از نمونه‌برداری نقطه‌ای در دوره کنترل، انطباق داشته باشد. برای نتایج منفرد، حداکثر انحراف  $(-2)$  برای حد پایین و  $(+2)$  برای حد بالا از مقدار مرجع مجاز است. برای اطمینان از انطباق با الزامات، باید روش‌های مناسب بازرسی و تایید در طول دوره تولید و کنترل مجدد، به کار گرفته و مستند سازی شود.

### ۴-۱۲ معیار انطباق برای خصوصیات اجزای تشکیل دهنده سیمان

اجزای تشکیل دهنده سیمان باید الزامات مشخص شده بند ۵ را تامین کنند. روش مناسبی در طول تولید برای اطمینان از انطباق با این شرایط باید به کار گرفته و مستند شود.