



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۷۶۷۸

چاپ اول

۱۳۹۳

INSO

17678

1st.Edition

2014

سیمان کلسیم آلومیناتی - ویژگی‌ها

Calcium aluminate cement -
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 مؤسسه 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)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ 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
«سیمان کلسیم آلومیناتی - ویژگی‌ها»

رئیس:

سمت و / یا نمایندگی
دانشگاه بین‌المللی امام خمینی قزوین

میرهادی، بهمن
(دکتری مهندسی مواد-سرامیک)

دبیر:

پژوهشگاه استاندارد

مهدی خانی، بهزاد
(کارشناس ارشد مهندسی مواد-سرامیک)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

شیمی ساختمان

احمدی، احمد
کارشناس مهندسی پلیمر

شرکت سیمان‌های نسوز ایران

امامی، حسین
مدیریت

پژوهشگاه استاندارد

سامانیان، حمید
(کارشناس ارشد مهندسی مواد سرامیک)

پژوهشگاه استاندارد

سلیمی، حمید
(دکتری شیمی)

سازمان ملی استاندارد

عباسی رزگله، محمد حسین
(کارشناس مهندسی مواد و سرامیک)

شرکت شیمی ساختمان

عباسی، مهین
(کارشناس شیمی)

سازمان ملی استاندارد

فلاح، عباس
(کارشناس زمین‌شناسی)

پژوهشگاه مواد و انرژی

فرشید فر، فرشاد
کارشناس ارشد مهندسی مواد- سرامیک

فرآورده‌های نسوز پاسارگاد

قادر، مجتبی
(کارشناس مهندسی مواد- سرامیک)

پژوهشگاه استاندارد

قهری، هما
(کارشناس ارشد شیمی)

پژوهشگاه استاندارد

قشقایی، محمد مهدی
(کارشناس مهندسی معدن)

پژوهشگاه استاندارد

نژاد کاظم، امید
(دکتری عمران)

شیمی ساختمان

هنرمند، هانی
(کارشناس شیمی)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ج	آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران
د	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ز	مقدمه
و	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۳	۴ سیمان کلسیم آلومینات (CAC)
۳	۵ تشکیل‌دهنده‌ها
۴	۶ نوع و ترکیب سیمان
۴	۷ الزامات مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی
۵	۸ معرفی و نشانه‌گذاری
۶	۹ معیار انطباق
۱۱	۱۰ پیوست الف (اطلاعاتی)
۲۲	۱۱ پیوست ب (اطلاعاتی)

پیش‌گفتار

استاندارد «سیمان کلسیم آلومیناتی - ویژگی‌ها» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده و در چهرصدو نودو چهارمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان، مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۳/۲/۲ 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.

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

BS EN 14647: 2005, Calcium aluminate cement — Composition, specifications and conformity criteria.

مقدمه

در اواخر قرن نوزدهم میلادی؛ سیمان کلسیم آلومیناتی برای جایگزینی سیمان کلسیم سیلیکاتی (سیمان پرتلند) ساخته شد تا از اثرات حمله سولفات به اجزای سازه‌ای جلوگیری کند. در حالی که این نوع سیمان برای مقاومت سولفات مناسب است متوجه شدند که به‌طور قابل توجهی برای مقاومت در برابر درجه حرارت زیاد نیز مناسب است. این سیمان خیلی سریع سفت و مقاوم می‌شود، بنابراین استفاده از این نوع سیمان به-خصوص در کاربری‌های پیش‌ساخته بیش‌تر شد.

هیدراته شدن سیمان کلسیم آلومیناتی با سیمان پرتلند تفاوت اساسی دارد، به‌طوری‌که هیدراته شدن کلسیم آلومینات به درجه حرارتی بستگی دارد و هیدراته شدن در آن صورت می‌گیرد. در درجه حرارت‌های کم و معمولی (کم‌تر از 40°C) مراحل هیدراته شدن منجر به مقاومت موقت بالا می‌شود. این شرایط ممکن است چندین روز یا سال‌های زیادی طول بکشد، که به درجه حرارت و رطوبت قبل از گسترش هیدراته شدن در یک دوره زمانی طولانی پایدار بستگی دارد. این فرایند به عنوان تبدیل شناخته می‌شود و اجتناب ناپذیر است. این ناشی از تغییر فاز در خمیر سخت شده سیمان است و با کاهش مقاومت در پایین‌ترین حد پایدار همراه خواهد شد.

عدم درک فرایند تبدیل و عدم موفقیت در حفظ مقاومت موقت بالا به شکست کشورهای متعددی در بین سال‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰ منجر شد.

در یکی از گزارش‌ها مقاومت بتن ساخته شده با سیمان کلسیم آلومیناتی حتی بیش از یک تهاجم شیمیایی کاهش یافت. هنگامی که تخلخل‌های بتن بر اثر مقدار افزایش نسبت آب به سیمان و تبدیل افزایش پیدار کرد، مقاومت شیمیایی کاهش یافت. در نتیجه، سیمان کلسیم آلومیناتی از فهرست سیمان‌های مجاز مورد استفاده در بتن‌های سازه‌ای در برخی کشورها کنار گذاشته شد.

در پیوست الف، راهنمایی برای استفاده صحیح از این سیمان ارایه شده است. این راهنما شامل روشی است که اجازه می‌دهد مقاومت طولانی مدت یعنی بعد از مرحله تبدیل به‌دست آید.

یادآوری - سیمان کلسیم آلومیناتی را می‌توان با استفاده از فرایند کاهش در کوره تولید کرد (این روش تا اواخر دهه ۱۹۸۰ در آلمان مورد استفاده قرار می‌گرفت) اما این سیمان مقدار بسیار بالایی از سولفیدها را دارد که آن را از این استاندارد مستثنی می‌کند.

سیمان کلسیم آلومیناتی - ویژگی‌ها

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعریف و تعیین ترکیبات سیمان کلسیم آلومیناتی و خواص مکانیکی، شیمیایی و فیزیکی آن است. این استاندارد معیارهای انطباق سیمان کلسیم آلومیناتی را نیز بیان می‌کند. این استاندارد برای استفاده در موارد خاص سیمان کلسیم آلومیناتی در مخلوط‌های فرمول بندی شده (مانند مخلوط‌های خشک) کاربرد ندارد.

هیدراته شدن سیمان کلسیم آلومیناتی با سیمان پرتلند تفاوت اساسی دارد، به طوری که هیدراته شدن کلسیم آلومینات به درجه حرارتی بستگی دارد که هیدراته شدن در آن صورت می‌گیرد. در درجه حرارت‌های کم و معمولی (کم‌تر از 40°C) مراحل هیدراته شدن منجر به مقاومت موقت بالا می‌شود. این شرایط ممکن است چندین روز یا سال‌های زیادی طول بکشد، که به درجه حرارت و رطوبت قبل از گسترش هیدراته شدن در یک دوره زمانی طولانی پایدار بستگی دارد. این فرایند به عنوان تبدیل شناخته می‌شود و اجتناب ناپذیراست. این ناشی از تغییر فاز در خمیر سخت شده سیمان است و با کاهش مقاومت در پایین‌ترین حد پایدار همراه خواهد شد.

یادآوری ۱- سیمان کلسیم آلومینات در کشورهای مختلف دارای نام‌های متفاوتی بوده است، به‌طور مثال: سیمان پر آلومینا، سیمان آلومینی، سیمان پر آلومینای ذوب شده.

یادآوری ۲- راهنمایی برای استفاده صحیح از سیمان کلسیم آلومینات در بتن و ملات در پیوست الف آورده شده است.

هشدار- در این استاندارد تمام موارد ایمنی و بهداشتی نوشته نشده است. در صورت وجود چنین مواردی، مسیولیت برقراری شرایط ایمنی و سلامتی مناسب و اجرای آن برعهده‌ی کاربر این استاندارد است.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن موردنظر نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها موردنظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۳۹۳: سیمان - تعیین مقاومت فشاری و خمشی - روش آزمون

2-2 EN 197-2:2000, Cement - Part 2: Conformity evaluation

2-3 EN 196-2, Methods of testing cement - Part 2: Chemical analysis of cement

2-4 EN 196-3, Methods of testing cement - Part 3: Determination of setting time and soundness

2-5 EN 196-7, Methods of testing cement - Part 7: Methods of taking and preparing samples of cement

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۳

آزمون خود کنترلی^۱

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

۲-۳

دوره کنترل یا بازرسی^۲

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

۳-۳

مقدار مشخصه^۳

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.

۴-۳

مقدار مشخصه معین^۴

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

۵-۳

مقدار حد نتیجه منفرد^۵

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

احتمال مجاز پذیرش CR^۱

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

طرح نمونه برداری^۲

طرح تعیین شده برای اندازه (ها) نمونه که به صورت آماری تعریف می شود. این اندازه برحسب درصد P_k و احتمال پذیرش CR به کار می رود.

محل نمونه های موضعی

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

۴ سیمان کلسیم آلومینات (CAC)

این سیمان یک چسباننده هیدرولیک است یعنی ماده معدنی کاملاً نرم شده ای است که با آب ترکیب می شود و حالت یک خمیر را می گیرد. با واکنش های هیدراسیون، گیرش یافته و سخت می شود. پس از این که فرآیند هیدراسیون فازهای هیدرات پایدار پس از تبدیل را تولید کرد، مقاومت و پایداری را حفظ می کند. سیمان منطبق با این استاندارد، هنگامی که به طور مناسب پیمانه شده و با سنگدانه و آب مخلوط شود قادر به تولید بتن یا ملات با کارایی قابل دسته بندی برای مدت زمان طولانی است که قابلیت خود را برای زمانی کافی حفظ می کند و مقاومت خود را نگه می دارد و برای زمان طولانی از نظر حجم نیز پایدار خواهد ماند. ترکیب اصلی آن مونوکلسیم آلومینات ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) است. دیگر ترکیبات کانی شناسی آن شامل کلسیم آلومینو-فریت ها، دی کلسیم سیلیکات و کلسیم سیلیکو-آلومینات یا ژلنایت^۳ می باشد. سخت شدن هیدرولیکی سیمان کلسیم آلومینات در ابتدا ناشی از هیدراته شدن مونوکلسیم آلومینات است، ولی دیگر ترکیبات شیمیایی نیز ممکن است در فرایند سخت کردن مشارکت داشته باشند. سیمان کلسیم آلومینات شامل ذرات ریز ویژه از کلینکر کلسیم آلومینات است که از لحاظ آماری در ترکیب به طور یکنواخت می باشد. این یکنواختی در نتیجه فرایندهای تضمین کیفیت تولید و حمل مواد است. رابطه

1- Allowable probability of acceptance
2- Sampling plan
3 - Gehlenite

بین این فرایندهای تولید و حمل مواد و انطباق سیمان کلسیم آلومیناتی با این استاندارد در استاندارد EN 197-2 توضیح داده شده است.

۵ تشکیل دهنده‌ها

۱-۵ کلینکر سیمان کلسیم آلومینات

کلینکر سیمان کلسیم آلومینات با گداختن یا تفجوشی^۱ یک مخلوط مشخص شده از مواد آلومینایی و آهکی به دست می‌آید.

۲-۵ مواد کمکی برای آسیاب کردن

مواد شیمیایی یا فرآورده‌های اختصاصی هستند که به کلینکر سیمان کلسیم آلومینات در حین فرایند آسیاب به منظور افزایش کارایی فرایند اضافه می‌شوند. مقدار مواد کمک آسیاب برحسب جرم خشک نباید از ۰/۲ درصد جرمی سیمان بیش‌تر شود. مواد کمک آسیاب نباید باعث گسترش خوردگی آرماتورها یا تضعیف خصوصیات سیمان یا بتن و ملات ساخته شده با سیمان شود.

۶ نوع و ترکیب سیمان

به جز مواد کمک آسیاب که ممکن است در کارخانه استفاده شود، همان‌طور که در بند ۲-۵ بیان شد، سیمان کلسیم آلومینات باید فقط از کلینکر کلسیم آلومینات تشکیل شود.

۷ الزامات مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی

۱-۷ مقاومت فشاری

مقاومت فشاری سیمان کلسیم آلومینات نباید از 18 Mpa در 6 h و 40 Mpa در 24 h کمتر شود، هنگامی که آزمون مطابق استاندارد ملی 393 در 6 h و 24 h (جدول ۱ را نیز ببینید) و تحت شرایط زیر انجام شود:

- ترکیب ملات باید شامل 1350 g از ماسه استاندارد [۲]، 500 g سیمان کلسیم آلومینات و 200 g آب یعنی با نسبت آب به سیمان $0/4$ باشد؛

- تمامی آزمون‌ها باید بعد از $(6 \text{ h} \pm 15 \text{ min})$ از قالب خارج شوند؛

- آزمون‌هایی که در سن 6 h آزمون می‌شوند، باید بلافاصله بعد از باز کردن قالب آزمون شوند.

- آزمون‌هایی که در سن 24 h آزمون می‌شوند باید بعد از باز کردن قالب در آب عمل آوری شده و در $(24 \text{ h} \pm 15 \text{ min})$ آزمون شوند.

۱-Sintering

۲-۷ زمان گیرش اولیه

زمان گیرش اولیه که مطابق با استاندارد EN 196-3 تعیین می شود، نباید کمتر از ۹۰ min باشد (جدول ۱ را ببینید).

روش هایی به غیر از استاندارد EN 196-3 نیز می تواند استفاده شود [۱]، مشروط بر این که آن روش ها نتایجی همبسته و معادل آنچه مطابق استاندارد EN 196-3 به دست آمده است، بدهند.

جدول ۱- الزامات مکانیکی و فیزیکی داده شده به عنوان مقادیر مشخصه

مقاومت فشاری Mpa	زمان گیرش اولیه min
در ۲۴ h : حداقل ۴۰٫۰	در ۶h : حداقل ۱۸٫۰
<p>یادآوری ۱- سیمان های کلسیم آلومینات خیلی سریع سخت می شوند، بنابراین مقاومت های ۲۸ روزه در ۲۰°C ارتباطی با این نوع سیمان ها ندارند. مرسوم است که آزمون انطباق برای مقاومت در این سنین اولیه انجام گیرد.</p> <p>یادآوری ۲- مقادیر به دست آمده از این آزمون ها نباید برای مقاصد طراحی بتن مورد استفاده قرار بگیرد. توضیحی از رشد مقاومت بتن های بر پایه سیمان کلسیم آلومینات و روشی برای پیش بینی حداقل مقاومت دراز مدت آن ها در پیوست الف آمده است.</p>	

۳-۷ الزامات شیمیایی

خصوصیات سیمان کلسیم آلومینات باید مطابق با الزامات فهرست شده در جدول ۲ باشد. یادآوری - در برخی از کشورها، مقرراتی برای مقدار کرومیوم هگزاوانت^۱ قابل حل در آب وجود دارد.

جدول ۲ - الزامات شیمیایی به عنوان مقادیر مشخصه

الزامات الف	روش مرجع	ویژگی
$35\% \leq Al_2O_3 \leq 58\%$	EN 196-2	مقدار آلومینا (به عنوان Al_2O_3)
$\leq 0.10\%$	EN 196-2	مقدار سولفید (به عنوان S^{2-})
$\leq 0.10\%$	EN 196-2	مقدار کلراید
$\leq 0.4\%$	EN 196-2	مقدار قلیایی ^۲
$\leq 0.5\%$	EN 196-2	مقدار سولفات (به عنوان SO_3)
<p>الف- الزامات داده شده برحسب درصد جرمی سیمان نهایی است. ب- بیان شده بر حسب Na_2O هم ارز ($Na_2O+0.658K_2O$).</p>		

۸ معرفی و نشانه گذاری

۱-۸ معرفی

سیمان کلسیم آلومینات باید به صورت زیر شناسایی شود:

سیمان کلسیم آلومینات (CAC) شماره این استاندارد ملی INSO

1 - Hexavalent chromium

نماد CAC شامل تعریف (بند ۴)، ترکیب (بندهای ۵ و ۶) و الزامات (بند های ۷ و ۹) است.

یادآوری ۱- در سیمان کلسیم آلومینات به علت تفاوتی که در هیدراته شدن این نوع سیمان با سیمان پرتلند وجود دارد باید دقت زیادی شود. در نتیجه معمول این است که معرفی سیمان کلسیم آلومینات به رده مقاومتی ارجاع نشود.
یادآوری ۲- توضیح بیش تر در خصوص رشد مقاومت سیمان کلسیم آلومینات در بتن و ملات در پیوست الف ارائه شده است.

۸-۲ نشانه گذاری

نشانه گذاری بر روی بسته های محتوی سیمان باید به طور واضح همراه با اطلاعات مرتبط، انجام شود و در صورتی که به صورت فله در محل تحویل، عرضه می شوند اطلاعات مشابه باید به صورت نوشتاری در زمان تحویل ارائه شود. سیمان کلسیم آلومینات باید با اطلاعات زیر مشخص شوند:

۸-۲-۱ نام یا نشان تجاری تولیدکننده؛

۸-۲-۲ نوع؛

۸-۲-۳ معرفی، طبق بند ۸-۱؛

۸-۲-۴ درج نشان استاندارد و کد ده رقمی پروانه کاربرد علامت استاندارد، در صورت دارا بودن پروانه کاربرد علامت استاندارد ایران؛

۸-۲-۵ تاریخ تولید؛

۸-۲-۶ خلاصه ای از الزامات نگه داری، شامل تمامی الزامات ویژه مرتبط با عمر نگه داری که باید به طور واضح درج شود، برای مثال: این سیمان نباید بعد از «تاریخ مقرر» منطبق با استاندارد در نظر گرفته شود؛

۸-۲-۷ دستورالعمل هایی برای استفاده و هرگونه اقدام احتیاطی، ایمنی و ضروری.

۹ معیار انطباق

۹-۱ الزامات عمومی

انطباق سیمان کلسیم آلومینات با این استاندارد باید به طور مداوم بر اساس آزمون های انجام شده بر روی نمونه های موضعی ارزیابی شود. ویژگی ها، روش های آزمون و حداقل تواتر^۱ آزمون ها برای آزمون های خودکنترلی توسط تولیدکننده در جدول ۳ مشخص شده است. در مورد تواتر آزمون ها برای سیمان هایی که به طور پیوسته ارسال نمی شوند و سایر جزییات، استاندارد EN 197-2 را ببینید.

برای گواهی انطباق به وسیله نهاد گواهی دهنده، انطباق سیمان با این استاندارد، باید براساس استاندارد EN 197-2 ارزیابی شود.

یادآوری- این استاندارد ارتباطی با بازرسی پذیرش در هنگام تحویل ندارد.

۱- Testing frequencies

جدول ۳- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون و حداقل تواتر آزمون برای آزمون‌های خودکنترلی توسط تولیدکننده و روش ارزیابی آماری

روش ارزیابی آماری		حداقل تواتر آزمون		روش آزمون الف، ب	ویژگی
نسبی‌ها ^ت	متغیرها ^ت	دوره اول	شرایط متداول		
-	*	چهار بار در هفته	دو بار در هفته	ISIRI ۳۹۳	مقاومت
-	*	چهار بار در هفته	دو بار در هفته	EN 196-3	زمان گیرش اولیه
*	-	یک بار در هفته	دو بار در ماه	EN 196-2	مقدار آلومینا (به‌عنوان Al_2O_3)
*	-	یک بار در هفته	دو بار در ماه ^پ	EN 196-2	مقدار سولفید (به‌عنوان S^{-2})
*	-	یک بار در هفته	یک بار در ماه	EN 196-2	مقدار کلراید
*	-	یک بار در هفته	یک بار در ماه	EN 196-2	مقدار کل‌قلیایی ^پ
*	-	یک بار در هفته	یک بار در ماه	EN 196-2	مقدار سولفات (به‌عنوان SO_3)

الف- جایی که در قسمت مرتبط استاندارد EN 196 مجاز شده است، سایر روش‌ها به غیر از آن چه معرفی شده است نیز ممکن است به‌کار برده شود در صورتی که نتایج آن‌ها با نتایج به‌دست آمده از روش مرجع هم‌بسته و هم‌ارز باشد.
 ب- روش‌های نمونه‌برداری و آماده سازی نمونه‌ها باید بر طبق استاندارد EN 196-7 باشد.
 پ- وقتی که هیچ‌کدام از نتایج آزمون‌های انجام شده در مدت زمان ۱۲ ماه از ۵۰ درصد مقدار مشخصه بیش‌تر نباشد، تواتر آزمون‌ها می‌تواند به یک بار در ماه کاهش یابد.
 ت- اگر داده‌ها به طور نرمال توزیع نشده باشند، روش ارزیابی ممکن است بر مبنای حالت مورد به مورد تصمیم‌گیری شود.
 ث- اگر تعداد نمونه‌ها حداقل یک نمونه در هفته در حین دوره کنترل باشد، ارزیابی ممکن است به‌وسیله متغیرها انجام شود.

۲-۹ معیارهای انطباق و روش ارزیابی

۱-۲-۹ کلیات

اگر معیارهای انطباق مشخص شده در بندهای ۲-۲-۹ و ۳-۲-۹ برآورده شوند، فرض می‌شود که سیمان کلسیم آلومینات با این استاندارد انطباق دارد. ارزیابی انطباق باید بر مبنای نمونه‌برداری پیوسته با استفاده از نمونه‌های نقطه‌ای گرفته شده در زمان ترخیص و بر مبنای نتایج آزمون به‌دست آمده از تمامی نمونه‌های خودکنترلی برداشته شده در حین دوره کنترل انجام شود.

۲-۲-۹ معیارهای انطباق آماری

۱-۲-۲-۹ کلیات

انطباق باید بر حسب معیار آماری و بر پایه موارد زیر فرموله شود:

- مقادیر مشخصه‌های ویژه برای خواص مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی داده شده در بندهای ۱-۷، ۲-۷ و ۳-۷؛

- درصد P_K ، که مقدار مشخصه ویژه، بر پایه آن است، آنچنان که در جدول ۴ داده شده است؛

- احتمال مجاز پذیرش، CR، همان‌طور که در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴- مقادیر مورد نیاز برای P_K و CR

الزامات فیزیکی و شیمیایی	الزامات مکانیکی		
	مقاومت فشاری ۲۴ ساعته (حد پایین)	مقاومت فشاری ۶ ساعته (حد پایین)	
۱۰٪	۵٪	۱۰٪	درصد P_K ، که مقدار مشخصه ویژه بر پایه آن است
	۵٪		احتمال مجاز پذیرش، CR

انطباق با الزامات این استاندارد، باید به وسیله متغیرها یا نسبی‌ها آنچنان که در بندهای ۲-۲-۹ و ۲-۲-۹-۲ شرح داده شده اند و در جدول ۳ مشخص شده‌اند، بررسی شود. دوره کنترل باید ۱۲ ماه باشد.

یادآوری- ارزیابی انطباق به وسیله یک روش اجرایی که بر پایه تعداد محدودی از نتایج آزمون است، فقط می‌تواند یک مقدار تقریبی برای نسبتی از نتایج خارج از مقدار مشخصه ویژه در یک جامعه تولید کند. هر چقدر اندازه نمونه (تعداد نتایج آزمون) بزرگ‌تر باشد، تقریب بهتر خواهد بود. احتمال مجاز پذیرش CR درجه تخمین طرح نمونه‌برداری را کنترل می‌کند.

۲-۲-۲-۹ بازرسی براساس متغیرها

برای این نوع بازرسی، فرض می‌شود که نتایج آزمون توزیع نرمال داشته باشد. هنگامی که معادله‌های (۱) و (۲) مرتبط برقرار باشند، انطباق تصدیق می‌شود.

$$\bar{X} - K_A \times S \geq L \quad (1)$$

و

$$\bar{X} + K_A \times S \leq U \quad (2)$$

که در آن‌ها:

\bar{X} میانگین حسابی تمامی نتایج آزمون‌های خودکنترلی در دوره کنترل؛

S انحراف معیار تمامی نتایج آزمون‌های خودکنترلی در دوره کنترل؛

K_A ثابت قابلیت پذیرش؛

L حد پایین ویژه که در جداول ۱ و ۲ داده شده است و در بند ۷-۱ و ۷-۳ به آن اشاره شده است؛

U حد بالای ویژه که در جدول ۲ آورده شده و بند ۷-۳ به آن اشاره شده است.

ثابت پذیرش K_A ، به درصد P_K ، که مقدار مشخصه بر پایه آن است، احتمال مجاز پذیرش CR، و تعداد نتایج آزمون n ، وابسته است. مقادیر K_A در جدول ۵ فهرست شده است.

جدول ۵- ثابت قابلیت پذیرش، K_A

K_A الف		تعداد نتایج آزمون n
برای $P_k=10\%$ (سایر ویژگی‌ها)	برای $P_k=5\%$ (مقاومت ۲۴ ساعته، حد پایین)	
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

الف- مقادیری از K_A معتبر برای مقادیر میانی n نیز ممکن است، استفاده شوند.
یادآوری- ارقامی که در این جدول داده شده‌اند برای $CR=5\%$ معتبرند.

۳-۲-۲-۹ بازرسی براساس نسبی‌ها

تعداد نتایج آزمون خارج از مقدار مشخصه C_D ، باید محاسبه شود و با یک تعداد قابل پذیرش C_A ، که از تعداد نتیجه آزمون خودکنترلی، n ، و درصد P_K ارایه شده در جدول ۶ محاسبه شده است مقایسه شود. انطباق هنگامی که معادله ۳ برقرار باشد تصدیق می‌گردد.

$$C_D \leq C_A \quad (3)$$

مقدار C_A ، به درصد P_K (که مقدار مشخصه بر پایه آن است)، احتمال مجاز پذیرش CR ، و تعداد نتایج آزمون n ، بستگی دارد. مقادیر C_A در جدول ۶ فهرست شده است.

جدول ۶- مقادیر C_A

C_A برای $P_k=10\%$	تعداد نتایج آزمون الف، n
۰	۳۹ تا ۲۰
۱	۵۴ تا ۴۰
۲	۶۹ تا ۵۵
۳	۸۴ تا ۷۰
۴	۹۹ تا ۸۵
۵	۱۰۹ تا ۱۰۰
۶	۱۲۳ تا ۱۱۰
۷	۱۳۶ تا ۱۲۴

الف- اگر تعداد نتایج آزمون $n < 20$ (برای $P_k = 10\%$) یک مبنای آماری معیار انطباق امکان پذیر نمی باشد. در مواردی که $n < 20$ معیار $CA = 0$ باید استفاده شود.
 یادآوری- مقادیر داده شده در این جدول برای $CR = 5\%$ معتبر است.

۳-۲-۹ معیار انطباق نتیجه منفرد

علاوه بر معیار انطباق آماری، برای تصدیق انطباق نتایج آزمون با الزامات این استاندارد، نیاز است که هر نتیجه آزمون درون محدوده مقادیر مشخص شده در جدول ۷ باشد.

جدول ۷- مقادیر حدی برای نتیجه منفرد

مقادیر حدی برای نتیجه منفرد	ویژگی	
۱۵۱۰	۶ ساعته	مقاومت (MPa) - مقدار حدی پایینی
۳۸۱۰	۲۴ ساعته	
۷۵	زمان گیرش اولیه (min) - مقدار حدی پایینی	
۳۳	مقدار حدی پایینی	مقدار آلومینا (% الف)
۶۰	مقدار حدی بالایی	
۰٫۱۵	مقدار سولفید (% الف) - مقدار حدی بالایی	
۰٫۱۰	مقدار کلراید (% الف) - مقدار حدی بالایی	
۰٫۵	مقدار قلیایی (% الف، ب) - مقدار حدی بالایی	
۰٫۶	مقدار سولفات (% الف) - مقدار حدی بالایی	
الف- بر حسب درصد جرمی سیمان نهایی. ب- بیان شده بر حسب Na_2O هم‌ارز ($Na_2O+0.658K_2O$).		

پیوست الف (اطلاعاتی)

راهنمای استفاده از سیمان کلسیم آلومینات در بتن و ملات

الف-۱ مقدمه

سیمان کلسیم آلومیناتی که مطابق با این استاندارد ملی تولید می‌شود را می‌توان استفاده کرد، مشروط بر این‌که در مقررات ملی مرتبط با کاربردهای ساختمانی که نیازمند خصوصیات ویژه بتن و ملات است استفاده از این نوع سیمان مجاز شده باشد. هدف از این پیوست فراهم کردن یک راهنما برای استفاده از سیمان کلسیم آلومینات در بتن و ملات است.

یادآوری- استفاده از این پیوست حاکی از انطباق با مقررات معتبر در مکان استفاده از بتن CAC نیست. برای اطمینان از این‌که الزامات پایداری و دوام برآورده شده‌اند، ضروری است که پدیده تبدیل در نظر گرفته شود. برای مقاصد طراحی تنها مقاومت پس از تبدیل باید لحاظ گردد. برای بتن‌های متعارف، عملکرد نهایی به نسبت آب به سیمان، نوع و دانه‌بندی سنگدانه، نسبت‌های اختلاط، تولید و جای‌دهی بستگی دارد. به تأثیر نسبت آب به سیمان بر سطح مقاومت پس از تبدیل باید توجه ویژه‌ای داشت. به دلایل تاریخی، برای استفاده‌ی سازه‌ای از بتن‌های بر پایه سیمان کلسیم آلومینات، توصیه می‌شود به منظور دستیابی به مقاومت رضایت‌بخش، مجموع نسبت آب سیمان بیش‌تر از ۰٫۴ (متناظر با یک نسبت مؤثر آب به سیمان حدود ۰٫۳۳ تا ۰٫۳۶) نباشد. در این سطح از نسبت آب به سیمان، وقتی که افزودنی استفاده نمی‌شود، حداقل مقدار سیمان برای اطمینان از دستیابی به یک حجم سازگار خمیر با کارایی خوب 400 kg/m^3 است.

بهبتر است طرح اختلاط به‌گونه‌ای انتخاب شود که الزامات مقاومت و دوام برای کاربرد انتخابی را برآورده کند، برای کاربردهای غیرسازه‌ای این امکان وجود دارد که مقاومت تبدیلی و دوام مطلوب را با نسبت آب به سیمان بیشتر از ۰٫۴ نیز به‌دست آورد.

برای استفاده از بتن بر پایه سیمان کلسیم آلومینات مقاومت تبدیلی باید همیشه با روش مناسبی تخمین زده شود تا از انطباق مشخصات طراحی اطمینان حاصل شود (بند الف-۷ را ببینید). توجه ویژه یا مناسبی نیز به دوام معطوف گردد.

سیمان کلسیم آلومینات نباید به عنوان یک جایگزین عمومی برای سیمان‌های متداول (منطبق با استاندارد EN 197-1) انتخاب شود. استفاده از آن در حوزه‌های مشخصی که از خصوصیات ویژه آن منشعب شده است خواهد بود:

- زمان گیرش معمولی اما سخت شدن سریع؛
- مقاومت در برابر دما، سایش و حمله شیمیایی؛
- سرعت سخت‌شوندگی معمولی در هوای سرد (بند الف-۶-۱ را ببینید).

اگر بتن مطابق با اصول داده شده در این پیوست ساخته شود، به معنی مطابقت با مقررات و آیین‌نامه‌های ملی و یا بین‌المللی طراحی نیست.

الف-۲ مشخصه‌های ویژه سیمان کلسیم آلومینات

الف-۲-۱ هیدراتاسیون سیمان کلسیم آلومینات

از آن‌جاکه ترکیب اصلی سیمان کلسیم آلومینات، مونو کلسیم آلومینات است، هیدراتاسیون آن هیدرات کلسیم آلومینات و تری‌هیدرات آلومینای نامحلول تولید می‌کند بدون این‌که کلسیم هیدروکسید آزاد شود (شبه پرتلند). این بدان معناست که بتن CAC مقاومت خوبی در برابر بیش‌تر عوامل مهاجم خارجی دارد (بندهای الف-۳-۵ و الف-۶-۳ را ببینید).

الف-۲-۲ ماهیت هیدرات‌ها و مراحل تبدیل

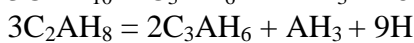
به‌طور معمول از اختصارات زیر استفاده می‌شود:

$$A=AL_2O_3$$

$$C=CaO$$

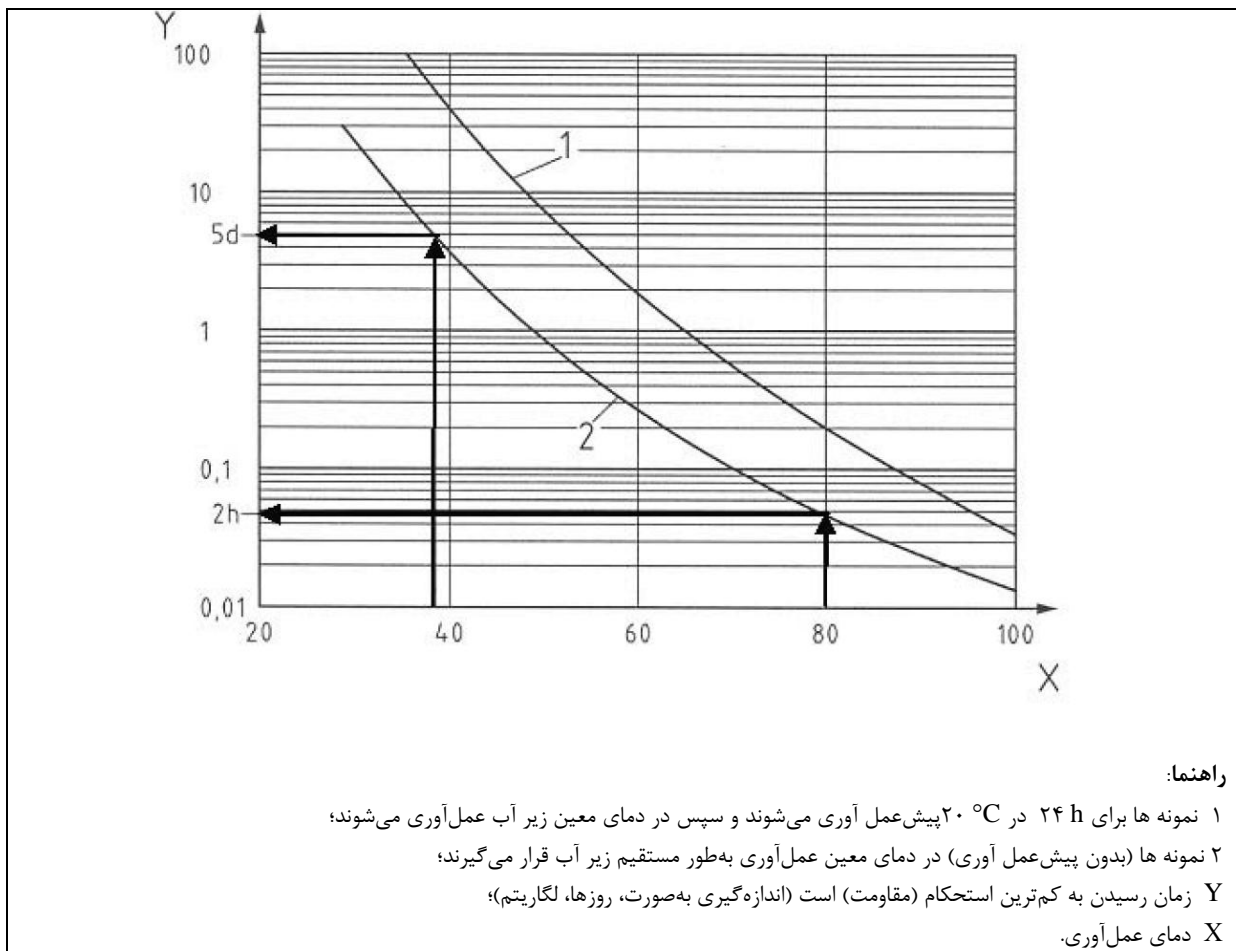
$$H=H_2O$$

همیشه هیدراتاسیون CAC با آرایش نیمه پایدار هیدرات‌های هگزاگونال CAH_{10} و C_2AH_8 شروع می‌شود. CAH_{10} و C_2AH_8 به مرور زمان تغییر می‌کنند تا به شکل هیدرات مکعب پایدار درآیند. AH_3 و C_3AH_6 و گیسیت فعل و انفعالاتی به صورت زیر انجام می‌دهند.



این تغییر اجتناب‌ناپذیر و برگشت‌ناپذیر (یک‌طرفه) بوده و تبدیل نامیده می‌شود، اما پایین‌ترین سطح مقاومت بعد از تبدیل قابل تخمین خواهد بود. تبدیل کامل در $20^\circ C$ ممکن است، چندین سال به طول بیانجامد، اما با افزایش دما به سرعت تسریع می‌شود، در شکل الف ۱ دو نمونه از تأثیر دما بر زمانی که برای رسیدن به کم‌ترین مقاومت بعد از تبدیل طول می‌کشد نشان داده می‌شود. برای مثال وقتی دمای بتن بالای $80^\circ C$ نگه‌داشته می‌شود هیدرات پایدار می‌تواند در عرض تنها چند ساعت تشکیل شود.

به خاطر تفاوت در چگالی‌های هیدرات، عمل تبدیل به همراه زیاد شدن تخلخل خواهد بود. بنابراین به‌طور کلی مقاومت بعد از تبدیل پایین‌تر از مقاومت قبل از تبدیل است. این شرحی است که چرا مقاومت ناپایدار اولیه بتن CAC ممکن است بیش‌تر از مقاومت پایدار طولانی مدت خودش شود. بنابراین پیشنهاد می‌شود برای نگه‌داشتن نسبت کل آب به سیمان، این مقدار بیش‌تر از 0.4 برای استفاده از CAC نشود. هرچند برآورده کردن این ویژگی مانع تایید هرگونه الزام عملکردی طرح‌های اختلاطی دیگر نمی‌شود. شکل الف ۱ دو مثال از تأثیر دما بر تبدیل را نشان می‌دهد. در این شکل، زمان دستیابی به تبدیل برحسب زمان رسیدن به کم‌ترین مقاومت تعریف می‌شود.



راهنما:

۱ نمونه ها برای ۲۴ h در 20°C پیش عمل آوری می شوند و سپس در دمای معین زیر آب عمل آوری می شوند؛
 ۲ نمونه ها (بدون پیش عمل آوری) در دمای معین عمل آوری به طور مستقیم زیر آب قرار می گیرند؛
 Y زمان رسیدن به کمترین استحکام (مقاومت) است (اندازه گیری به صورت، روزها، لگاریتم)؛
 X دمای عمل آوری.

شکل الف ۱- زمان برای رسیدن به کمترین مقاومت (استحکام) بعد از تبدیل در دماهای مختلف (عمل آوری)

الف-۲-۳ هیدراسیون در حضور آهک

در حضور کلسیم هیدروکسید، سرعت گیرش افزایش، سفت شدن کند و مقاومت نهایی کاهش می آید. بخاطر این حساسیت، باید احتیاط کرد که آهک یا سیمان پرتلند، به صورت تصادفی هنگام ساخت بتن مخلوط نشود.

مخلوطی از سیمان کلسیم آلومینات و سیمان پرتلند باعث می شود سیمان و یا آهک بتوانند برای تولید اختلاط های سریع گیرش استفاده شوند [۳] را ببینید). این اختلاط ها در این پیوست لحاظ نمی گردد و باید مخصوصاً و به صورت موردی بررسی شوند.

الف-۳-۳ خواص هیدرولیک

الف-۳-۱ زمان گیرش

در گستره دمایی حدود 28°C ممکن است افزایش زمان گیرش اتفاق بیفتد [۳] و [۴] را ببینید). عموماً این زمان گیرش نامتعارف در شرایط کارگاهی نسبت به شرایط آزمایشگاهی جایی که تمامی مواد در دمای معینی نگهداری می شوند از اهمیت بسیار پایین تری برخوردار است.

الف-۳-۲ خواص ویژه خمیرها، ملات ها و بتن های سیمان کلسیم آلومینات

سلامت اندازه گیری شده براساس استاندارد EN 196-3 از حداقل حساسیت وسایل اندازه گیری کم تر است و به همین دلیل مشخصاتی برای صحت در این استاندارد وجود ندارد. به علاوه، نبود کمیت قابل توجهی از

آهک سوخته مرده منیزیم، یا سولفات به این معنی است که انبساط زیادی در سیمان کلسیم آلومینات مورد انتظار نخواهد بود.

گرمای کلی هیدراسیون سیمان کلسیم آلومینات در محدوده 400 J/g تا 500 J/g می‌باشد. این گرما نسبت به سیمان پرتلند خیلی سریع‌تر آزاد می‌شود. بیش‌ترین دما از 70°C تا 80°C در مدت ۶ h در توده بتن می‌تواند به دست آید.

تغییرات حجم مطلق خمیر بر اثر تشکیل هیدرات از سیمان‌های پرتلند بیشتر است (این عمل به انقباض لوشاتلیه^۱ معروف است).

معمولاً انقباض در هوا، بعد از گیرش، زودتر از ملات‌ها و بتن‌های سیمان پرتلند گسترش می‌یابند، اما به دست آوردن آن بسیار شبیه به مقادیر ۲۸ روزه است.

به دلایل گفته شده، توصیه می‌شود معیارهای عمل‌آوری مناسب به منظور جلوگیری از ترک خوردگی اولیه اعمال شود (بند الف-۳-۴ را ببینید).

الف-۳-۳ محافظت از آرماتور

pH یک محلول خالص، در حدود ۱۲، همراه با $\text{Al}(\text{OH})_3$ با قابلیت انحلال بسیار پایین با pH با گستره بین ۴ تا ۱۱، به حفاظت رضایت‌بخش آرماتورها منتهی می‌شود چون یک ساختار متراکم از خمیر سخت شده به دست آمده و بعد از تبدیل، باقی می‌ماند. به این دلیل، توصیه می‌شود برای کاربردهای سازه‌ای، نسبت کلی آب به سیمان بیش‌تر از $0/4$ نباشد (بند الف-۲-۲ را ببینید).

در یک محیط خورنده (شامل کلراید، سولفید و دی اکسید کربن) فشردگی و ضخامت پوشش بتنی باید به مقدار کافی باشد، تا از افت pH نزدیک به آرماتور جلوگیری شود که این می‌تواند به سمت از دست دادن محافظت سوق داده شود. [۵] را ببینید.

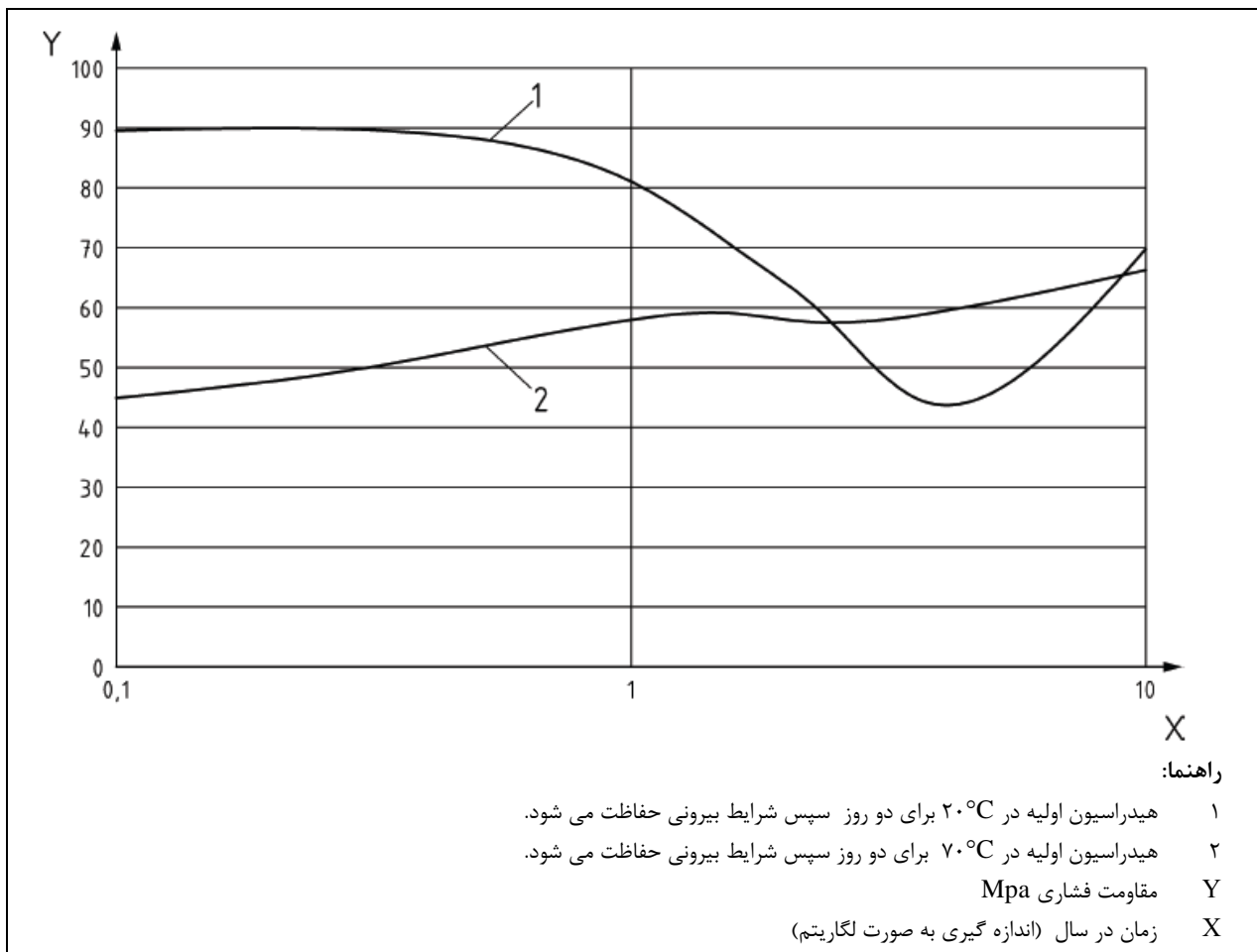
الف-۳-۴ رشد مقاومت

همان‌طور که در بند الف-۲-۲ روند تبدیل توصیف شد وقتی که هیدراسیون اتفاق می‌افتد در دمای پایین یا بالا مقاومت به صورت‌های مختلفی گسترش می‌یابد. این اختلاف‌ها در گسترش مقاومت در بیش‌تر از یک دوره ۱۰ ساله در شکل الف-۲ نشان داده شده است.

اگر بتن‌هایی با مقاطع عرضی کوچک که در دمای حدوداً 20°C نگهداری شوند در حالت نیمه پایدار خودشان برای چندین سال باقی بمانند، و مقاومت بسیار بالایی را نشان خواهند داد. با گذشت زمان و پیشرفت جریان تبدیل، مقاومت کاهش پیدا خواهد کرد تا به حداقل سطح پایداری و مشخصات طرح اختلاط برسد. اگر تبدیل یک بار کامل شده باشد، مقاومت پایدار باقی خواهد ماند یا در صورت ادامه هیدراسیون، حتی مقاومت کمی افزایش می‌یابد.

در سازه‌های بتنی با مقطع عرضی بزرگ، که به دمای 75°C به راحتی می‌توان رسید، تبدیل به سرعت صورت می‌گیرد و مقاومت برای مدت‌ها پایدار باقی خواهد ماند.

1 - Le Chatelier contraction

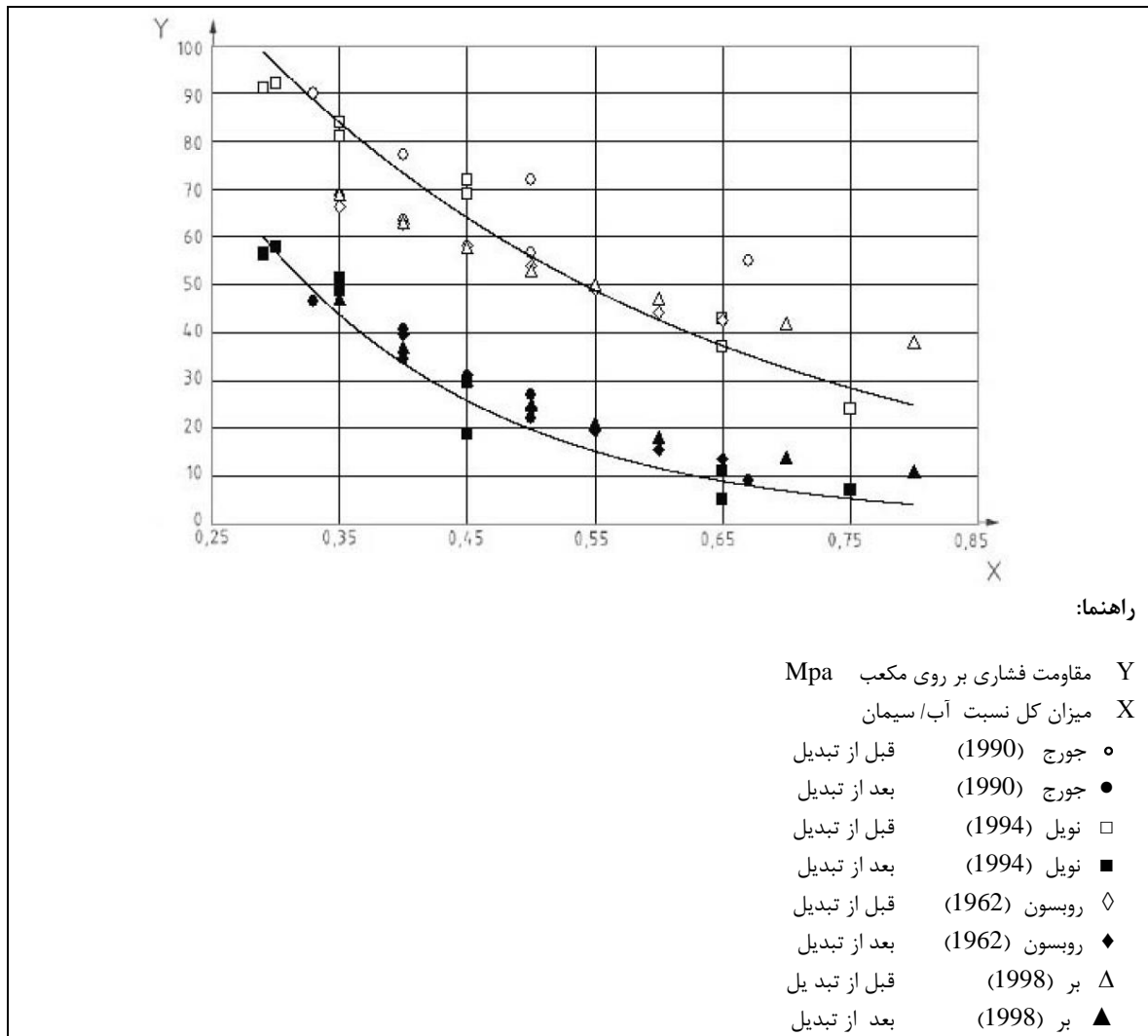


شکل الف ۲- نمونه‌ای از رشد مقاومت بلند مدت
 (کل نسبت آب به سیمان ۰/۴۰ و مقدار سیمان 400 kg/m^3 است)

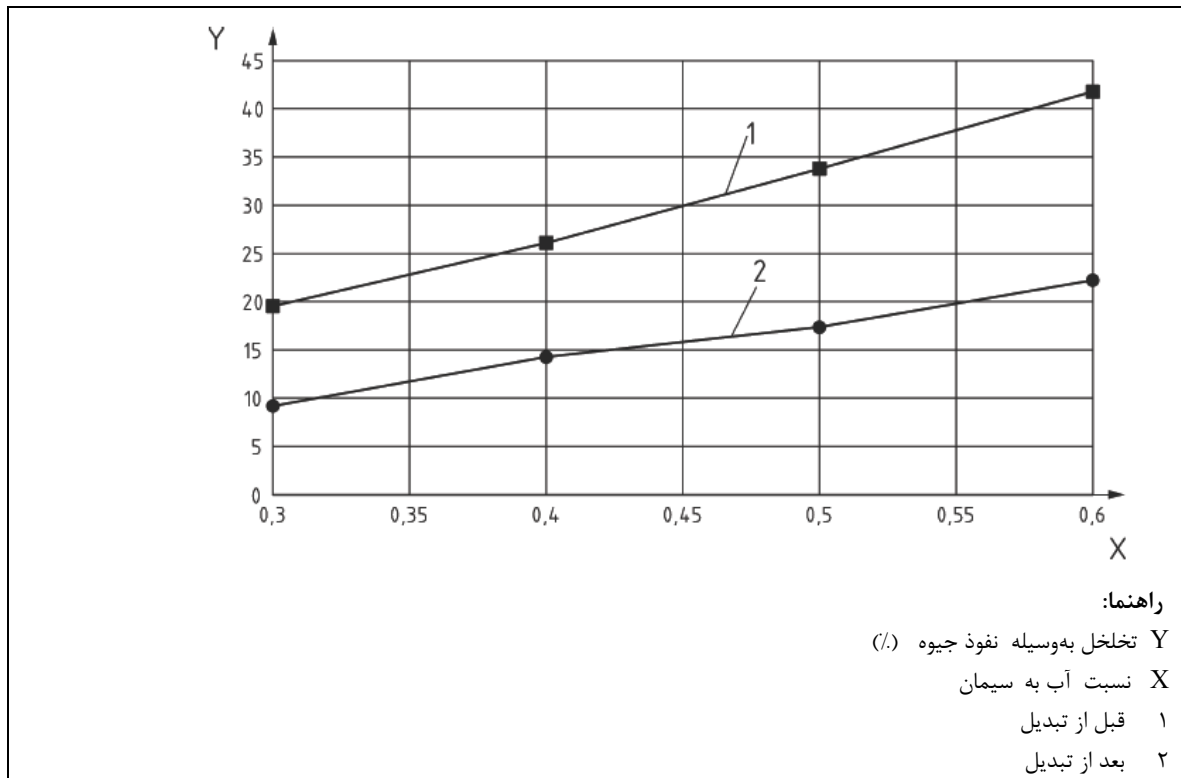
برای مقاصد طراحی فقط باید کم‌ترین مقاومت بعد از تبدیل در نظر گرفته شود و روشی برای تخمین این حداقل مقاومت در بند الف-۷ داده شده است.

شکل الف-۳ تأثیر بحرانی نسبت آب به سیمان بر سطح مقاومت فشاری قبل و بعد از تبدیل نشان را می‌دهد ([۳]، [۴]، [۶]، [۷]، [۱۲] و [۱۳]). در این جا مشاهده می‌شود که مقاومت تبدیل شده را نمی‌توان از مقاومت تبدیل نشده برآورد کرد، زیرا نسبت بین این دو ثابت نمی‌باشد در این صورت مقاومت تبدیل یافته تنها مقدار مقاومت مناسب برای مقاصد طراحی می‌باشد. برای هر نوع بتن، برای دستیابی به مشخصات مطلوب توصیه می‌شود نسبت آب به سیمان خاصی در طی تولید بتن اختصاص داده شود. شکل الف-۳ تأثیر انحراف از نسبت آب به سیمان مشخص شده را نشان می‌دهد.

شکل الف-۴ تأثیر نسبت آب به سیمان را بر تخلخل دوغاب خمیر سیمان در قبل و بعد از تبدیل نشان می‌دهد [۱۴]. به دلیل این که تخلخل نقش مهمی در دوام بتن ایفا می‌کند و با نسبت آب به سیمان افزایش می‌یابد، اختصاص دادن نسبت آب به سیمان مشخص شده برای دستیابی به مقاومت طراحی و همچنین دوام، اهمیت دارد.



شکل الف ۳- رابطه بین نسبت میزان آب/سیمان و مقاومت فشاری بتن CAC قبل و بعد از تبدیل



شکل الف ۴- رابطه بین نسبت آب به سیمان و تخلخل خمیر CAC

الف-۳-۵ مقاومت در برابر حمله شیمیایی

ترکیب ویژه شیمیایی سیمان کلسیم آلومینات و این حقیقت که کلسیم هیدرواکسید در طی هیدراسیون آزاد نمی‌شود باعث می‌شود که بتن‌های متراکم ساخته شده با این سیمان در برابر عوامل مهاجم، مقاومت کند (الف-۶-۳ را ببینید). هرچند تخلخل یا تراوایی بالا باشد، به‌عنوان نتیجه‌ای از تبدیل در بتن‌هایی که با نسبت‌های آب به سیمان نامطلوب بالا ساخته می‌شوند و یا در حین جای‌دهی^۱، کارپذیری ضعیفی دارند، ممکن است در مقابل حمله قلیایی‌ها و یا سولفات‌ها، آسیب‌پذیر باشند. در چنین حالت‌هایی قلیایی‌های رها شده (Na و K) که از سنگدانه‌ها، آب اختلاط یا محیط (برای مثال بتن متخلخل سیمان پرتلند) تشکیل شده اند، می‌توانند به بتن CAC مهاجرت کنند. در حضور دی‌اکسید کربن ممکن است کربنات‌های قلیایی تشکیل شوند، که ممکن است واکنشی شروع شود که هیدرولیز آلکالین به همراه کربونات‌ها نامیده می‌شود و باعث از دست دادن یک‌پارچگی زمینه سیمان می‌شود.

به‌طور مشابه، سولفات‌های موجود در محیط، برای مثال آب‌های سولفات‌دار سطح زمین یا اندودهای گچی، ممکن است وارد چنین بتن‌ها و ملات‌هایی شوند و این کار امکان دارد به حمله سولفات‌ها منجر شود.

الف-۴ تولید بتن سیمان کلسیم آلومینات

الف-۴-۱ انتخاب سنگدانه‌ها

تنها از سنگدانه‌های مطابق با استاندارد ملی ۳۰۲ (برای بتن) یا استاندارد EN 13139 (برای ملات) استفاده کنید. از سنگدانه‌هایی که شامل ماسه با قابلیت آزادسازی قلیا هستند به‌ویژه از سنگ‌ها و شیبست‌های شامل

^۱-Placing

میکا و فلدسپار اجتناب کنید. برای این که به نسبت آب به سیمان رسید، مهم است که دقت کافی در مورد جذب آب سنگدانه‌ها و میزان رطوبت واقعی وجود داشته باشد.

الف-۴-۲ اختلاط بتن

الف-۴-۲-۱ کلیات

روش‌های معمولی ساخت بتن که برای بتن سیمان معمولی مورد استفاده قرار می‌گیرد، برای بتن CAC نیز کاربرد دارد. توصیه‌های ویژه‌ای که در زیر می‌آید اهمیت ویژه‌ای دارد.

الف-۴-۲-۲ تمیزبودن وسایل

از تماس با باقی‌مانده‌های انواع دیگر سیمان و یا بتن و یا تماس با آهک جلوگیری کنید، بدین دلیل که از گیرش سریع جلوگیری شود. وسایل باید تمیز و عاری از هر نوع بتن سخت شده باشند. سیلوی مورد نظر برای انباشت سیمان باید پیش از ورود کلسیم آلومینات کاملاً تخلیه و تمیز شود.

الف-۴-۲-۳ مقدار سیمان

مقدار بهینه سیمان، بستگی به نوع سنگدانه‌های آن دارد، بزرگ‌ترین اندازه آن، نسبت آب به سیمان، کارایی مورد نظر و مقاومت ویژه و مشخص دارد. برای این که به کارایی رضایت بخش و مطلوب نسبت آب به سیمان $0.40 \leq$ بدون افزودنی برسیم سیمان به میزان حداقل 400 kg/m^3 پیشنهاد می‌شود.

الف-۴-۲-۴ آب اختلاط

ضروری است که آب اختلاط تمیز و مطابق با استاندارد EN 1008 (۱۰) را ببینید) باشد به‌علاوه این که استفاده از آب بازیافت مجاز نمی‌باشد. آب دریا در زمان گیرش تأخیر ایجاد می‌کند و نباید در بتن CAC مورد استفاده قرار گیرد.

الف-۴-۲-۵ نسبت آب به سیمان

همان‌طور که در شکل‌های الف ۳ و الف ۴ نشان داده شده، بعد از تبدیل، مقاومت و دوام بالقوه به‌طور آشکار با افزایش آب به سیمان کاهش می‌یابد. این واقعیت بهتر است وقتی که طرح CAC ریخته می‌شود به‌نحو مطلوبی مورد نظر قرار گیرد. برای کاربردهای سازه‌ای، نسبت کل آب به سیمان، کم‌تر از 0.40 پیشنهاد می‌شود. برای کاربردهای غیرسازه‌ای استحکام تبدیلی مطلوب و دوام با نسبت کل آب به سیمان بیش از 0.40 ممکن است به‌دست آید.

الف-۴-۳ جای‌دهی و عمل‌آوری

شبهه هر نوع بتن دیگر، این نکته خیلی اهمیت دارد که از تراکم مناسب و خوب بتن ساخته شده از سیمان کلسیم آلومینات اطمینان حاصل کرد. روش‌های مناسب متراکم کردن باید مورد استفاده قرار گیرد (نظیر لرزاننده میله‌ای).

مهم است که قالب تمیز باشد. مواظب باشید که از خروج شیره بتن جلوگیری شود.

ضروری است که از خشک شدن سطح بتن با استفاده از روش‌های مناسب عمل‌آوری جلوگیری شود. از آن-جاکه سیمان کلسیم آلومینات زودتر از سیمان پرتلند هیدراته می‌شود، درجه حرارت بتن در موقع سخت شدن اغلب بیشتر است. لذا توجه لازم به امکان ایجاد ترک گرمایی و توجه بیش‌تری برای دستیابی به

عمل‌آوری مناسب ضروری است. با توجه به نوع سازه، روش‌های عمل‌آوری مناسب باید براساس قوانین مرتبط با محل استفاده اعمال شود.

الف-۵ افزودنی‌ها

بتن ساخته شده از سیمان کلسیم آلومینات در کارهای ساختمانی، بدون هیچ افزودنی ریخته می‌شود. کارایی مناسب با استفاده از مقدار بالای سیمان و تراکم با استفاده از مقدار بالای سیمان و نسبت کلی آب به سیمان پایین به دست می‌آید.

این امکان وجود دارد که در بتن CAC به منظور بهبود خصوصیات بتن تازه و یا سخت شده از افزودنی‌هایی استفاده کرد. هر چند مهم است بدانیم که افزودنی‌های مطابق با استاندارد ملی ۲۹۳۰ اثرات متفاوتی با سیمان کلسیم آلومینات دارند. آزمون‌های اولیه به منظور نشان دادن این که نتایج مورد انتظار با افزودنی خاصی حاصل می‌شود ضروری است.

الف-۶ استفاده از سیمان کلسیم آلومینات در شرایط خاص

الف-۶-۱ ساخت بتن در هوای سرد

گرم‌زایی سریع و اولیه سیمان کلسیم آلومینات، این اجازه را می‌دهد که ساخت بتن در هوای سرد انجام پذیرد.

بتن‌ریزی ممکن است در درجه حرارت پایین نظیر 10°C - نیز انجام گیرد به شرطی که موارد زیر لحاظ شود.

- از سنگدانه‌های یخ زده استفاده نشود؛

- از آب گرم برای اختلاط استفاده شود؛

- تا زمانی که شروع به سخت شدن می‌کند و درجه حرارت افزایش می‌یابد یعنی تقریباً ۴ h تا ۵ h پس از بتن‌ریزی از یخ زدگی بتن جلوگیری شود؛ این حالت ممکن است با عایق‌کاری توسط گونی ضخیم، عایق‌های پتویی یا ورقه‌ای حاصل شود.

الف-۶-۲ ساخت بتن در هوای گرم

ساخت بتن در هوای گرم می‌تواند انجام پذیرد، در صورتی که پیش شرط‌های زیر رعایت شوند:

- اجزای بتن در معرض نورخورشید قرار نگیرد؛

- از آب سرد برای اختلاط استفاده شود؛

- بتن با دقت و سریعاً با روش مناسب عمل‌آوری شود تا از خشک شدن سطح آن تحت تأثیر درجه حرارت بالا و گرمای آزاد شده در هنگام هیدراسیون جلوگیری شود (الف-۴-۳).

برای حفظ کارایی مناسب همراه با زمان، وقتی که بتن در درجه حرارت بالا ساخته می‌شود، استفاده از یک افزودنی که اثر کندگیرکنندگی دارد، ممکن است مورد نیاز باشد. توصیه می‌شود انتخاب افزودنی و میزان مصرف آن با آزمون‌های مقدماتی تعیین شود.

در موارد بسیار ویژه، هنگامی که تمامی مواد باید در درجه حرارت یکسان در محدوده 28°C تا 30°C باشند، ممکن است تأخیری در سخت شدن در نتیجه انحراف در منحنی زمان گیرش دما رخ دهد.

الف-۶-۳ استفاده در محیط‌های شیمیایی مهاجم

بتن‌های CAC، ساخته شده مطابق با راهنمای داده شده در این پیوست، ممکن است که مقاومت بهتری را نسبت به بتن‌های سیمان پرتلند در برابر مواد مهاجم نشان دهند. این‌ها شامل مواد آب‌های خالص، آب و خاک محتوی سولفات، آب دریا، اسیدهای رقیق آلی یا معدنی، به‌علاوه محلول‌هایی از مواد آلی (شکر، روغن، نفت و هیدروکربن‌ها) با pH در محدوده ۴ تا ۱۱ می‌باشند (همچنین الف-۳-۵ را ببینید). سنگدانه همچنین باید براساس مقاومت سنگدانه در برابر محیط خورنده انتخاب شود.

الف-۶-۴ تعمیر و نگهداری سازه

ملات‌ها و بتن‌های CAC ممکن است برای تعمیر و نگهداری سازه‌های ساخته شده با بتن‌های سیمانی متداول استفاده شوند.

در حالت‌هایی که قلیایی‌های قابل حل و کربن دی‌اکسید می‌تواند از بتن سیمانی معمولی که مرطوب و متخلخل است به سمت ملات یا بتن CAC مهاجرت کند، پیوند دو ماده می‌تواند به‌دست آید (بند الف-۶-۳ را ببینید)، چسب‌های اپوکسی توصیه می‌شود.

الف-۶-۵ استفاده از بتن با خصوصیات ویژه

بتن‌های CAC مطابق با این پیوست مقاومت خوبی در برابر درجه حرارت بالا، شوک‌های حرارتی و سایش دارند، مشروط بر این‌که سنگدانه‌ها به‌طور مناسب انتخاب شده باشند.

الف-۷ آزمون‌های سریع برای تخمین مقاومت کمینه دراز مدت در بتن‌های سیمانی کلسیم آلومینات

الف-۷-۱ کلیات

تبدیل در درجه حرارت‌های محیطی بالا تشدید می‌شود، در نتیجه زمان لازم جهت رسیدن به مقاومت کمینه، کاهش می‌یابد. در 38°C این بازه زمانی ۵ روزه است و مطالعات نشان داده است که مقاومت کمینه در دراز مدت پایین‌تر از این مقدار نخواهد شد (۷) را ببینید).

نتایج این آزمون‌های سریع ممکن است در تخمین مقاومت‌های طراحی بیشینه دراز مدت در بتن‌های CAC استفاده شود.

یادآوری- مدت زمان ۵ روز با مطالعات متعدد هنگامی که بتن بلافاصله پس از ریختن در دمای 38°C غوطه‌ور می‌شود، اثبات گردیده است. هر چند اگر عمل‌آوری در 38°C به تأخیر افتد، مقاومت کمینه در سن بیش‌تری به‌وقوع می‌پیوندد. برای مثال، اگر عمل‌آوری برای ۲۴ h به تأخیر افتد پس از اینکه قالب‌گیری انجام شد، مقاومت کمینه در ۳ ماه به‌وقوع می‌پیوندد. (۶) و شکل الف ۱ را ببینید). علاوه بر آن، نشان داده شده است که برخی از سنگدانه‌ها و پرکننده‌ها، به‌ویژه آن‌هایی که حاوی کربنات‌ها هستند (به‌طور مثال سنگ آهک) ممکن است تبدیل را به تأخیر انداخته و مقاومت کمینه در سن بیش‌تری واقع شود. برای تثبیت مقاومت کمینه، آزمون‌های بیش‌تری در سنین بالاتر ممکن است نیاز باشد.

الف-۷-۲ وسایل

الف-۷-۲-۱ مخلوط‌کن آزمایشگاهی یا کارگاهی استاندارد

الف-۷-۲-۲ قالب‌های با اشکال و ابعاد مناسب، ترجیحاً فلزی (عدم استفاده از مواد عایق حرارتی)

الف-۷-۲-۳ وسایل جای‌دهی و تراکم بتن

الف-۷-۲-۴ حوضچه آب عمل‌آوری کنترل شده دماپای، با ابعاد مناسب با قابلیت کنترل دمای آب در $(38 \pm 1)^{\circ}\text{C}$

الف-۷-۲-۵ دستگاه آزمون مقاومت فشاری

الف-۷-۳ روش انجام آزمون

بلافاصله پس از اختلاط بتن، آزمون‌ها را در قالب‌های مورد نیاز بریزید، از تراکم آن‌ها اطمینان یابید. قالب‌های پر شده را با ورق شیشه‌ای یا فلزی طوری که به سطح بتن و لبه‌های بالایی قالب فشار اعمال نکند، بپوشانید.

قالب پر شده و پوشیده شده را در حوضچه آب (الف-۷-۲-۴) قرار دهید و اطمینان حاصل کنید که قالب به‌طور کامل غوطه‌ور شده است.

پس از $h(1 \pm 24)$ قالب را از مخزن خارج کرده و نمونه بتن را از قالب درآورید. بلافاصله نمونه بتن را در حوضچه قرار داده تا از سرد شدن بتن جلوگیری شود. پس از ۴ روز دیگر (۵ روز پس از قالب‌گیری) آزمون را از حوضچه خارج کرده و مقاومت فشاری را مطابق با استاندارد مناسب اندازه‌گیری کنید.

یادآوری- اگر لازم باشد ممکن است آزمون‌ها به حوضچه آب دومی با دمای 20°C برای نگهداری پیش از انجام آزمون، انتقال یابد، اما این زمان نباید بیش از ۱ h باشد.

آزمون‌ها را به‌صورت دوتایی یا سه‌تایی هم‌زمان انجام داده و میانگین مقاومت را محاسبه کنید.

پیوست ب
(اطلاعاتی)
کتابنامه

[۱] استاندارد ملی ایران شماره ۳۹۲: سیمان – تعیین زمان گیرش سیمان هیدرولیکی با سوزن ویکات-
روش آزمون

[۲] استاندارد ملی ایران شماره ۳۰۲۰: ماسه مرجع مورد مصرف در تعیین مقاومت خمشی و فشاری سیمان
– ویژگی‌ها و روش‌های آزمون

[3] Robson T.D., High alumina cements and concretes, Contractors Records Ltd., London, 1962, fig. 23, p. 127.

[4] George C.M., Industrial aluminous cements, Structure and performance of cements, P.Barnes Ed., London, Applied Science publishers, 1983, fig. 3, p. 423.

[5] EN 1992-1-1, Eurocode 2: Design of concrete structures — Part 1: General rules and rules for buildings

[6] Collins R.J., Gutt W., Research on long-term properties of high alumina cement concrete, Magazine of concrete research, Vol. 40, N° 145, December 1988, 195-208.

[7] Teychenné D.C., Long term research into the characteristics of high alumina cement concrete, Magazine of concrete research, Vol. 27, N 91, June 1975, 78-102.

[8] EN 12620, Aggregates for concrete

[9] EN 13139, Aggregates for mortar

[10] EN 1008, Mixing water for concrete — Specifications for sampling, testing and assessing the suitability of water, including wash water from recycling installations in the concrete industry, as mixing water for concrete

[11] George C.M., Manufacture and performance of aluminous cement: a new perspective, Calcium aluminate cements, R.J. Mangabhai Ed., E.&F.N. Spon, London (1990), 181-207.

[12] Neville A.M., Properties of concrete, 4th and Final edition, Longman, 1995, p. 99.

[13] Cottin B., Reif P., Paramètres physiques régissant les propriétés mécaniques des pâtes pures de liants alumineux, Revue des matériaux de construction, N° 661, octobre 1970, 293-306.

[14] EN 934-2, Admixtures for concrete, mortar and grout – Part 2: Concrete admixtures – Definitions, requirements, conformity, marking and labelling