



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران
۱۵۴۲۸
چاپ اول
۱۳۹۶

INSO
15428
1st.Edition
2018

بتن سخت شده-هدایت الکتریکی حجمی -
روش آزمون

**Hardened concrete-
Bulk electrical conductivity of hardened
Concrete- Test method**

ICS: 91.100.30

استاندارد ملی ایران شماره ۱۵۴۲۸ (چاپ اول): سال ۱۳۹۶

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website: <http://www.isiri.gov.ir>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد 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.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود 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، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود 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 می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سامانه‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، 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 for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«هدایت الکتریکی بتن سخت شده - روش آزمون»

رئیس:

تدین، محسن
(دکتری مهندسی عمران)

سمت و/یا محل اشتغال:

انجمن بتن ایران

دبیر:

رحمتی، علیرضا
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

مجتمع تولیدی، تحقیقاتی و
آزمایشگاهی پاکدشت بتن

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

احمدی، مهراب
(کارشناس شیمی)

شرکت سیمان لامرد

پیرهادی ده علیخانی، بهمن
(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)

مجتمع تولیدی، تحقیقاتی و
آزمایشگاهی پاکدشت بتن

سالمی، پریناز
(کارشناسی ارشد شیمی معدنی)

شرکت سیمان سپاهان

سلامی، الهام
(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)

مجتمع تولیدی، تحقیقاتی و
آزمایشگاهی پاکدشت بتن

عباسی رزگله، محمدحسن
(کارشناسی مهندسی مواد-سرامیک)

سازمان ملی استاندارد ایران

مجتبوی، علیرضا
(کارشناسی مهندسی مواد-سرامیک)

سازمان ملی استاندارد ایران

ملکشاهی، ایمان
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

مجتمع تولیدی، تحقیقاتی و
آزمایشگاهی پاکدشت بتن

ویراستار:

مجتبوی، علیرضا
(کارشناسی مهندسی مواد-سرامیک)

سازمان ملی استاندارد ایران

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
و	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۲	۴ اصول آزمون
۲	۵ کلیات
۳	۶ تداخلات
۴	۷ وسایل
۵	۸ شناساگرها و مواد
۵	۹ آزمون‌ها
۷	۱۰ آماده سازی
۷	۱۱ روش اجرای آزمون
۸	۱۲ روش محاسبه
۹	۱۳ گزارش آزمون
۱۰	۱۴ دقت و اریبی
۱۱	۱۵ کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد «هدایت الکتریکی حجمی بتن سخت شده - روش آزمون» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده است، در هفتصد و چهل و هشتمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۹۶/۱۱/۱۱ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران - ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون‌های مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

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

ASTM C1760: 2012, Standard Test Method for Bulk Electrical Conductivity of Hardened Concrete

هدایت الکتریکی حجمی بتن سخت شده - روش آزمون

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

۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد تعیین مقدار هدایت الکتریکی حجمی آزمون‌های اشباع بتن سخت شده است که یک روش سریع جهت تشخیص میزان مقاومت بتن در برابر نفوذ یون کلر بر اساس انتشار می‌باشد (یادآوری را ببینید). نتایج این آزمون می‌تواند به ضریب انتشار ظاهری یون کلراید که با استفاده از روش آزمون زیر بند ۲-۸ تعیین می‌شود مرتبط باشد.

یادآوری- اصطلاح «حجمی» به این دلیل استفاده می‌شود که هدایت الکتریکی به وسیله اندازه‌گیری جریان عبوری از تمام فازهای آزمون تعیین می‌شود. (به عنوان مثال، خمیر سیمان و سنگدانه‌ها). این روش با استفاده از الکترودهایی انجام می‌شود که دو سر نمونه را پوشش می‌دهد. در حالی که سایر روش‌های آزمونی که هدایت (مقاومت) را اندازه‌گیری می‌کنند ممکن است از میله‌هایی استفاده کنند که روی سطح نمونه قرار داده می‌شوند.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آنها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 ASTM C31/C31M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field

یادآوری- استاندارد ملی شماره ۳۲۰۵: سال ۱۳۹۰، بتن- ساخت و عمل‌آوری آزمون‌ها در کارگاه- آئین کار، با استفاده از استاندارد STM C31/C31M-2009 تدوین شده است.

2-2 ASTM C42/C42M Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete

یادآوری- استاندارد ملی شماره ۱۲۳۰۶: سال ۱۳۸۸، بتن- تهیه و آزمون نمونه‌های مغزه‌گیری شده و تیرهای اره شده بتنی- روش آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM C42/C42M-04: 2008 تدوین شده است.

2-3 ASTM C125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates

- 2-4** ASTM C192/C192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory
- 2-5** ASTM C511 Specification for Mixing Rooms, Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes
- یادآوری** - استاندارد ملی شماره ۱۷۰۴۰: سال ۱۳۹۲، استاندارد اتاق اختلاط، محفظه رطوبت، اتاق رطوبت و حوضچه‌های آب مورد استفاده در آزمون سیمان‌های هیدرولیکی و بتن‌ها-ویژگی‌ها، با استفاده از استاندارد ASTM C511-2009 تدوین شده است.
- 2-6** ASTM C1202 Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration
- یادآوری** - استاندارد ملی شماره ۲۰۷۹۳: سال ۱۳۹۴، بتن - مقاومت بتن در برابر نفوذ یون کلراید با روش الکتریکی - روش آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM C1202-2012 تدوین شده است.
- 2-7** ASTM C1543 Test Method for Determining the Penetration of Chloride Ion into Concrete by Ponding
- یادآوری** - استاندارد ملی شماره ۱۹۸۹۶: سال ۱۳۹۳، بتن - تعیین نفوذ یون کلراید در بتن به روش حوضچه سازی - روش آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM C1542-2010 تدوین شده است.
- 2-8** ASTM C1556 Test Method for Determining the Apparent Chloride Diffusion Coefficient of Cementitious Mixtures by Bulk Diffusion

۳ اصطلاحات و تعاریف

۳-۱ در این استاندارد برای اصطلاحات و تعاریف استفاده شده به استاندارد ASTM C125 مراجعه شود.

۴ اصول آزمون

این روش آزمون جریان الکتریکی عبوری از یک آزمون بتنی اشباع را با ایجاد اختلاف پتانسیل ۶۰ ولت جریان مستقیم (DC) در دو انتهای نمونه برقرار شده است، اندازه‌گیری می‌کند. آزمون‌ها می‌توانند استوانه ای با قطر ۱۰۰ میلی‌متر و طول ۲۰۰ میلی‌متر یا مغزه‌هایی با قطر اسمی ۱۰۰ میلی‌متر با طول (۱۰۰ تا ۲۰۰) میلی‌متر باشند. تجهیزات و روش‌های تهیه نمونه همانند روش آزمون C1202 است، به جز سطح جانبی آزمون نمونه که نباید آب بندی و پوشش داده شود.

یک دقیقه پس از اعمال ولتاژ شدت جریان اندازه‌گیری می‌شود. شدت جریان اندازه‌گیری شده، ولتاژ اعمال شده و ابعاد آزمون برای محاسبه هدایت الکتریکی حجمی بتن مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۵ کلیات

۵-۱ این روش آزمون، هدایت الکتریکی حجمی بتن سخت شده را که رابطه تئوری با ضریب انتشار یون کلر و سایر یون‌ها در بتن دارد اندازه‌گیری می‌کند. اطلاعات تکمیلی در مراجع شماره [۱] و [۲] کتاب‌نامه آورده شده است. داده‌های تجربی، وجود رابطه بین ضریب انتشار یون کلر که با روش آزمون در استاندارد ASTM

C1556 و یا روش‌های مشابه اندازه‌گیری شده است و هدایت الکتریکی حجمی را تأیید می‌کند. اطلاعات تکمیلی در مراجع شماره [۳] و [۴] کتاب‌نامه آورده شده است.

۵-۲ تعدادی از عوامل شناخته شده که بر هدایت الکتریکی بتن سخت شده تأثیر می‌گذارند، عبارتند از: نسبت آب به مواد سیمانی، نوع و مقدار مواد مکمل سیمانی، وجود مواد افزودنی پلیمری، مواد افزودنی حاوی نمک‌های محلول، سن آزمون، شبکه حفرات هوا، نوع سنگدانه، درجه تراکم، درجه اشباع و روش عمل‌آوری. روش‌های متفاوت عمل‌آوری بسته به اینکه بتن حاوی چه مواد مکمل سیمانی است مورد استفاده قرار می‌گیرد. در هنگام مقایسه مخلوط‌ها، روش و مدت زمان عمل‌آوری یکسان را در نظر می‌گیرند.

۵-۳ این روش آزمون برای ارزیابی مخلوط‌های بتن به منظور تعیین طرح مخلوط و اهداف تحقیق و توسعه مناسب است. آزمون‌ها برای تعیین هدایت الکتریکی حجمی باید به اندازه کافی اشباع شوند تا مقاومت بتن در برابر نفوذ یون کلر مشخص شود، زیرا هدایت الکتریکی به درجه اشباع بتن بستگی دارد. به منظور اطمینان از شرایط اولیه یکسان برای اهداف مقایسه‌ای، آزمون‌ها قبل از انجام آزمون در خلا اشباع می‌شوند. اگر آزمون به صورت جزئی اشباع شده یا در همان شرایط زمان تحویل، آزمون شده‌اند، باید در نتیجه آزمون گزارش شود.

۵-۴ این آزمون برای ارزیابی هدایت الکتریکی بتن در سازه برای کاربردهایی که ممکن است به این اطلاعات نیاز داشته باشند مورد استفاده قرار می‌گیرد، مثل طراحی سامانه‌های حفاظت کاتدی.

۵-۵ نوع آزمون و چگونگی فرآیند به اهداف آزمون بستگی دارد. برای ارزیابی مخلوط‌های بتن، آزمون‌ها استوانه‌هایی با قطر ۱۰۰ میلی‌متر هستند که تا زمان انجام آزمون مرطوب نگه‌داشته شده‌اند. برای ارزیابی آزمون‌های بتنی که از سازه تهیه شده‌اند، آزمون‌ها مغزه‌هایی با قطر ۱۰۰ میلی‌متر هستند که قبل از اجرای آزمون در خلا اشباع می‌شوند.

۵-۶ سن آزمون بسته به نوع بتن و فرآیند عمل‌آوری، ممکن است بر نتیجه آزمون تأثیر بسزایی داشته باشد. بیشتر بتن‌ها، اگر به اندازه کافی عمل‌آوری شوند، با گذشت زمان به طور قابل توجه و چشم‌گیر نارسا می‌شوند.

۵-۷ هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده می‌تواند به عنوان مبنایی برای تعیین پذیرش مخلوط‌های بتن استفاده شود.

یادآوری- به دلیل این که روش و مدت زمان عمل‌آوری آزمون‌ها بر نتایج آزمون تأثیر می‌گذارد، باید در معیار پذیرش، روش عمل‌آوری و زمان آزمون مشخص شود.

۶ تداخلات^۱

۶-۱ این روش آزمون در مورد مخلوط‌های بتنی که دارای مواد افزودنی شیمیایی مثل نیتريت کلسیم باشند ممکن است نتایج گمراه‌کننده‌ای ایجاد کند (یادآوری ۱). نیتريت کلسیم به طور محسوس هدایت محلول

موجود در منافذ را افزایش می‌دهد. برای دو آزمون بتن با ساختار میکروسکوپی یکسان، هدایت الکتریکی بتنی که با افزودنی نیتريت کلسیم ساخته شده است در مقایسه با همان بتن بدون نیتريت کلسیم بیشتر خواهد بود. این موضوع می‌تواند اشتباهها به عنوان مقاومت کم‌تر در برابر نفوذ یون کلر تفسیر شود. آزمون‌های طولانی مدت تجمع یون کلرید مشخص کرده است که بتن حاوی نیتريت کلسیم در مقایسه با مخلوط‌های کنترل مقاومت یکسانی در مقابل نفوذ یون کلرید داشته اند (یادآوری ۲).

یادآوری ۱- روش‌هایی برای تخمین هدایت محلول‌های موجود در منافذ ناشی از غلظت انواع یون‌های حاضر در محلول در دسترس است. به دلیل این که روش و مدت زمان عمل‌آوری آزمون بر نتایج آزمون تاثیر می‌گذارد، باید در معیار پذیرش روش عمل‌آوری و زمان آزمون مشخص شود اطلاعات تکمیلی در مراجع شماره [۵] مندرج در کتاب‌نامه آورده شده است.

یادآوری ۲- سایر افزودنی‌هایی که مقدار زیادی از یون‌ها را ایجاد می‌کنند ممکن است بر نتایج آزمون، مشابه سایر موارد تاثیر بگذارد. برای مواردی که اثر افزودنی‌ها مشکوک باشد آزمایش طولانی مدت حوضچه‌سازی با استفاده از استاندارد ASTM C1543 یا آزمون، انتشار با استفاده از روش آزمون ASTM C1556 توصیه می‌شود.

۶-۲ به دلیل این که نتایج آزمون هدایت الکتریکی تابعی از مقاومت الکتریکی آزمون هستند (دقیقا عکس یکدیگرند)، با وجود فولاد مسلح کننده یا سایر مواد رسانای هدایت الکتریکی موجود در بتن و وجود برخی از انواع سنگدانه، ممکن است نتایج غیر واقعی حاصل شود، به همین دلایل هدایت الکتریکی بیش‌تری نسبت به بتن مشابه و بتن بدون مواد رسانا به دست می‌آید.

۷ وسایل

۷-۱ دستگاه اشباع خلاء

مشخصات این تجهیز در استاندارد ASTM C1202 شرح داده شده است.

۷-۲ تخت متحرک

اره الماسه با بستر متحرک و قابلیت خنک شدن با آب یا اره سیلیکون کاربید- برای بریدن آزمون در صورت لزوم.

۷-۳ محفظه اعمال ولتاژ

همان‌طور که در روش آزمون ASTM C1202 شرح داده شده است.

۷-۴ ولتاژ کاربردی و دستگاه داده خوان

همان‌طور که در روش آزمون ASTM C1202 شرح داده شده است.

۷-۵ کولیس فک‌دار، ریزسنج یا متر نواری

برای اندازه گیری قطر آزمون، با قابلیت خوانش حداقل به اندازه ۰/۱ میلی‌متر. طول فک کولیس فک‌دار باید حداقل ۷۰ میلی‌متر باشد.

۷-۶ کولیس فک‌دار

برای اندازه‌گیری طول نمونه، با دامنه اندازه‌گیری حداقل ۲۵۰ میلی‌متر و قابلیت خوانش حداقل به اندازه ۰/۱ میلی‌متر

۸ شناساگرها و مواد

۸-۱ محلول سدیم کلرید

۳/۰ درصد وزنی در آب مقطر (درجه واکنشگری^۱)

۸-۲ درزگیر محفظه و آزمون

همان طور که در روش آزمون استاندارد ASTM C1202 شرح داده شده است. اگر درزگیر لاستیکی در آب بندی آزمون در محفظه های اعمال ولتاژ استفاده نشده باشد به درزگیر نیاز داریم.

۸-۳ کاغذ صافی

شماره ۲ با قطر ۹۰ میلی متر. اگر درزگیر لاستیکی در آب بندی آزمون در محفظه های اعمال ولتاژ استفاده شده باشد به کاغذ صافی نیاز نداریم.

۹ آزمون ها

۹-۱ استوانه های قالب گیری شده

۹-۱-۱ آزمون های استوانه ای: با قطر ۱۰۰ میلی متر و ارتفاع ۲۰۰ میلی متر مطابق دستورالعمل ASTM C192 یا دستورالعمل ASTM C31 هر کدام مورد نیاز است تهیه کنید. روش عمل آوری نهایی بستگی به این که بتن حاوی مواد جایگزین سیمان است مشخص می شود، مگر این که توسط سفارش دهنده آزمون، تعیین شده باشد. آزمون هایی که فقط با مخلوط هایی بتنی حاوی سیمان پرتلند ساخته شده اند را مطابق زیر بند ۹-۱-۲ عمل آوری مرطوب کنید. برای مخلوط های بتنی که از مواد جایگزین سیمان ساخته شده اند مطابق زیر بند ۹-۱-۳ یا ۹-۱-۴ همان طور که توسط سفارش دهنده آزمون مشخص شده است عمل آوری انجام می شود. اگر هیچ دستورالعمل مشخصی تهیه نشده است، مخلوط های بتنی حاوی مواد جایگزین سیمان را مطابق زیر بند ۹-۱-۳ عمل آوری مرطوب کنید.

۹-۱-۲ عمل آوری مرطوب اولیه: آزمون هایی که در آزمایشگاه تهیه شده اند را مطابق با دستورالعمل ASTM C192 و آزمون هایی که در کارگاه تهیه شده اند را مطابق با دستورالعمل ASTM C31 به مدت ۲۸ روز عمل آوری کنید. در طول مدت عمل آوری مرطوب، آب اضافه باید روی سطح آزمون ها وجود داشته باشد. اگر اتاق عمل آوری قادر به تامین شرایط مورد نظر نباشد، آزمون ها را در حوضچه آب مطابق با استاندارد ASTM C511 عمل آوری کنید.

۹-۱-۳ عمل آوری مرطوب بلند مدت: آزمون هایی که در آزمایشگاه تهیه شده اند را مطابق با دستورالعمل ASTM C192 و آزمون هایی که در کارگاه تهیه شده اند را مطابق با دستورالعمل ASTM C31 به مدت ۵۶ روز عمل آوری کنید. در طول مدت عمل آوری مرطوب، آب اضافه باید روی سطح آزمون ها وجود داشته باشد.

اگر اتاق عمل آوری قادر به تامین شرایط مورد نظر نباشد، آزمون‌ها را در حوضچه آب مطابق با استاندارد ASTM C511 عمل آوری کنید.

یادآوری - برخی مواد جایگزین سیمان، به دلیل برخورداری از آهنگ کندتر هیدراته شدن، به زمان بیشتری برای بهبود خواص بالقوه نیاز دارند. بدین منظور از دوره عمل آوری ۵۶ روزه استفاده می‌شود. در بتن‌های حاوی مواد جایگزین سیمان ممکن است بعد از ۵۶ روز نتایج آزمون به طور مداوم کاهش یابد و در برخی موارد، ممکن است انجام آزمون در سنین بیش‌تر، مانند ۳ ماه، مناسب باشد.

۹-۱-۴ عمل آوری مرطوب تسریع شده: آزمون‌هایی که در آزمایشگاه تهیه شده‌اند را مطابق با دستورالعمل ASTM C192 و آزمون‌هایی که در کارگاه تهیه شده‌اند را مطابق با دستورالعمل ASTM C31 به مدت ۷ روز تحت شرایط استاندارد عمل آوری کنید. بعد از ۷ روز عمل آوری استاندارد، آزمون‌ها را ۲۱ روز در آب آهک اشباع در دمای (38.1 ± 2.0) درجه سلسیوس غوطه‌ور کنید.

یادآوری - برای دستیابی سریع‌تر به نشانه‌های بهبود خواص بالقوه ناشی از مواد جایگزین سیمان که آهنگ هیدراته شدن کندتری دارند، استفاده از روش عمل آوری تسریع شده مفید تشخیص داده شده است. روش عمل آوری بلند مدت و روش عمل آوری تسریع شده نتایج یکسانی ندارند. روش عمل آوری توسط درخواست کننده آزمون انتخاب می‌شود تا با معیار پذیرش موردنظر سازگار باشد.

۹-۲ مغزه‌ها

۹-۲-۱ مغزه‌ها را با استفاده از یک مته مغزه‌گیری با قابلیت خنک شدن با آب که مجهز به تیغه الماسه با قطر داخلی ۱۰۰ میلی‌متر است تهیه کنید. مغزه‌ها را مطابق با روش آزمون ASTM C42 از محلی که توسط سفارش دهنده آزمایش، گفته شده است تهیه کنید. مغزه نباید دارای میلگرد باشد.

۹-۲-۲ بعد از برش، سطح مغزه را با یک پارچه مرطوب پاک کنید و مغزه را در یک کیسه پلاستیکی یا یک ظرف در بسته قرار دهید. لازم نیست اجازه داده شود قبل از قرار دادن مغزه‌ها در ظرف یا کیسه، آب سطحی مغزه تبخیر شود.

۹-۲-۳ مغزه‌ها را در کیسه آب بندی شده یا ظرف سربسته به آزمایشگاه انتقال دهید. اگر مغزه‌ها باید با کشتی حمل شوند، آن‌ها باید طوری بسته‌بندی شوند که از انجماد و آسیب‌های مکانیکی در طول حمل و نقل محافظت شوند.

۹-۲-۴ اگر بر روی سطح بتنی که مغزه از آن گرفته شده است، تغییراتی نظیر بافت‌دار کردن یا اعمال غشاء عمل آوری، آب بند سازی یا روش دیگری برای پرداخت سطح انجام شده باشد، با استفاده از الماسه برش خنک‌شونده با آب سطح پرداخت شده باید بریده شود.

۹-۲-۵ اگر ارتفاع مغزه کامل و مناسب نیست، انتهای شکسته شده را به وسیله اره با تیغه الماسه و قابلیت خنک شدن ببرید تا انتهای بریده شده مغزه عمود بر محور مغزه باشد. طول مغزه اصلاح شده باید بین ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌متر باشد و حداقل قطر آن ۳ برابر اندازه اسمی بزرگترین سنگدانه باشد مگر این‌که به صورت دیگری مشخص شده باشد.

یادآوری - همان طور که طول آزمون کاهش یافت، انتظار می رود که به دلیل تفاوت در سگدانه هایی که آزمون را تشکیل می دهد تغییر پذیری بیشتری در تکرار آزمایش ها وجود داشته باشد. اثر دقیق طول آزمون بر تغییرات هدایت الکتریکی اندازه گیری شده شناخته شده نیست. درخواست کننده آزمون ممکن است در مورد مغزه هایی که طول آن ها کمتر از ۱۰۰ میلی متر است نیاز به تکرار بیشتر داشته باشد. دهند.

۱۰ آماده سازی^۱

۱۰-۱ قبل از آزمون، آزمون های مغزه گیری شده را مطابق فرآیند آماده سازی در استاندارد ASTM C1202 قرار دهید، مگر اینکه روش دیگری مشخص شده باشد.

یادآوری - اگر هدف انجام آزمون، ارزیابی هدایت الکتریکی در محل است، ممکن است درخواست کننده آزمون بخواهد آزمون مغزه در همان شرایط دریافت نمونه انجام شود.

۱۰-۲ باید آزمون های استوانه ای در زمان آزمون با استفاده از یکی از روش های عمل آوری شرح داده شده در زیر بند ۹-۱ اشباع شوند.

۱۱ روش اجرای آزمون

۱۱-۱ آزمون را از آب خارج کنید و آب اضافه اطراف آزمون را پاک کنید.

۱۱-۱-۱ طول آزمون را با تقریب ۰/۱ میلی متر از طول چهار خط که به اندازه ۹۰ درجه از هم فاصله دارند اندازه بگیرید. اگر طول های اندازه گیری شده بیش از ۵ میلی متر با هم اختلاف داشته باشند، یک یا دو انتهای آزمون ها را تراش دهید تا شرایط پذیرش حاصل شود (یادآوری ۹ را ببینید). اندازه گیری را همان طور که در بالا توضیح داده شد، تکرار کنید. اگر انتهای آزمون های قالب گیری شده، بیشتر از ۵ میلی متر تحذب یا تقعر مربوط به محیط نمونه برداری داشته باشند، انتهای دارای تحذب و تقعر را تراش دهید. طول را همان طور که در بالا توضیح داده شد، اندازه گیری کنید. میانگین طول را با تقریب ۰/۱ میلی متر محاسبه کنید.

یادآوری - طیف وسیعی از طول های اندازه گیری شده، نشان می دهد که یک یا هر دو انتهای آزمون ها بر محور آزمون عمود نیستند. انتهای آزمون که بر محور آزمون عمود نیست باید تراش داده شود.

۱۱-۲ قطر را با تقریب ۰/۱ میلی متر با میانگین گیری دو قطر اندازه گیری شده که در میانه ارتفاع آزمون و عمود بر هم هستند تعیین کنید. به عنوان روش جایگزین، قطر را با تقریب ۰/۱ میلی متر با استفاده از نوار اندازه گیری قطر که در وسط ارتفاع آزمون قرار گرفته است، تعیین کنید.

۱۱-۳ آزمون را بین زمان انتهای آماده سازی و زمان انجام آزمون، اشباع نگه دارید. اگر بین اندازه گیری ابعاد و اندازه گیری هدایت وقفه ای وجود بیاید، جهت جلوگیری از خشک شدن آزمون، آن را با پارچه مرطوب یا با استفاده از سایر وسایل بپوشانید.

۱۱-۴ به جز قسمتی از آزمون که نباید پوشش داده شود آزمون را مطابق روش آزمون ASTM C1202 به محفظه اعمال ولتاژ متصل کنید. اطراف آزمون را تا زمان انجام آزمون از خشک شدن توسط پوشاندن با پارچه مرطوب یا وسایل مشابه محافظت کنید.

۱۱-۵ هر دو مخزن محفظه را با محلول سدیم کلرید پر کنید.

یادآوری - در این روش آزمون هر دو محفظه با محلول سدیم کلرید پر می‌شوند در حالی که در روش آزمون ASTM C1202 یکی از سل‌ها با محلول سدیم هیدروکسید پر می‌شود. مخزن‌ها باید با یک محلول رسانای الکتریکی پر شوند.

۱۱-۶ سیم‌ها را مطابق روش آزمون ASTM C1202 به مخزن‌ها و منبع تغذیه متصل کنید.

۱۱-۷ پارچه مرطوب را کنار بگذارید. اگر رطوبت قابل مشاهده روی سطح آزمون وجود دارد، با یک پارچه یا حوله خشک کنید تا هر چه زودتر سطح آزمون خشک به نظر برسد. منبع تغذیه را روشن کنید. ولتاژ آن را بر روی (0.1 ± 0.6) با جریان مستقیم تنظیم کنید. برای بررسی عملکرد درست دستگاه، جریان اولیه را مشاهده کنید (یادآوری را ببینید). در طول اندازه‌گیری، دمای محیط و دمای آزمون و تجهیزات باید در بازه ۲۰ تا ۲۵ درجه سلسیوس باشد.

یادآوری - برای آزمون‌های بتنی با قطر ۱۰۰ میلی‌متر و طول ۲۰۰ میلی‌متر با قابلیت نفوذ سریع یون کلر بین ۵۰۰ تا ۴۰۰۰ کولمب که مطابق روش آزمون ASTM C1202 اندازه‌گیری شده است، میزان جریان بین ۶ تا ۵۰ میلی آمپر در ولتاژ ۶۰ ولت بین دو انتهای نمونه، به‌دست خواهد آمد.

۱۱-۸ شدت جریان را در بازه (5 ± 60) ثانیه از زمانی که ولتاژ اعمال می‌شود اندازه‌گیری و ثبت کنید. جریان را با تقریب ۰٫۱ میلی آمپر ثبت کنید.

۱۱-۹ مخزن مواد را خالی کنید و آزمون‌ها را بردارید. مخزن‌ها را با آب آشامیدنی شستشو دهید و اگر مواد آب بندی استفاده شده، باقیمانده آن را پاک کنید.

۱۲- روش محاسبه

۱۲-۱ هدایت الکتریکی حجمی را با استفاده از سه رقم معنادار طبق رابطه (۱) محاسبه کنید:

$$\sigma = K \frac{I_1}{V} \frac{L}{D^2} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن:

σ هدایت الکتریکی حجمی، بر حسب میلی زیمنس بر متر؛

I_1 جریان در یک دقیقه، بر حسب میلی آمپر؛

V اختلاف پتانسیل اعمال شده، بر حسب ولت؛

L میانگین طول نمونه، بر حسب میلی‌متر؛

D میانگین قطر نمونه، بر حسب میلی‌متر؛

K ضریب تبدیل برابر $۱۲۷۳/۲$.

یادآوری - واحد هدایت الکتریکی در سامانه استاندارد بین المللی واحدها بر حسب زیمنس بر متر است و زیمنس دارای واحد ۱ بر اهم (Ω^{-1}) است. برای جلوگیری از گزارش اعدادی که کمتر از ۱ هستند، هدایت الکتریکی به واحد میلی زیمنس بر متر گزارش می شود. ضریب تبدیل K در رابطه (۱) برای تبدیل واحد می باشد. برای بتن هایی با مقادیر جریان عبوری در دامنه (۵۰۰ تا ۴۰۰۰) کولمب که مطابق روش آزمون ASTM C1202 اندازه گیری شده، مقادیر هدایت الکتریکی حجمی باید در دامنه (۳ تا ۲۰) میلی زیمنس بر متر باشد.

۱۳- گزارش آزمون

- ۱۳-۱ برای آزمون مغزه، اطلاعات زیر را در صورتی که آگاهی دارید، گزارش کنید:
 - ۱۳-۱-۱ کد شناسایی و محل مغزه گیری در سازه
 - ۱۳-۱-۲ تاریخ و زمان تهیه مغزه ها
 - ۱۳-۱-۳ تشریح مغزه، شامل وجود و محل میلگردهای احتمالی، وجود و ضخامت پوشش، وجود ترک های قابل مشاهده، و وجود و ضخامت اصلاحات سطحی
 - ۱۳-۱-۴ تشریح آماده سازی انتهای نمونه ها قبل از آزمون
 - ۱۳-۱-۵ شرایط آزمون هنگام آزمون اگر به غیر از روش خلاء اشباع شده است.
 - ۱۳-۱-۶ سن بتن در زمان انجام آزمون
 - ۱۳-۲ برای استوانه های قالب گیری شده، اطلاعات زیر را در صورتی که آگاهی دارید، گزارش کنید:
 - ۱۳-۲-۱ رده بتن، نوع سیمان و مواد چسباننده و نسبت آب به مواد سیمانی
 - ۱۳-۲-۲ موقعیت محلی که استوانه قالب گیری شده است.
 - ۱۳-۲-۳ تشریح شرایط عمل آوری اولیه
 - ۱۳-۲-۴ تشریح شرایط عمل آوری مرطوب بعد از خارج کردن از قالب
 - ۱۳-۲-۵ تشریح آماده سازی انتهای آزمون ها در صورت نیاز
 - ۱۳-۳ برای آزمون هر آزمون، موارد زیر گزارش شود:
 - ۱۳-۳-۱ میانگین طول آزمون، بر حسب میلی متر؛
 - ۱۳-۳-۲ میانگین قطر آزمون، بر حسب میلی متر؛
 - ۱۳-۳-۳ ولتاژ اعمال شده، بر حسب ولت؛
 - ۱۳-۳-۴ جریان در ۱ دقیقه بر حسب میلی آمپر؛
 - ۱۳-۳-۵ هدایت الکتریکی حجمی در ۱ دقیقه تا سه رقم معنی دار که بر حسب میلی زیمنس بر متر بیان می شود.

۱۴- دقت و اریبی

۱۴-۱ دقت

۱۴-۱-۱ مطالعات بین آزمایشگاهی شامل ۵ آزمایشگاه و ۴ مخلوط بتن که مقادیر متوسط هدایت الکتریکی اندازه گیری شده آن‌ها در بازه زمانی ۱ دقیقه برابر $3/2$ تا $16/4$ میلی زیمنس بر متر است، منجر به یک ضریب تغییرات تک کاربر $9/2$ درصد می‌شود.

یادآوری ۱۳- یک مطالعه بین آزمایشگاهی کامل انجام خواهد شد و انتظار می‌رود اعلام کامل دقت در طول ۵ سال از پذیرش این روش آزمون حاصل بشود.

۱۴-۲ اریبی

۱۴-۲-۱ به دلیل اینکه هیچ مواد مرجع مناسبی برای تعیین اریبی در این روش آزمون وجود ندارد، هیچ اعلام از اریبی وجود ندارد.

کتاب نامه

- [1] Nokken, M.R., and Hooton, R.D., 2006. "Electrical Conductivity Testing," Concrete International, October, pp. 58-63, (www.concreteinternational.com/pages/index.asp)
- [2] Snyder, K.A., Ferraris, C., Martys, N.S., and Garboczi, E.J., 2000, "Using Impedance Spectroscopy to Assess the Viability of the Rapid Chloride Test for Determining Concrete 322 Conductivity," J. Res. Natl. Inst. Stand. Technol. 105, pp. 497-509. (<http://nvl.nist.gov/pub/nistpubs/jres/105/4/j54sny.pdf>)
- [3] Aldykiewicz, A., Berke, N.S., Hoopes, R.J., and Li, F. "Long-Term Behavior of Fly Ash and Silica Fume Concretes in Laboratory and Field Exposure to Chlorides," Paper #253, NACE Corrosion Conference 2005, Houston, 3-7 April 2005, NACE International, Houston, TX, (www.nace.org)
- [4] Baroghel-Bouny, V., Kinomura, K., Thiery, M., and Moscardelli, S., "Easy Assessment of Durability Indicators for Service Life Prediction or Quality Control of Concretes with High Volumes of Supplementary Cementitious Materials," Cement and Concrete Composites, 33(2011), p. 832-847.
- [5] Snyder, K.A., Feng, X., Keen, B.D., and Mason, T.O., "Estimating the Electrical Conductivity of Cement Paste Pore Solutions from OH⁻, K⁺, and Na⁺ Concentrations," Cement and Concrete Research, Vol. 33, 2003, p. 793-798. (<http://fire.nist.gov/bfrlpubs/build03/PDF/b03022.pdf>)
- [6] Ozyildirim C., "Effects of Temperature on the Development of Low Permeability in Concretes," VTRC R98-14, Virginia Transportation Research Council, Charlottesville, VA, 1998 (http://www.viriniadot.org/vtrc/main/online_reports/pdf/98-r14.pdf)