



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran  
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۲۰۷۹۳

چاپ اول

۱۳۹۴

INSO

20793

1st. Edition

2016

بتن - مقاومت بتن در برابر نفوذ یون کلراید  
با روش الکتریکی - روش آزمون

**Concrete-Electrical Indication of  
Concrete's Ability to Resist  
Chloride Ion Penetration – Test  
Method**

ICS: 83. 080. 01

## 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 حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران 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 غیر دولتی حاصل می‌شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود 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 می‌شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند 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 می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> 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 نماید. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه 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، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گران‌بها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

## کمیسیون فنی تدوین استاندارد

### «بتن-مقاومت بتن در برابر نفوذ یون کلراید با روش الکتریکی-روش آزمون»

#### رئیس:

بهرویان، منوچهر  
(دکترای مهندسی عمران)

سمت و/یا نمایندگی  
دانشگاه آزاد اسلامی- واحد تهران مرکزی

#### دبیر:

محمودی، سعید  
(کارشناس مهندسی معدن)

کارشناس استاندارد

#### اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اسماعیلی طاهری، محسن  
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

امینیان، نیما  
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

انجمن بتن ایران

بهزادپور، مریم  
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

شرکت صنایع شیمی ساختمان آبادگران

پوریکتا، پولاد  
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

شرکت صنایع شیمی ساختمان آبادگران

تشکری، امیرحسین  
(کارشناس ارشد مهندسی پلیمر)

شرکت صنایع شیمی ساختمان آبادگران

دهقان نژاد، علیرضا  
(کارشناس شیمی)

اداره کل استاندارد استان قزوین

رحمتی، علیرضا  
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

مرکز تحقیقات پاکدشت بتن

رشیدنسب، علی  
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

شرکت صنایع شیمی ساختمان آبادگران

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی	رئیس قاسمی، امیرمازیار (کارشناس ارشد مهندسی عمران)
آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک	زمانی فر، الهام (دکترای شیمی معدنی)
پژوهشکده توسعه صنایع شیمیایی ایران	زینالی، میرعلی اصغر (کارشناس ارشد مهندسی شیمی)
پژوهشگاه استاندارد	سعیدی رضوی، بهزاد (دکترای زمین شناسی)
پژوهشگاه استاندارد	سلیمانی، رضا (کارشناس ارشد مهندسی عمران)
آزمایشگاه همکار استاندارد	سلیمی، یاسر (کارشناس مهندسی معدن)
سازمان ملی استاندارد ایران	عباسی رزگله، محمدحسین (کارشناس مهندسی مواد- سرامیک)
شرکت صنایع شیمی ساختمان آبادگران	علیپور، نوشین (کارشناس ارشد شیمی)
شرکت صنایع شیمی ساختمان آبادگران	کیانیان، محسن (کارشناس مهندسی معدن)
سازمان ملی استاندارد ایران	مجتبوی، سیدعلیرضا (کارشناس مهندسی مواد - سرامیک)
پژوهشگاه استاندارد	نژاد کاظم، امید (دکترای مهندسی عمران)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۳	۲ مراجع الزامی
۳	۳ اصول آزمون
۳	۴ وسایل
۳	۱-۴ دستگاه اشباع خلاء
۴	۲-۴ مواد و تجهیزات پوشش
۴	۳-۴ تجهیزات اندازه‌گیری نمونه
۴	۵ واکنش‌گرها، مواد و سل آزمون
۷	۶ تهیه و آماده‌سازی آزمون‌ها
۹	۷ شرایطدهی
۱۰	۸ روش اجرای آزمون
۱۲	۹ روش محاسبه
۱۴	۱۰ گزارش آزمون
۱۴	۱۱ دقت و اریبی
۱۶	پیوست الف (اطلاعاتی) راهنمای تفسیر نتایج

## پیش‌گفتار

استاندارد «بتن-مقاومت بتن در برابر نفوذ یون کلراید با روش الکتریکی-روش آزمون» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط شرکت صنایع شیمی ساختمان آبادگران تهیه و تدوین شده است و در ششصد و سی و چهارمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۴/۱۲/۰۲ 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:

ASTM C1202:2012, Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration

## بتن - مقاومت بتن در برابر نفوذ یون کلراید با روش الکتریکی - روش آزمون

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد تعیین روشی برای اندازه‌گیری سرعت هدایت الکتریکی بتن است که مقاومت آن را در برابر نفوذ یون کلراید، مشخص می‌کند. این روش آزمون برای انواع بتن که در آن‌ها ارتباط بین این روش آزمون و روش‌های بلندمدت حوضچه کلرید نظیر روش تشریح شده در استاندارد بند ۲-۵، بیان شده است، کاربرد دارد.

۲-۱ این استاندارد ارزیابی آزمایشگاهی هدایت الکتریکی نمونه‌های بتن را به منظور تعیین سریع مقاومت آن در برابر نفوذ یون کلراید، پوشش می‌دهد. در اغلب موارد نتایج هدایت الکتریکی رابطه خوبی با آزمون‌های حوضچه کلراید، مانند استاندارد بند ۲-۵، در دال‌های کنارهم قالب‌گیری شده از مخلوط‌های بتنی مشابه را نشان می‌دهند.

۳-۱ این استاندارد به منظور ارزیابی مصالح و نسبت مصالح برای اهداف طراحی و تحقیق و توسعه مناسب می‌باشد.

۴-۱ سن نمونه بسته به نوع بتن و روش عمل‌آوری اثرات قابل توجهی بر روی نتایج دارد. اکثر بتن‌ها، اگر به‌درستی عمل‌آوری شده باشد، نفوذپذیری آن‌ها به‌طور تدریجی با گذشت زمان به مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد.

۵-۱ این استاندارد در اصل برای ارزیابی‌های مصالح جایگزین ایجاد شده بود، اما در عمل استفاده از آن برای کاربردهایی نظیر کنترل کیفیت و آزمون پذیرش<sup>۱</sup> توسعه یافت. عواملی نظیر مصالح استفاده شده در مخلوط‌های بتنی و روش و مدت زمان عمل‌آوری نمونه‌های آزمون بر نتایج این آزمون تاثیر می‌گذارد. هنگامی که این روش برای ارزیابی کیفیت مخلوط و آزمون پذیرش استفاده می‌شود، مشخص نمودن روش‌های عمل‌آوری و سن نمونه در زمان آزمون، الزامی است.

**یادآوری-** هنگامی که از این آزمون برای تعیین قابلیت پذیرش مخلوط‌های بتنی استفاده می‌شود، معیار آماری و سن آزمون برای ارزیابی اولیه کیفی، یا برای پذیرش بر مبنای نمونه‌های کارگاهی، بهتر است در الزامات پروژه مشخص شده باشد. معیار پذیرش برای این آزمون بهتر است به گونه‌ای باشد که منابع متغیرهای تأثیرگذار بر نتایج را در نظر گرفته و از توازن احتمال ضرر و زیان بین تامین‌کننده و مشتری اطمینان حاصل نماید. بهتر است شرایطی که پیش‌بینی می‌شود سازه در معرض آن قرار گیرد و زمان پیش از بهره‌برداری آن در نظر گرفته شود.

۶-۱ جدول الف ۱ در پیوست الف یک رابطه کیفی بین نتایج این آزمون و نفوذپذیری یون کلراید در بتن را ارائه می‌دهد.

۷-۱ هنگامی که این آزمون بر روی بتن‌هایی که به‌طور سطحی عمل‌آوری می‌شوند، استفاده می‌شود برای مثال، بتن‌های عمل‌آوری شده با آب‌بندهای نفوذگر، باید در تفسیر نتایج آن دقت کرد. نتایج این آزمون بر روی برخی از این بتن‌ها مقاومت کمی در برابر نفوذ یون کلراید نشان می‌دهد، در حالی که آزمون‌های ۹۰ روزه حوضچه کلراید بر روی دال‌های کنارهم مقاومت بیشتری را نشان می‌دهد.

۸-۱ جزییات روش آزمون بر روی نمونه‌هایی با قطر اسمی  $100\text{mm}$  اجرا می‌شود. این موضوع شامل نمونه‌هایی با قطرهای واقعی در محدوده  $95\text{mm}$  تا  $100\text{mm}$  می‌باشد. دیگر قطرهای نمونه مجاز هستند با تغییرات مناسب در طراحی سل و لتاز اعمالی آزمون شوند (شکل ۱).

۹-۱ برای نمونه‌های با قطر غیر از  $95\text{mm}$ ، مقدار نتیجه آزمون برای همه جریان عبوری باید مطابق روش بند ۹-۲ تعدیل شود. برای نمونه‌هایی با قطرهای کم‌تر از  $95\text{mm}$ ، باید در پوشش و نصب نمونه‌ها دقت ویژه‌ای به کار برد، به نحوی که از تماس محلول‌های رسانا با تمام نواحی انتهایی در طول آزمون اطمینان حاصل شود.

۱۰-۱ هنگامی که کلسیم نیتريت در بتن استفاده شده باشد، استفاده از این روش آزمون می‌تواند منجر به نتایج غیر واقعی شود. نتایج این آزمون بر روی برخی از این بتن‌ها در مقایسه با مخلوط‌های بتن شاهد (فاقد کلسیم نیتريت) مقادیر کولمب بیشتری نشان می‌دهد، که بیانگر مقاومت کمتر در برابر نفوذ یون کلراید است. در حالی که در آزمون‌های بلندمدت حوضچه کلراید، بتن‌های حاوی کلسیم نیتريت، حداقل به همان اندازه مخلوط‌های بتنی شاهد، در برابر نفوذ یون کلراید مقاومت دارند.

**یادآوری-** دیگر افزودنی‌ها ممکن است به طور مشابه بر نتایج این آزمون تأثیر گذارند. اگر اثر یک افزودنی مشکوک باشد آزمون‌های بلندمدت حوضچه کلراید توصیه می‌شود.

۱۱-۱ از آنجایی که نتایج آزمون تابعی از مقاومت الکتریکی نمونه است، حضور میل‌گرد تقویتی یا سایر مواد رسانای الکتریکی تعیبه شده ممکن است اثر قابل توجهی داشته باشند. این آزمون برای نمونه‌هایی که در آن‌ها میل‌گرد تقویتی در راستای طولی قرار داده شده معتبر نیست، چرا که یک جریان الکتریکی پیوسته بین دو سر نمونه برقرار می‌شود.



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 اجرای آن را مشخص کند.

## 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 تجدید نظرهای 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 تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

- ۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۳۲۰۵، بتن- ساخت و عمل‌آوری نمونه‌ها در کارگاه- آیین کار
- ۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۳۰۶، بتن- تهیه و آزمون نمونه‌های مغزه‌گیری شده و تیرهای اره‌شده‌ی بتنی- روش آزمون
- ۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۵۸۱، بتن- ساخت و عمل‌آوری نمونه‌های بتنی در آزمایشگاه- آیین کار

2-4 ASTM C670, Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Material.

2-5 AASHTO T259, Method of Test for Resistance of Concrete to Chloride Ion Penetration.

## ۳ اصول آزمون

این روش آزمون شامل پایش مقدار جریان الکتریکی عبوری از برش با ضخامت ۵۰mm از مغزه یا استوانه‌هایی با قطر اسمی ۱۰۰mm در طی یک بازه زمانی ۶ ساعته می‌باشد. اختلاف پتانسیلی با جریان مستقیم ۶۰V در دو سر نمونه، که یک سر در محلول سدیم کلراید، و دیگری در محلول سدیم هیدروکسید غوطه‌ور است عبور داده می‌شود. بار عبوری کل، در واحد کولمب، مقاومت آزمون را در برابر نفوذ یون کلراید مشخص می‌کند.

## ۴ وسایل

۱-۴ دستگاه اشباع خلاء (شکل ۲)<sup>۱</sup>

۱-۱-۴ قیف جداکننده، یا سایر ظروف درزگیری شده با قابلیت تخلیه از پایین و ظرفیت حداقل ۵۰۰ mm.

---

1- Vacuum Saturation Apparatus

۴-۱-۲ بشر (۱۰۰۰mL یا بزرگ‌تر) یا ظرف دیگری با قابلیت نگهداری نمونه (نمونه‌های) بتنی و آب و قابل اتصال به خشکانه خلاء.

۴-۱-۳ خشکانه خلاء با قطر داخلی ۲۵۰mm یا بزرگ‌تر، به طوری که دو لوله‌ی لاستیکی از طریق درپوش لاستیکی و غلاف یا فقط از طریق درپوش لاستیکی به آن وصل باشد. هر رابط باید مجهز به یک شیر باشد.

۴-۱-۴ پمپ خلاء یا مکش، با قابلیت نگهداری فشار کمتر از ۵۰ mm Hg (۶۶۵۰ Pa) در خشکانه.

یادآوری- از آنجایی که خلاء آب را بالا می‌کشد، پمپ خلاء بهتر است با تله‌ آب محافظت شود یا روغن پمپ پس از هر بار استفاده، تعویض شود.

۴-۱-۵ اندازه‌گیر خلاء یا فشارسنج، با درستی  $(\pm 665 \text{ Pa}) \pm 5 \text{ mmHg}$  در گستره فشار  $(0-100) \text{ mmHg}$  ( $0-13300 \text{ Pa}$ ).

#### ۲-۴ مواد و تجهیزات پوشش

۴-۲-۱ پوشش، دارای گیرش سریع، نارسانای الکتریکی، با قابلیت آب‌بندی سطح جانبی مغزه‌های بتنی.

۴-۲-۲ ترازو یا قپان، جام‌های کاغذی، کاردک (قاشقک) های چوبی، و قلم‌موهای یکبار مصرف، برای اختلاط و اجرای پوشش.

۴-۳ تجهیزات اندازه‌گیری نمونه (اگر نمونه‌ها با اندازه آزمونه‌ی نهایی قالب‌گیری شده‌اند، لازم نیست)

۴-۳-۱ اره الماسه با بستر متحرک با قابلیت خنک شدن با آب یا اره سیلیکون کاربرد

### ۵ واکنش‌گرها، مواد و سل آزمون

۵-۱ درزگیر سل - آزمونه، با قابلیت آب‌بندی بتن با پلی(متیل متاکریلات)، برای مثال، پلکسی گلاس<sup>۱</sup>، در برابر آب و سدیم هیدروکسید رقیق و محلول‌های سدیم کلراید در دماهای تا  $90 \pm C$ ، مثال‌هایی شامل لاستیک سیلیکونی RTV، درزگیرهای لاستیکی سیلیکونی، سایر درزگیرهای لاستیکی سینتتیک، گریس‌های سیلیکونی، و واشرهای لاستیکی.

۵-۲ محلول سدیم کلراید، ۳/۰ درصد جرمی در آب مقطر (درجه واکنش‌گری<sup>۲</sup>).

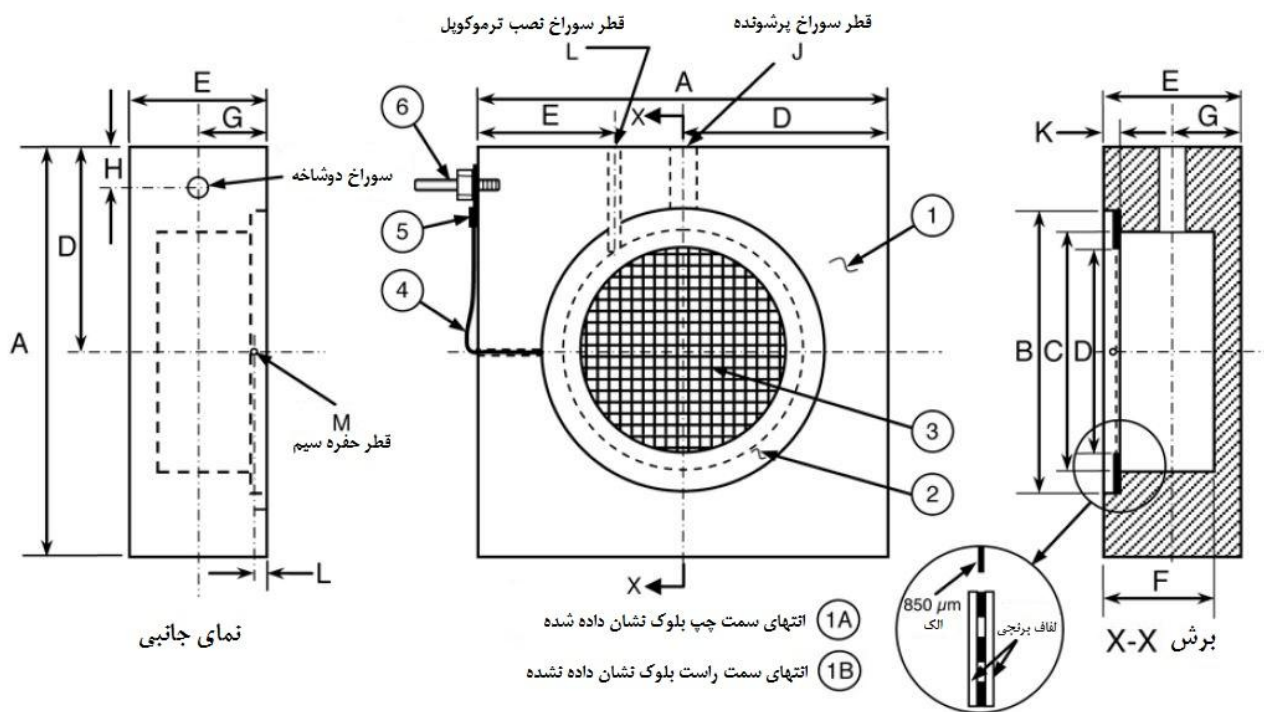
۵-۳ محلول سدیم هیدروکسید، ۰/۳ نرمال در آب مقطر (درجه واکنش‌گری)

1-Plexiglas  
2-Reagent Grade

هشدار - پیش از استفاده از سدیم هیدروکسید این موارد بازبینی شوند: (۱) ایمنی و اقدامات احتیاطی استفاده از سدیم هیدروکسید، (۲) کمک‌های اولیه برای سوختگی، (۳) واکنش‌های اضطراری در مقابل نشت‌ها، که توسط تولیدکنندگان در برگه اطلاعات ایمنی یا دیگر متون ایمنی قابل اطمینان شرح داده شده است. سدیم هیدروکسید می‌تواند باعث سوختگی بسیار شدید و آسیب به پوست و چشم محافظت نشده گردد. تجهیزات حفاظت فردی مناسب باید همیشه استفاده شوند. تجهیزات حفاظتی باید شامل محافظ‌های کامل صورت، پیش‌بند لاستیکی، و دستکش غیرقابل نفوذ در برابر سدیم هیدروکسید باشند. دستکش باید به صورت دوره‌ای برای سوراخ‌های ریز بررسی شوند.

۴-۵ کاغذهای صافی، نمره ۲، با قطر ۹۰ mm (اگر از واشر لاستیکی به عنوان درزگیر استفاده شود (بند ۵-۱ را ببینید) یا اگر مواد درزگیر بتواند از نشت کردن محلول از لفاف روی توری جلوگیری نماید، نیاز به استفاده از کاغذ صافی نیست).

۵-۵ سل ولتاژ اعمالی (شکل ۱ و شکل ۳ را ببینید)، دو محفظه متقارن پلی متیل متاکریلات، که هر کدام شامل توری رسانای الکتریکی و اتصالات خارجی است. یک طرح متداول در شکل‌های ۱ و ۳ نشان داده شده است. با این حال، سایر طرح‌ها قابل قبول هستند، به شرطی که ابعاد کلی (شامل ابعاد مخزن مایع) و عرض صفحه و منفذها همان‌طور باشند که در شکل ۱ نشان داده شده است.



راهنما:

سیم را در سوراخ با الاستومر سیلیکونی آب‌بند کنید.

صفحه بین لفاف‌ها را لحیم کنید.

سیم را به لفاف لحیم کنید.

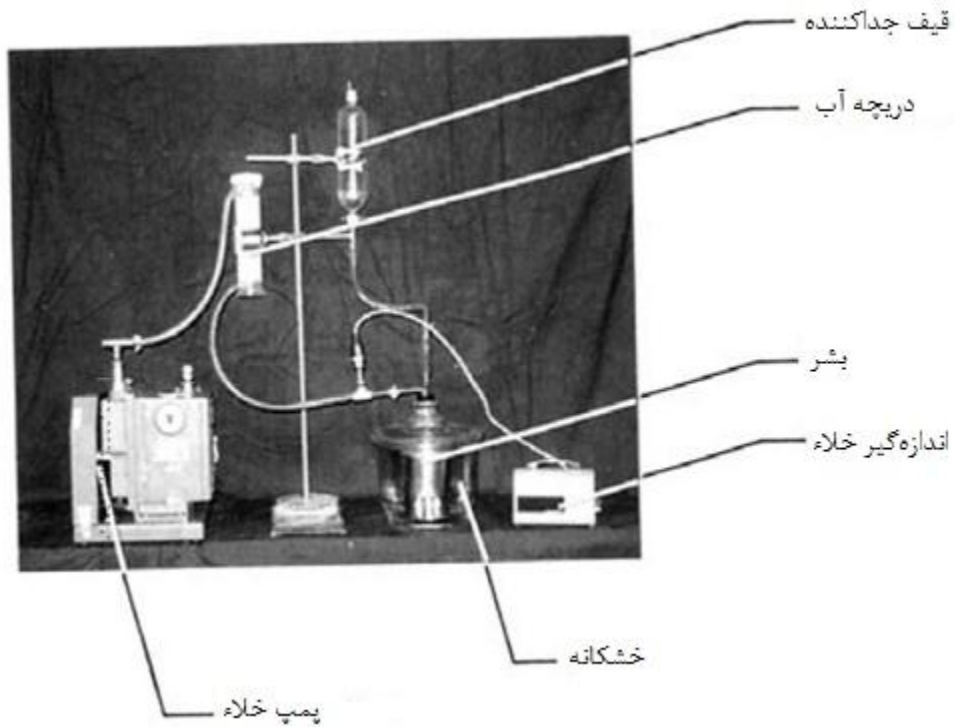
ابعاد (بر حسب میلی‌متر)

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M
۱۵۰	۱۰۵	۸۹	۷۵	۵۰	۴۱	۲۵	۱۵	۱۰	۶	۵	۲,۵

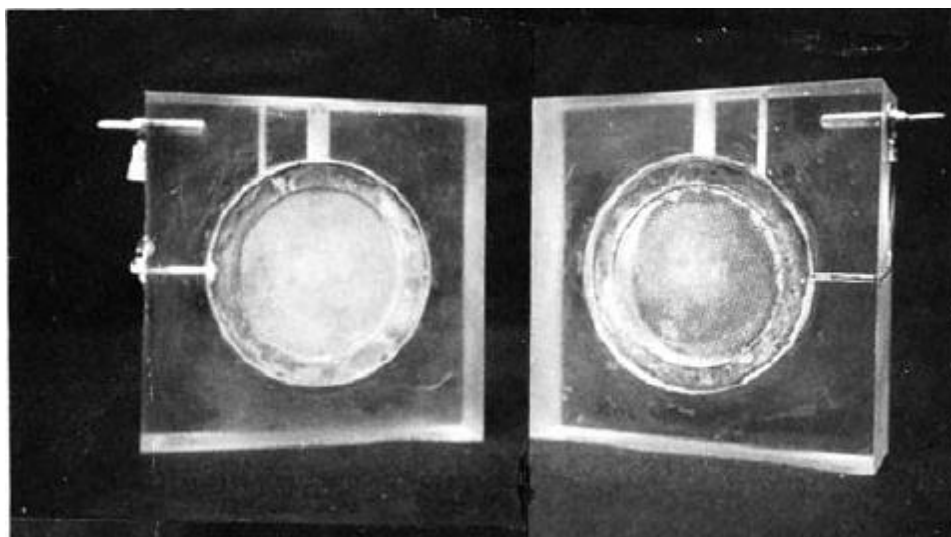
فهرست قطعات

ویژگی	توصیف	تعداد	شماره قطعه
پلی (متیل متاکریلات)	انتهای بلوک سل	۱	۱A
		۱	۱B
ضخامت ۰,۵ mm	لغاف برنجی	۴	۲
الک نمره ۲۰ (۸۵۰ μm)	صفحه برنجی	۲	۳
پوشش نایلونی ۲ mm (اندازه‌گیر ۱۴)	سیم مسی محکم	۲	۴
برای سیم ۲ mm (اندازه‌گیر ۱۴)	حلقه اتصال	۲	۵
با سر رزوه شده ۶,۴ mm	سر اتصال نر موزی (بوشی)	۲	۶

شکل ۱- سل ولتاژ اعمالی (طراحی ساخت)



شکل ۲- دستگاه اشباع خلاء



شکل ۳- نمایش نمای سل اعمال ولتاژ

۵-۶ دستگاه اندازه‌گیری دما (اختیاری)، محدوده  $(0-120)^{\circ}\text{C}$ .

۵-۷ دستگاه اعمال ولتاژ و بازخوانی داده، با قابلیت تأمین و تثبیت جریان مستقیم به مقدار  $V(0.1 \pm 0.06)$  در سراسر سل ولتاژ اعمالی برای تمامی محدوده جریان‌ها و نمایش ولتاژ با دقت  $\pm 0.1V$  و جریان  $\pm 1 \text{ mA}$  تجهیزات ذکر شده در ۵-۷-۱ تا ۵-۷-۵ سامانه‌ای است که امکان برآورده نمودن این الزام را دارد.

۵-۷-۱ ولت‌متر رقومی<sup>۱</sup> (DVM)، ۳ رقمی، حداقل محدوده صفر ولت تا  $99.9 \text{ V}$ ، دقت اسمی  $\pm 0.1\%$ .

۵-۷-۲ ولت‌متر رقومی (DVM)،  $\frac{1}{4}$  رقمی، حداقل محدوده صفر میلی‌ولت تا  $200 \text{ mV}$ ، دقت اسمی  $\pm 0.1\%$ .

۵-۷-۳ مقاومت موازی،  $100 \text{ mV}$ ، شدت جریان  $10 \text{ A}$ ، با رواداری  $\pm 0.1\%$  ممکن است به عنوان جایگزین، از مقاومت  $0.1 \Omega$ ، با رواداری  $\pm 0.1\%$  استفاده شود، اما باید در مقاومت خیلی پایین اتصالات با دقت ایجاد شود.

۵-۷-۴ منبع تغذیه با ولتاژ ثابت، دارای جریان مستقیم صفر ولت تا  $80 \text{ V}$ ، صفر آمپر تا  $2 \text{ A}$ ، قابلیت تأمین و تثبیت ولتاژ ثابت در  $V(0.1 \pm 0.06)$  برای تمامی محدوده جریان‌ها.

۵-۷-۵ کابل، دو رشته‌ای عایق AWG نمره ۱۴ (۱.۶ mm)،  $600 \text{ V}$ .

## ۶ تهیه و آماده‌سازی آزمون‌ها

۶-۱ آماده‌سازی و انتخاب نمونه به هدف آزمون بستگی دارد. جهت ارزیابی مصالح یا نسبت آن‌ها، نمونه‌ها باید:

الف- از دال‌های آزمون یا استوانه‌هایی با قطر بزرگ مغزه گرفته شود،

ب- استوانه‌های قالب‌گیری شده با قطر  $100 \text{ mm}$  باشد.

برای ارزیابی سازه‌ها، نمونه‌ها باید مغزه گرفته شده از سازه باشد. مغزه‌گیری باید به وسیله یک مته حفاری با سرته الماسه با قطر  $100 \text{ mm}$  انجام شود. انتخاب و مغزه‌گیری مطابق روش ارایه شده در استاندارد بند ۲-۲ انجام گیرد. استوانه‌های قالب‌گیری در آزمایشگاه نیز باید مطابق روش ارایه شده در استاندارد بند ۲-۳ آماده شوند.

یادآوری- حداکثر اندازه مجاز سنگدانه‌ها برای این آزمون مشخص نشده است. کاربران عنوان کرده‌اند که تکرارپذیری آزمون در آزمون‌های ساخته شده از یک مخلوط با سنگدانه‌های با حداکثر اندازه اسمی تا  $25 \text{ mm}$  رضایت‌بخش بوده است.

۶-۲ هنگامی که نتایج این روش آزمون برای ارزیابی مصالح یا نسبت‌های اختلاط مبتنی بر آزمون‌های قالب‌گیری شده جهت فرآیند کنترل کیفیت، طرح اختلاط یا پذیرش بتن مورد استفاده قرار می‌گیرند، حداقل دو آزمون استوانه‌ای با قطر  $100 \text{ mm}$  مطابق با روش استاندارد بند ۲-۳ برای بتن‌های ساخته شده در آزمایشگاه و مطابق استاندارد بند ۲-۱ از بتن تازه گرفته شده در کارگاه تهیه شود. عمل‌آوری مرطوب آزمون‌ها طبق بند ۶-۶

1 - Digital Voltmeter

۱-۲ برای مخلوط‌های بتنی که فقط حاوی سیمان پرتلند هستند، انجام شود. برای مخلوط‌های بتنی که حاوی مواد جایگزین سیمان<sup>۱</sup> هستند، از عمل‌آوری مرطوب بلند مدت مطابق با بند ۶-۲-۲ (یادآوری ۱) استفاده شود، مگر آن که روش عمل‌آوری مرطوب تسریع شده مطابق با بند ۶-۲-۳ توصیه شده باشد (یادآوری ۲). در صورتی که شیوه‌های جایگزین برای این روش‌ها و مدت‌های عمل‌آوری تصریح و بیان شده باشد، استفاده از آن‌ها مجاز است. برای آماده‌سازی طرح‌های پیشنهادی، آزمون‌های توالی پذیرش و مقایسه دو یا چند مخلوط، از روش و مدت زمان عمل‌آوری مشابهی استفاده شود.

۱-۲-۶ عمل‌آوری مرطوب: آزمون‌ها را برای مدت ۲۸ روز مطابق با روش استاندارد بند ۲-۳ یا مطابق با روش استاندارد ذکر شده در بند ۱-۲ برای آزمون‌های تهیه شده در کارگاه عمل‌آوری نمایید.

۲-۲-۶ عمل‌آوری مرطوب بلند مدت: آزمون‌های ساخته شده در آزمایشگاه را مطابق با روش استاندارد بند ۲-۳ یا آزمون‌های تهیه شده در کارگاه را مطابق با روش استاندارد بند ۱-۲ به مدت ۵۶ روز عمل‌آوری نمایید.

۳-۲-۶ عمل‌آوری مرطوب تسریع شده: آزمون‌های ساخته شده در آزمایشگاه را مطابق با روش استاندارد بند ۲-۳ یا آزمون‌های تهیه شده در کارگاه را مطابق با روش استاندارد بند ۱-۲ به مدت ۷ روز عمل‌آوری نمایید. پس از ۷ روز عمل‌آوری مرطوب، آزمون‌ها را به مدت ۲۱ روز در آب آهک اشباع با دمای  $C \pm 2$  (۳۸±۲) غرقاب نمایید.

**یادآوری ۱-** 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 عمل‌آوری ۵۶ روزه استفاده می‌شود. در بتن‌های حاوی مواد جایگزین سیمان ممکن است بعد از ۵۶ روز نتایج آزمون به‌طور مداوم کاهش یابد، و در برخی موارد، ممکن است انجام آزمون در سنین بیشتر، مانند ۳ ماه، مناسب‌تر باشد.

**یادآوری ۲-** برای دستیابی سریع‌تر به نشانه‌های بهبود خواص بالقوه ناشی از مصرف مواد جایگزین سیمان که هیدراسیون کندتری دارند، استفاده از روش عمل‌آوری تسریع شده مفید تشخیص داده شده است. از آنجایی که دو روش متفاوت عمل‌آوری ممکن است منجر به نتایج مشابه نشوند، ممکن است درخواست کننده آزمون به ارتباط بین نتایج آزمون‌های عمل‌آوری شده بلند مدت و آزمون‌های عمل‌آوری تسریع شده نیاز داشته باشد و معیار پذیرش مناسبی را برای زمانی که عمل‌آوری تسریع شده انجام می‌گیرد یا مجاز است، وضع نماید.

۳-۶ مغزه‌های گرفته شده در کیسه‌های پلاستیکی در بسته به آزمایشگاه انتقال داده شود. چنانچه لازم است آزمون‌ها به جای دیگری انتقال داده شوند، باید طوری بسته‌بندی شوند که به‌طور مناسبی در مقابل انجماد و آسیب‌دیدگی در طی انتقال و انبارش محافظت شوند.

۴-۶ با استفاده از اره الماسه با بستر متحرک با قابلیت خنک شدن با آب یا اره سیلیکون کاربیدی، قطعه‌ای به طول  $mm (50 \pm 3)$  از بالای مغزه یا استوانه بتنی بریده شود، به‌طوری که سطحی موازی با لبه بالایی نمونه

داشته باشد. این قطعه، نمونه مورد آزمون خواهد بود. جهت از بین بردن هرگونه برآمدگی بر روی سطح بریده شده آزمونه، از سنباده استفاده کنید.

۵-۶ در برخی موارد بر روی سطح بتن تغییراتی نظیر بافت‌دار کردن یا عمل‌آوری ترکیبی، آب‌بند سازی، یا روش دیگری در پرداخت سطح انجام می‌شود. در صورتی که هدف از آزمون بررسی اثر این تغییر نباشد باید آن قسمت تغییر یافته از سطح مغزه جدا شده و قطعه‌ی  $(50 \pm 3)$  mm مجاور آن جهت آزمون مورد استفاده قرار گیرد.

## ۷ شرایطدهی<sup>۱</sup>

۱-۷ مقدار یک لیتر یا بیشتر از آب معمولی را در یک ظرف درپوش‌دار بجوشانید. ظرف را از روی حرارت برداشته و درپوش آن را محکم کنید و اجازه دهید تا دمای محیط خنک شود.

۲-۷ به آزمونه‌ای که طبق بند ۶ آماده شده، اجازه دهید تا سطح آن در هوا طی مدت حداقل یک ساعت خشک شود. حدود ۱۰ g پوشش زودگیر آماده کنید و با قلم‌مو بر روی سطح آزمونه اجرا کنید. هنگام پوشش‌دهی، نمونه را روی نگه‌دارنده مناسبی قرار دهید تا از پوشش کامل سطوح آن مطمئن شوید. پوشش مطابق دستورالعمل سازنده عمل‌آوری شود.

۳-۷ پوشش باید تا حدی عمل‌آوری شود که به دست نچسبد. تمامی خلل و فرج ظاهری پوشش را پر کرده و در صورت نیاز، زمان اضافی برای عمل‌آوری در نظر بگیرید. آزمونه را در بشر یا ظرف دیگری قرار دهید (بند ۴-۱)، سپس ظرف را در خشکانه خلاء قرار دهید. همچنین می‌توان به‌طور مستقیم آزمونه را داخل خشکانه خلاء قرار داد. هر دو وجه انتهایی آزمونه باید آزاد باشد. خشکانه را هوا بند کرده و پمپ خلاء یا مکنده هوا را روشن نمایید. فشار باید طی چند دقیقه به کمتر از ۵۰ mm Hg ( $6650 \text{ Pa}$ ) کاهش پیدا کند. خلاء ایجاد شده را برای مدت ۳ ساعت حفظ نمایید.

۴-۷ قیف جدا کننده یا ظرف دیگری را (بند ۴-۱-۱) با آب هواگیری شده طبق بند ۱-۷، پر کنید. بوسیله پمپ خلاء که هنوز روشن است، شیر آب را باز کنید و به مقدار کافی آب داخل بشر یا ظرف بریزید تا روی آزمونه پوشانده شود (در طول این کار اجازه ندهید هوا از طریق شیر به درون خشکانه وارد شود).

۵-۷ شیر خلاء را ببندید و اجازه دهید پمپ خلاء برای یک ساعت دیگر روشن بماند.

۶-۷ شیر تخلیه هوا را بسته و پمپ را خاموش کنید. (اگر یک تله‌ی آبی استفاده نمی‌شود، روغن پمپ را عوض نمایید.) شیر خلاء را بچرخانید تا هوا اجازه‌ی ورود به خشکانه را پیدا کند.

۷-۷ آزمونه را در بشر برای  $(18 \pm 2)$  h غرقاب کنید (از آب اشاره شده در بند ۴-۷ تا ۶-۷ استفاده کنید).



## ۸ روش اجرای آزمون

۱-۸ آزمون را از آب خارج کنید، آب اضافی را بگیرید و آزمون را به یک ظرف هوابندی شده یا هر ظرفی که آزمون را در رطوبت نسبی ۹۵ درصد یا بیشتر نگه می‌دارد انتقال دهید.

۲-۸ جاگذاری و قراردعی آزمون (به همراه همه درزگیرها به جز واشر پلاستیکی، از ۲-۲-۸ یا ۳-۲-۸ به‌طور مناسب استفاده کنید):

۱-۲-۸ در صورت استفاده از درزگیر دو جزیی سل- آزمون، حدود ۲۰ تا ۴۰ گرم از آن را آماده کنید.

۲-۲-۸ درزگیر سل- آزمون با گرانی کم؛ در صورت نیاز به استفاده از کاغذ صافی، آن را در مرکز یک سطح از سل ولتاژ اعمالی قرار دهید. درزگیر را با مال، بر روی لفاف‌های برنجی متصل به بدنه سل اعمال ولتاژ بمالید. کاغذ صافی را با دقت بردارید. آزمون را بر روی توری فشار دهید. درزگیر اضافی که از مرز سل- آزمون خارج شده است را برداشته یا صاف کنید.

۳-۲-۸ درزگیر سل- آزمون با گرانی زیاد؛ آزمون را روی توری قرار دهید. درزگیر را اطراف مرز سل- آزمون بمالید.

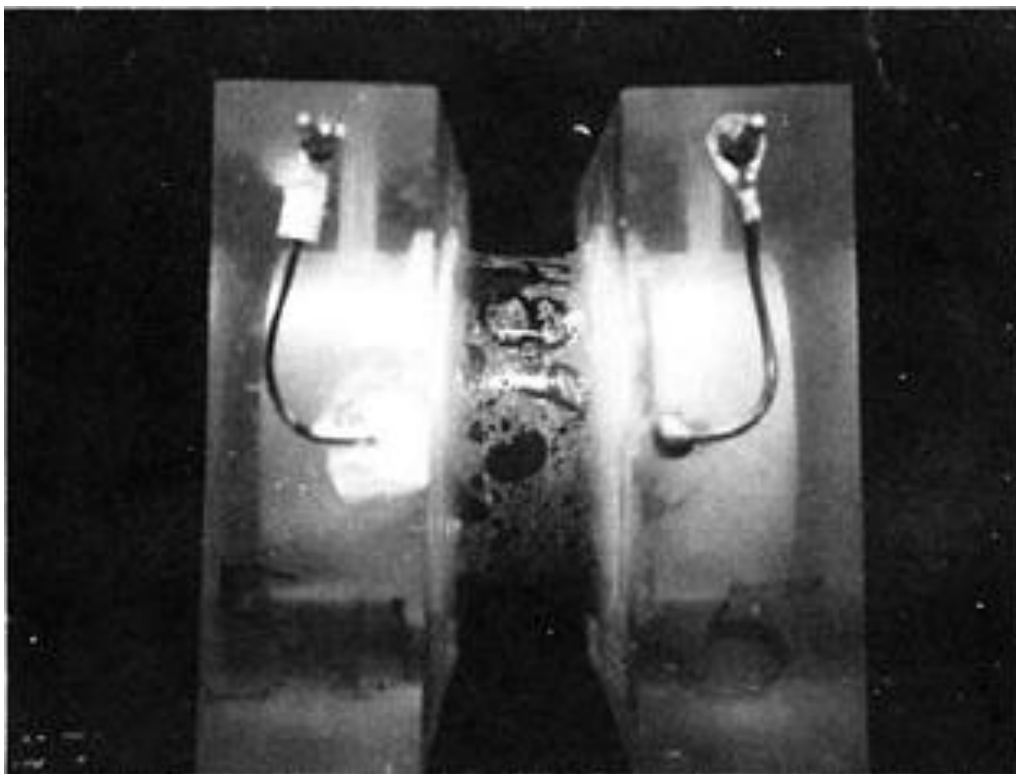
۴-۲-۸ سطح آزاد آزمون را با یک ماده نفوذناپذیر نظیر لاستیک یا ورق پلاستیکی بپوشانید. درپوش لاستیکی را در حفره پرکننده سل قرار دهید تا از جابه‌جایی رطوبت جلوگیری کند. اجازه دهید که درزگیر طبق دستورالعمل سازنده عمل‌آوری شود.

۵-۲-۸ مراحل ۲-۲-۸ (یا ۳-۲-۸) و ۴-۲-۸ را روی نیمه دوم سل تکرار کنید. (آزمون در سل اعمال ولتاژ در شکل ۴ نشان داده شده است)

۳-۸ جاگذاری و قراردعی آزمون (درزبند لاستیکی جایگزین): یک واشر لاستیکی پخت‌شده<sup>۱</sup> با قطر خارجی ۱۰۰ mm، قطر داخلی ۷۵ mm و ضخامت ۶ mm در هر نیم سل آزمون قرار دهید. آزمون را درون دو نیم سل قرار داده و دو نیم سل آزمون را به منظور درز بندی، به سمت یکدیگر فشار دهید.

---

1- Vulcanized rubber gasket



شکل ۴- آزمون آماده برای آزمون

۴-۸ آن وجهی از سل که سطح بالایی نمونه را در بر گرفته است با محلول سدیم کلراید ۳ درصد پر کنید (این وجه از سل به خروجی منفی منبع تغذیه در ۵-۸ متصل خواهد شد). وجه دیگر سل (که به خروجی مثبت منبع تغذیه متصل خواهد شد) را با محلول ۰/۳ نرمال سدیم هیدروکسید پر کنید.

۵-۸ سیم‌های اتصال را به سل آزمون متصل نمایید. اتصالات الکتریکی را به ولتاژ اعمالی و تجهیز خوانش اطلاعات به‌طور مناسب متصل کنید؛ برای مثال، برای سیستم اشاره شده در ۱-۷-۵ تا ۵-۷-۵ مطابق شکل ۵ متصل نمایید. منبع تغذیه را روشن کنید و ولتاژ را روی  $V (60 \pm 0.1)$  تنظیم نمایید و جریان اولیه خوانش شده را ثبت کنید. دماهای نمونه، سل اعمال ولتاژ، و محلول باید در زمان شروع آزمون بین  $^{\circ}C (20 \text{ تا } 25)$  باشد که این زمان معادل زمانی است که منبع تغذیه روشن می‌شود.

۶-۸ در حین آزمون دمای هوای اطراف نمونه باید در محدوده  $^{\circ}C (20 \text{ تا } 25)$  ثابت نگه‌داشته شود.

۷-۸ جریان را حداقل هر ۳۰ دقیقه خوانده و ثبت کنید. در صورتی که از یک ولت‌متر به همراه یک مقاومت موازی برای قرایت جریان استفاده شود (شکل ۵)، از ضرایب تبدیل مناسب برای تبدیل ولتاژ خوانش شده به آمپر استفاده شود. هر نیم‌سل آزمون باید با محلول مناسب برای کل دوره زمانی آزمون پر شود.

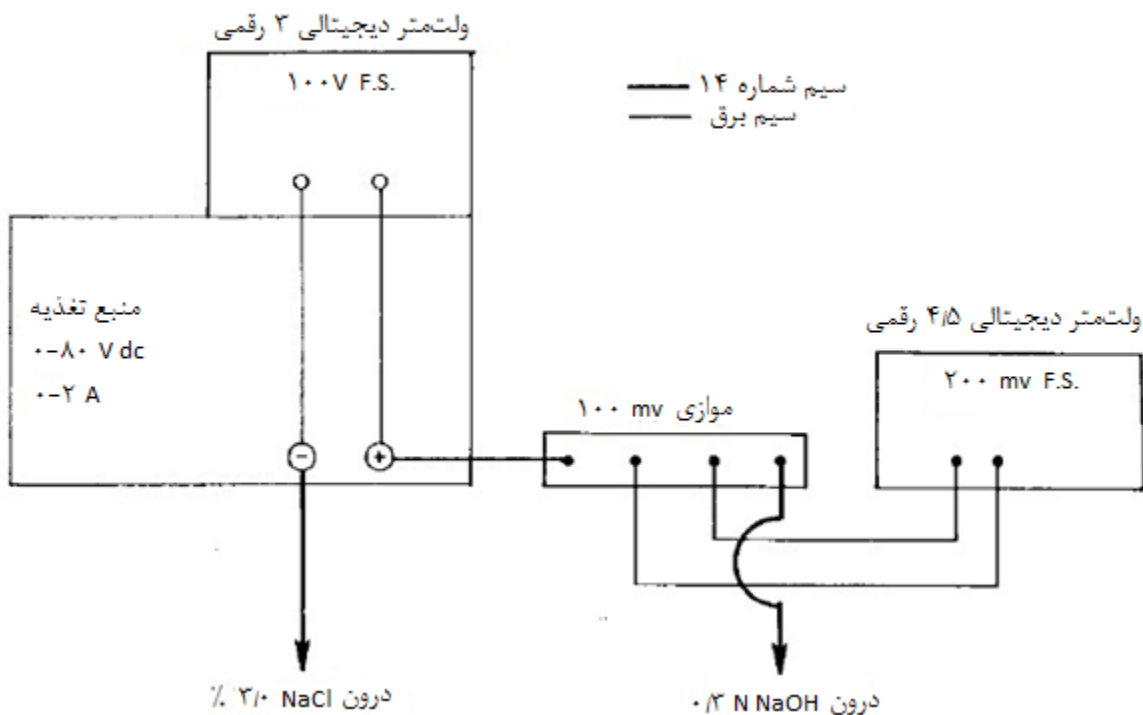
**یادآوری-** طی آزمون، توصیه می‌شود به منظور اجتناب از آسیب به سل و تبخیر محلول‌ها، دمای محلول‌ها از  $90^{\circ}\text{C}$  تجاوز نکند. دمای محلول‌ها می‌تواند با ترموکوپل‌های نصب شده داخل سوراخ تهویه ۳ میلی‌متری در بالای سلول کنترل شود، گرچه این کار از الزامات روش آزمون نیست. دماهای زیاد فقط برای بتن‌های با نفوذ زیاد اتفاق می‌افتد. اگر آزمونی از یک نمونه با ضخامت ۵۰mm به دلیل دماهای زیاد خاتمه یابد، توصیه می‌شود این نکته به همراه زمان اتمام آزمون در گزارش آورده شود و بتن به عنوان بتنی با مقدار نفوذپذیری زیاد در برابر کلراید طبقه‌بندی می‌شود.

۸-۸ آزمون به جز مورد ذکر شده در یادآوری فوق پس از ۶h خاتمه یابد.

۹-۸ نمونه را خارج کنید. سل را به‌طور کامل با آب شرب بشویید. مانده درزگیر را تخلیه و خارج کنید.

## ۹ روش محاسبه

۱-۹ نقشه جریان (بر حسب آمپر) در برابر زمان (بر حسب ثانیه) را رسم کنید. یک منحنی هموار و بدون پیراش از درون داده‌ها بکشید و سطح زیر منحنی را به منظور حصول آمپر-ثانیه یا کولمب از بار جریان طی دوره زمانی ۶ ساعته آزمون محاسبه نمایید. (مطابق یادآوری زیر) یا به روشی دیگر می‌توان با استفاده از تجهیزات تحلیل داده‌ها در حین یا پس از انجام آزمون به‌طور خودکار عملیات محاسبه سطح زیر منحنی<sup>۱</sup> را انجام داده و مقدار کولمب را مشخص نمود.



شکل ۵- مدار الکتریکی بسته (مثال)

یادآوری- محاسبات نمونه؛ اگر جریان در دوره‌های زمانی ۳۰ دقیقه‌ای ثبت شود، مطابق رابطه زیر، بر اساس قانون دوزنقه‌ای، از یک محاسبه‌گر الکترونیکی (ماشین حساب) به منظور محاسبه سطح زیر نمودار استفاده می‌شود.

$$Q=900(I_1 + 2I_2 + 2I_3 + \dots + 2I_{n-1} + 2I_n + I_{n+1}) \quad (1)$$

که در آن:

Q بار عبوری، بر حسب کولمب؛

$I_0$  جریان بلافاصله پس از اعمال ولتاژ، بر حسب آمپر؛

$I_t$  جریان در t دقیقه پس از اعمال ولتاژ، بر حسب آمپر است.

۹-۲ اگر قطر نمونه غیر از ۹۵mm باشد، مقدار کل بار عبوری که در ۹-۱ تعیین شده باید تعدیل گردد. تعدیل از حاصل ضرب مقدار ثبت شده در ۹-۱ در نسبت سطح مقطع نمونه استاندارد بر سطح مقطع نمونه‌های واقعی به دست می‌آید.

$$Q_s = Q_x \times \left(\frac{95}{x}\right)^2 \quad (2)$$

که در آن:

$Q_s$  بار عبوری از نمونه با قطر ۹۵mm، بر حسب کولمب؛

$Q_x$  بار عبوری از نمونه با قطر x mm، بر حسب کولمب؛

X قطر نمونه غیر استاندارد، بر حسب mm است.

## ۱۰ گزارش آزمون

گزارش باید حداقل شامل موارد زیر باشد:

۱۰-۱ ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛

۱۰-۲ منبع مغزه یا استوانه، به ویژه، موقعیت مکانی که مغزه یا استوانه معرف آن می‌باشد؛

۱۰-۳ شماره مشخصه مغزه یا استوانه و آزمون؛

۱۰-۴ موقعیت مکانی آزمون در مغزه یا استوانه؛

۱۰-۵ نوع بتن شامل نوع چسباننده، نسبت آب به سیمان، و سایر داده‌های مرتبط با نمونه‌ها؛

۱۰-۶ شرح نمونه شامل وجود و موقعیت آرماتور، وجود و ضخامت پوشش، وجود و ضخامت عمل‌آوری سطح؛

۱۰-۷ سابقه عمل‌آوری نمونه؛ عمل‌آوری مرطوب، عمل‌آوری مرطوب بلند مدت، یا عمل‌آوری مرطوب تسریع شده، مطابق با تعریف این روش آزمون یا روش‌های جایگزین، همان‌طور که به کار گرفته شده است؛

۱۰-۸ آماده‌سازی نمونه غیرمعمول نظیر پاک کردن عمل‌آوری سطح و تغییرات اعمال شده بر روی سطح بتن؛  
 ۱۰-۹ نتایج آزمون، که به‌عنوان کل بار عبوری در طی مدت زمان آزمون گزارش شده است (تعدیل شده مطابق با بند ۹-۲). هنگامی که آزمون بر روی بیش از یک آزمون از یک منبع انجام شود، نتایج هر آزمون و نتیجه میانگین گزارش شود.

## ۱۱ دقت و اریبی

### ۱-۱۱ دقت

۱۱-۱-۱ دقت تک‌کاربری؛ ضریب تغییر تک‌کاربری از یک آزمون منفرد ۱۲٫۳ به‌دست آمده است (یادآوری ۱) بنابراین نتایج دو آزمون انجام شده به وسیله همان کاربر روی نمونه‌های بتن از همان بهر و همان قطر نباید بیش از ۴۲ درصد متفاوت باشد.

۱۱-۱-۲ دقت بین آزمایشگاهی؛ ضریب تغییر بین آزمایشگاهی از یک نتیجه آزمون منفرد ۱۸ درصد برآورد شده است. (یادآوری ۱) بنابراین نتایج دو آزمون در آزمایشگاه‌های مختلف روی یک نمونه مصالح مشابه نباید بیش از ۵۱ درصد متفاوت باشد. (یادآوری ۱) میانگین سه نتیجه آزمون در دو آزمایشگاه مختلف نباید بیش از ۴۲ درصد متفاوت باشد. (یادآوری ۲)

یادآوری ۱- اعداد آماری ذکر شده به ترتیب معرف محدوده‌های (۱s/%) و (d۲s/%) همان‌طور که در استاندارد بند ۲-۴ شرح داده شده، می‌باشند. بیان دقت بر اساس متغیرهای آزمون‌هایی که بر روی ۳ نمونه بتن مختلف انجام شده، بوده است، هر آزمون در ۳ نسخه در ۱۱ آزمایشگاه آزمون شد. تمامی نمونه‌ها قطرهای مشابه داشتند اما طول‌ها در محدوده (۵۱±۳) mm متفاوت بود.

یادآوری ۲- با این‌که در روش آزمون، گزارش بیش از یک نتیجه آزمون مدنظر نمی‌باشد، آزمون نمونه‌های تکراری معمولاً مطلوب است. بیان دقت برای میانگین سه نتیجه داده می‌شود، از این رو آزمایشگاه‌ها معمولاً این تعداد نمونه‌ها را انجام خواهند داد. هنگامی که میانگین ۳ نتیجه در هر آزمایشگاه تعیین می‌شود، ضریب تغییر چند آزمایشگاهی با رابطه زیر  $S_{ML}$  محاسبه می‌شود:

$$S_{ML} = \sqrt{\frac{S_{WL}^2}{3} + S_{BL}^2} \quad (۳)$$

که در آن:

$S_{WL}^2$  واریانس درون آزمایشگاهی؛

$S_{BL}^2$  واریانس بین آزمایشگاهی؛

درصد بیان شده معرف محدوده (d۲s/%) بر پایه ضریب تغییر بین آزمایشگاهی می‌باشد.

### ۱۱-۲ اریبی

در این روش آزمون برای سنجش مقاومت بتن در برابر نفوذ یون کلراید هیچ اریبی لحاظ نشده است به این دلیل که مقدار این مقاومت، فقط بر اساس یک روش آزمون قابل تعریف است.

**پیوست الف**  
**(اطلاعاتی)**  
**راهنمای تفسیر نتایج**

**الف-۱** مشخصات کیفی نفوذپذیری یون کلراید بر اساس مقادیر اندازه‌گیری شده از این روش آزمون در جدول الف ۱ تهیه شده است. این مقادیر از داده‌های حاصل از برش مغزه‌های گرفته شده از دال‌های آزمایشگاهی تهیه شده از انواع مختلف بتن به دست آمده است.

**جدول الف-۱- نفوذپذیری یون کلراید بر اساس بار (جریان) عبوری**

بار (جریان) عبوری بر حسب کولمب	نفوذپذیری یون کلراید
>۴۰۰۰	شدید
۲۰۰۰-۴۰۰۰	متوسط
۱۰۰۰-۲۰۰۰	کم
۱۰۰-۱۰۰۰	خیلی کم
<۱۰۰	ناچیز (قابل چشم‌پوشی)

**الف-۲** فاکتورهایی که در نفوذ یون کلراید موثر شناخته شده‌اند عبارتند از: نسبت آب به مواد سیمانی، نوع و مقدار مواد جایگزین سیمان در مخلوط بتن، وجود افزودنی‌های پلیمری، محلول‌های یونی از افزودنی‌هایی نظیر کلسیم نیتریت، سن نمونه، سامانه حفرات هوا، نوع سنگدانه، سطح تراکم و نوع عمل‌آوری.

**الف-۳** استفاده از این روش آزمون برای ارزیابی بتن‌های کارگاهی (صحرائی) که در معرض و جذب کلراید و سایر آنیون‌ها و مواد شیمیایی مخرب باشند، توصیه نمی‌شود، چرا که باعث انحراف در نتایج آزمون خواهد شد.