



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۳۹۰

تجدیدنظر اول

**ISIRI**

**390**

**1st. revision**

سیمان- تعیین نرمی سیمان هیدرولیکی با  
دستگاه نفوذپذیری هوا-روش های آزمون

**Cement- Determination of the fineness of  
hydraulic cement by air-permeability  
apparatus-Test methods**

ICS:91.100.10

## به نام خدا

### آشنایی با مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه\* 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 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.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح 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 می‌شود که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که مؤسسه استاندارد تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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. مؤسسه 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، مؤسسه استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را براساس 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 مؤسسه است.

\* مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3 - International Organization of Legal Metrology (Organization International de Metrology Legal)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد  
"سیمان - تعیین نرمی سیمان هیدرولیکی با دستگاه نفوذپذیری هوا-روش های آزمون"  
(تجدید نظر اول)

<u>رئیس:</u>	<u>سمت و / یا نمایندگی</u>
اسماعیلی طاهری، محسن	مدیر کل دفتر پژوهش و تحقیقات علمی
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)	شرکت مادر تخصصی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

<u>دبیر:</u>	
زمانی فر، الهام	کارشناس دفتر پژوهش و تحقیقات علمی
(کارشناس ارشد شیمی)	شرکت مادر تخصصی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

امینیان، نیما	انجمن بتن ایران
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)	

تاجیک، حمیدرضا	شرکت سیمان آبیک
(کارشناس ارشد شیمی)	

ترک قشقائی، سیمین	مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
(کارشناس شیمی)	

زنگانه، حامد	دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)	

سازور، رسول	انجمن صنفی کارفرمایان صنعت سیمان کشور
(کارشناس شیمی)	

سیاه پوش، سهیلا	مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
(کارشناس ارشد مهندسی شیمی)	

خداپرست، محمد مهدی	مرکز تحقیقات بتن
(کارشناس مهندسی عمران)	

شرقی، عبدالعلی  
(دکتری مهندسی عمران)

عضو هیات علمی دانشگاه شهید بهشتی

فتحی پور، احمد  
(کارشناس ارشد مهندسی شیمی)

مجتمع صنعتی سیمان تهران

فیروزیار، فهیمه  
(کارشناس شیمی)

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

مصطفوی، بیتا  
(کارشناس ارشد شیمی)

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ج	آشنایی با مؤسسه استاندارد
د	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ح	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ روش آزمون A-روش مرجع
۲	۱-۳ وسایل
۴	۲-۳ واسنجی دستگاه
۷	۳-۳ روش انجام آزمون A
۸	۴-۳ محاسبه
۱۱	۵-۳ بیان نتایج
۱۱	۶-۳ دقت و انحراف
۱۲	۴ روش آزمون B-دستگاه خودکار
۱۲	۱-۴ دستگاه
۱۲	۲-۴ واسنجی
۱۲	۳-۴ روش انجام آزمون B
۱۳	۴-۴ الزامات اجرایی (شرایط) برای دستگاه خودکار بلین
۱۴	۵-۴ استانداردسازی
۱۴	۶-۴ تایید مجدد روش آزمون
۱۴	۷-۴ دقت و انحراف
۱۵	۵ گزارش آزمون

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
۱۶	پیوست الف (اطلاعاتی) تشریح روشی برای تعیین مقدار ثابت b
۱۷	پیوست ب (اطلاعاتی) محدوده نتایج آزمون

## پیش‌گفتار

استاندارد «سیمان - تعیین نرمی سیمان هیدرولیکی با دستگاه نفوذپذیری هوا-روش‌های آزمون» نخستین بار در سال ۱۳۴۹ تدوین شد. این استاندارد براساس پیشنهادهای رسیده و بررسی توسط شرکت مادر تخصصی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک (سهامی خاص) و تایید کمیسیون‌های مربوط برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در دویست و چهل و پنجمین اجلاس کمیته ملی مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۸۸/۴/۲۷ تصویب شد، اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به‌عنوان 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 تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استاندارد ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۳۹۰: سال ۱۳۷۰ شده است.

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

ASTM C204-07, 2008: Standard Test Methods for Fineness of Hydraulic Cement by Air-Permeability Apparatus.

## سیمان - تعیین نرمی سیمان هیدرولیکی با دستگاه نفوذ پذیری هوا - روش های آزمون

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد تعیین نرمی سیمان هیدرولیکی با استفاده از دستگاه نفوذپذیری هوا «بلین»<sup>۱</sup> براساس روش های آزمون زیر می باشد. نرمی با سطح مخصوص مانند مساحت سطح کل برحسب سانتی مترمربع بر گرم یا مترمربع بر کیلوگرم سیمان بیان می شود. دو روش آزمون معین شده است؛ روش آزمون "A" که با دستگاه بلین دستی انجام می شود روش مرجع می باشد، حال آنکه روش "B" استفاده از دستگاه خودکار بلینی که بر اساس الزامات این روش آزمون عمل کرد قابل قبولی داشته باشد، را مجاز می داند. اگر چه کاربرد این روش آزمون برای تعیین اندازه نرمی انواع مصالح دیگر مجاز است، باید دانست که به طور کلی نرمی نسبی به جای مقادیر نرمی مطلق به دست می آید.

۱-۲ این روش آزمون برای کار با انواع سیمان پرتلند مناسب شناخته شده است. به هر حال، باید از قضاوت در تعیین مناسب بودن این روش با توجه به نرمی اندازه گیری شده سیمان ها با چگالی ها یا تخلخل های متفاوتی که توسط بند ۲-۴ تعیین شده اند، استفاده کرد.

**هشدار** - این استاندارد تمام موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی کند. بنابراین وظیفه کاربر این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت و قبل از استفاده محدودیت های اجرایی آنرا مشخص کند

### ۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می شود. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه های بعدی آن ها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

- 2-1 ASTM A582/A 582M-05, 2008, Standard Specification for Free-Machining Stainless Steel Bars.
- 2-2 ASTM C670-03, 2008, Standard Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials.
- 2-3 ASTM E832-81(2008), Standard Specification for Laboratory Filter Papers.
- 2-4 No. 114, National Institute of Standards and Technology Standard Reference Material.
- 2-5 BS 4359: 1971, British Standard Method for the Determination of Specific Surface of Powders: Part 2: Air Permeability Methods.
- 2-6 AASHTO T153-07, 2007, Standard Method of test for Fineness of Hydraulic Cement by Air Permeability Apparatus.

<sup>1</sup>-Blaine

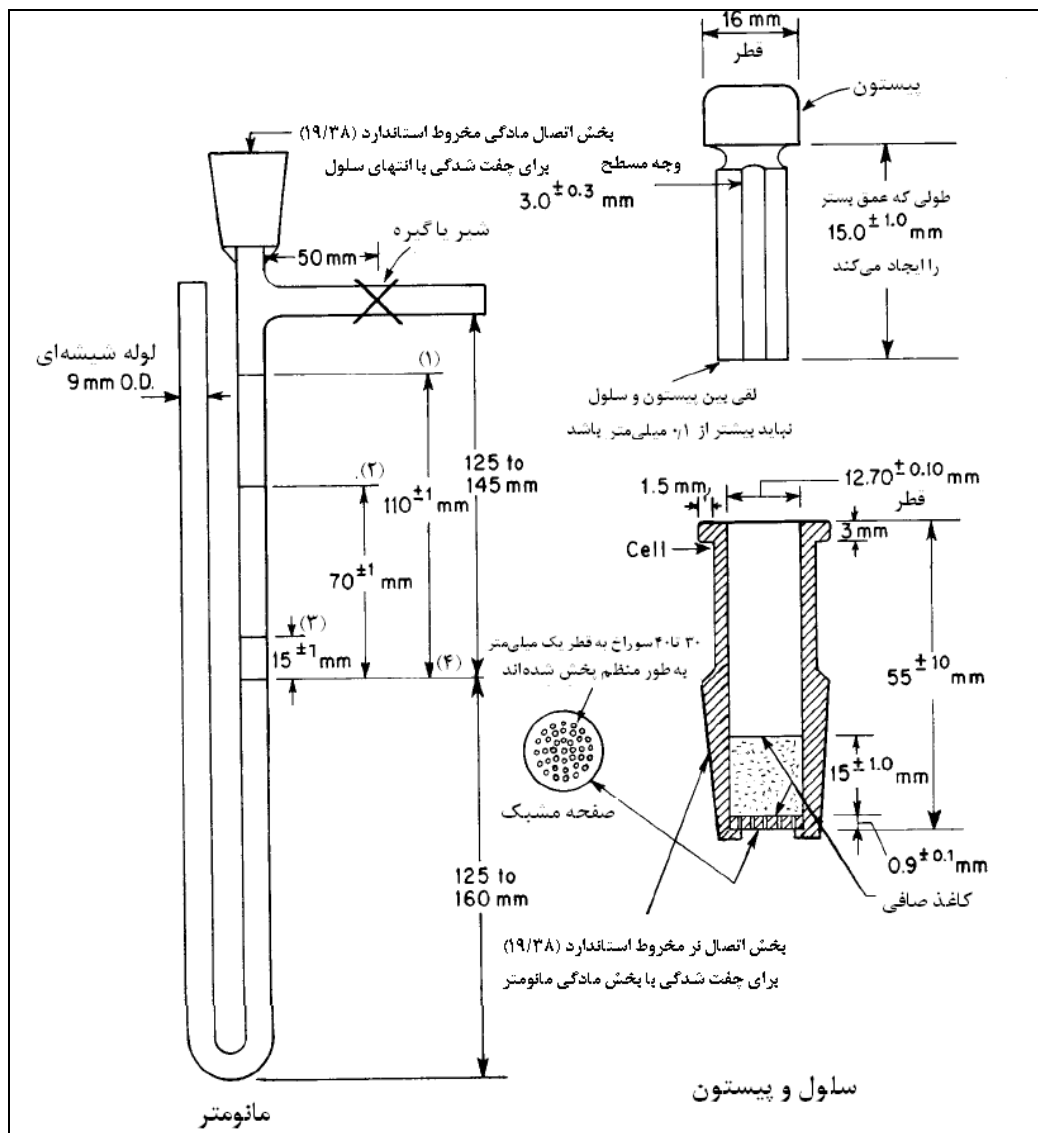


## ۳ روش آزمون A-روش مرجع

## ۱-۳ وسایل

## ۱-۱-۳ دستگاه اصلی

دستگاه بلین اساساً شامل یک وسیله برای مکش مقدار معینی هوا از میان یک بستر<sup>۱</sup> آماده شده از سیمان که تخلخل آن معین می‌باشد، تعداد و اندازه روزنه‌ها در یک بستر آماده با تخلخل معین، تابعی از اندازه ذرات و تعیین نرخ جریان هوا از میان بستر است. دستگاه ارائه شده در شکل ۱ باید به ویژه شامل قطعات بیان شده در بندهای ۱-۳ تا ۲-۳ تا ۸-۱ باشد.



شکل ۱- دستگاه نفوذپذیری هوا بلین

<sup>۱</sup>-Bed

### ۲-۱-۳ استوانه نفوذ پذیری (سلول)

سلول باید شامل یک استوانه محکم با قطر داخلی  $(0.10 \pm 0.1270)$  میلی‌متر از نوع فولاد ضد زنگ سخت<sup>۱</sup> ساخته شده باشد. داخل سلول باید دارای پرداخت  $0.81$  میکرومتر باشد. بالای سلول باید با محور اصلی آن زاویه قائمه داشته باشد. قسمت پائینی سلول باید با انتهای بالایی مانومتر<sup>۲</sup> چفت‌شدگی غیر قابل نفوذ به‌وسیله هوا به‌وجود آورد، به‌طوری‌که نشت هوا بین سطوح اتصال وجود نداشته باشد. یک لبه<sup>۳</sup>  $0.5$  میلی‌متر تا یک میلی‌متر دور داخل سلول باید به صورت یک‌پارچه از خود ساختمان آن یا حلقه‌ای چفت شده در فاصله  $(10 \pm 55)$  میلی‌متر از بالای سلول برای نگه‌داری صفحه مشبک وجود داشته باشد. بالای سلول باید به یک گلویی برآمده متصل باشد تا خارج کردن آن از مانومتر آسان باشد.

یادآوری- فولاد ضد زنگ نوع ۳۰۳ طبق استاندارد بند ۲-۱ برای ساخت سلول و پیستون مناسب است.

### ۳-۱-۳ صفحه مشبک

صفحه مشبک باید از فلز غیرخورنده با ضخامت  $(0.1 \pm 0.09)$  میلی‌متر ساخته، دارای  $30$  سوراخ تا  $40$  سوراخ به قطر یک میلی‌متر که در سطح آن به‌طور منظم پخش شده‌اند، باشد. صفحه باید متناسب با داخل سلول باشد تا به راحتی داخل آن قرار گیرد. مرکز یک طرف صفحه مشبک باید دارای علامت یا نوشته‌ای باشد که آزمایش‌گر هنگامی که می‌خواهد آن را داخل سلول بگذارد همیشه این وجه را به‌طرف پائین قرار دهد. این علامت یا نوشته نباید تغییری در ابعاد سوراخ‌های صفحه ایجاد کند، نه به پیرامونشان برسد و نه به ناحیه‌ای از صفحه مشبک که روی لبه سلول قرار می‌گیرد، برخورد کند.

### ۴-۱-۳ پیستون<sup>۲</sup>

پیستون باید از فولاد ضد زنگ و متناسب با داخل سلول با لقی کمتر از  $0.1$  میلی‌متر ساخته شده باشد. انتهای پیستون باید با سطوح افقی تماس کامل و با محور اصلی زاویه قائمه داشته باشد. باید یک وجه مسطح به عرض  $(0.3 \pm 3.0)$  میلی‌متر برای عبور هوا روی یک طرف پیستون تعبیه شود. بالای پیستون باید کلاهی باشد تا هنگامی که پیستون درون سلول قرار می‌گیرد، کلاهک با بالای سلول در تماس باشد به نحوی که فاصله بین انتهای پیستون و بالای صفحه مشبک  $(1 \pm 15)$  میلی‌متر باشد.

### ۵-۱-۳ کاغذ صافی

کاغذ صافی باید متوسط مانند نوع یک، درجه B، مطابق با استاندارد بند ۲-۳ باشد. صفحات کاغذ صافی باید دایره‌ای با لبه‌های صاف و دارای قطری به اندازه داخل سلول باشد.

یادآوری- اگر صفحه‌های کاغذ صافی بیش از حد کوچک باشند، ممکن است قسمتی از سیمان به دیواره داخل سلول واقع در بالای صفحه چسبیده، هدر رود. اگر بیش از حد بزرگ باشند، تمایل به خم شدن داشته و سبب پراکندگی در نتایج خواهند شد.

### ۶-۱-۳ مانومتر

لوله U شکل مانومتر باید مطابق طرحی که در شکل ۱ نشان داده شده است، با استفاده از لوله شیشه‌ای با قطر خارجی اسمی نه میلی‌متر و دیواره استاندارد ساخته شود. بازوی مانومتر (لوله متصل به سلول) باید اتصالی غیر قابل

<sup>۱</sup> -Austenitic

<sup>۲</sup> -Manometer

<sup>۳</sup> -Plunger

نفوذ نسبت به هوا با سلول ایجاد کند. بازوی مانومتر که به سلول متصل است باید دارای خطی حک شده پیرامون لوله در فاصله ۱۲۵ میلی‌متر تا ۱۴۵ میلی‌متر در زیر قسمت مجرای خروجی (خط شماره ۴) باشد. همچنین بالای این خط، خطوط دیگری در فواصل  $(1 \pm 15)$  میلی‌متر (خط شماره ۳)،  $(1 \pm 70)$  میلی‌متر (خط شماره ۲) و  $(1 \pm 110)$  میلی‌متر (خط شماره ۴) قرار دارد. فاصله انتهای مانومتر تا مجرای خروجی باید در ۲۵۰ میلی‌متر تا ۳۰۵ میلی‌متر باشد. این مجرا برای مکش در بازوی مانومتر باید متصل به سلول در بالای آن قرار داده شود. یک شیر ساده یا گیره غیر قابل نفوذ نسبت به هوا در کنار مجرای خروجی در فاصله حداکثر ۵۰ میلی‌متری از بازوی مانومتر باید قرار داده شود. مانومتر باید محکم به گونه‌ای که بازوها عمودی باشند، نصب شده باشد.

### ۷-۱-۳ مایع مانومتر

مانومتر باید تا نقطه میانی (خط نشانه شماره ۴) با مایع غیر فرار، غیر جاذب رطوبت با چگالی و گرانش کم مانند دی بوتیل فتالات (دی بوتیل ۱ و ۲-بنزن دی کربوکسیلات) یا یک روغن معدنی درجه سبک پر شود. مایع باید عاری از هرگونه خرده باشد.

### ۸-۱-۳ زمان سنج

زمان سنج باید دارای روش کار ساده برای آغاز و توقف باشد و توانایی خوانش تا نزدیک به ۰/۵ ثانیه یا کمتر را داشته باشد. زمان سنج باید دقت ۰/۵ ثانیه یا کمتر برای فواصل زمانی تا ۶۰ ثانیه و دقت ۱٪ یا کمتر برای فواصل زمانی ۶۰ ثانیه تا ۳۰۰ ثانیه را داشته باشد.

### ۲-۳ واسنجی دستگاه

#### ۱-۲-۳ نمونه

واسنجی دستگاه بلین باید با استفاده از سیمان مرجع بند ۲-۴ انجام شود. نمونه در زمان آزمون باید دمای اتاق را داشته باشد.

### ۲-۲-۳ حجم انبوهی<sup>۱</sup> پودر بستر متراکم شده

حجم انبوهی پودر بستر متراکم شده را با روش جانشین سازی جیوه طبق روش زیر تعیین کنید:

۱-۲-۲-۳ دو صفحه کاغذ صافی را در سلول قرار دهید. لبه‌های کاغذ صافی را با استفاده از میله‌ای که قطرش کمی از سلول کوچک‌تر است، به پایین فشار دهید تا صفحات کاغذ صافی که مسطح هستند روی صفحه مشبک قرار بگیرند. سپس سلول را با جیوه‌ای با کیفیت بالا پر کنید. حباب‌های هوای چسبیده به دیواره سلول را خارج کنید. برای نگه داشتن سلول در دست از انبر استفاده کنید. اگر سلول از ماده‌ای که با جیوه آمیخته می‌شود، ساخته شده است باید قبل از ریختن جیوه داخل آن با لایه‌ل بسیار نازکی از روغن محافظت شود. با فشردن آرام صفحه شیشه‌ای کوچک روی سطح جیوه، سطح جیوه را با بالای سلول تراز کنید تا وقتی که شیشه با سطح جیوه و لبه سلول تراز شود. مطمئن شوید که حباب هوا یا فضای خالی بین سطح جیوه و صفحه شیشه‌ای وجود ندارد. جیوه را از سلول خارج کنید و جرم آنرا اندازه بگیرید و یادداشت کنید. یکی از کاغذ صافی‌ها را از استوانه خارج کنید. مقدار آزمایشی ۲/۸۰ گرم سیمان استفاده کنید (یادآوری ۱ را ببینید). آن را مطابق بند ۴-۵ در حالی که یک کاغذ صافی بالا و یکی زیر آن است، متراکم کنید (یادآوری ۲ را ببینید). فضای خالی بالای سلول را با جیوه پر و هوای

<sup>۱</sup>-Bulk

محبوس شده را خارج کنید و سطح جیوه را با بالای سلول مطابق آنچه قبلاً ذکر شده تراز کنید. جیوه را از سلول خارج کنید و جرم آنرا اندازه گرفته، یادداشت کنید.

**یادآوری ۱-** لازم نیست از نمونه استاندارد برای تعیین حجم انبوهی استفاده کنید.

**یادآوری ۲-** بستر سیمان تهیه شده باید محکم باشد. اگر خیلی سست است و یا این که نمی توان آن را تا حجم مورد نظر متراکم کرد، مقدار آزمایشی سیمان استفاده شده را تعدیل کنید.

**۳-۲-۲-۲** حجم انبوهی اشغال شده توسط سیمان را تا نزدیک  $0.005$  سانتی متر مکعب طبق معادله (۱) محاسبه کنید:

$$V = (W_A - W_B) / D \quad (1)$$

که در آن:

$V$  حجم انبوهی سیمان بر حسب سانتی متر مکعب؛

$W_A$  جرم جیوه لازم برای پر کردن سلول هنگامی که سیمان در آن نیست بر حسب گرم؛

$W_B$  جرم جیوه لازم برای پر کردن قسمت اشغال نشده با بستر آماده شده سیمان در سلول بر حسب گرم؛

$D$  چگالی جیوه در دمای انجام آزمون بر حسب تن بر متر مکعب (جدول ۱ را ببینید).

**۳-۲-۲-۳** حداقل دوبار حجم انبوهی سیمان را تعیین کنید. برای هر تعیین از تراکم متفاوت استفاده کنید. مقدار حجم انبوهی به کار برده شده برای محاسبات بعدی میانگین دو مقداری که تفاوتشان در حدود  $\pm 0.005$  سانتی متر مکعب، می باشد را استفاده کنید. توجه کنید که دما را در مجاورت سلول در ابتدا و انتهای آزمون یادداشت کنید.

**جدول ۱- چگالی جیوه، گرانشی هوا ( $\eta$ ) و  $\sqrt{\eta}$  در دماهای داده شده**

$\sqrt{\eta}$	گرانشی هوا ( $\eta$ ) $\mu Pa.S$	چگالی جیوه $g/cm^3$	دمای محیط $^{\circ}C$
۴,۲۴	۱۷,۹۸	۱۳,۵۵	۱۸
۴,۲۵	۱۸,۰۸	۱۳,۵۵	۲۰
۴,۲۶	۱۸,۱۸	۱۳,۵۴	۲۲
۴,۲۸	۱۸,۲۸	۱۳,۵۴	۲۴
۴,۲۹	۱۸,۳۷	۱۳,۵۳	۲۶
۴,۳۰	۱۸,۴۷	۱۳,۵۳	۲۸
۴,۳۱	۱۸,۵۷	۱۳,۵۲	۳۰
۴,۳۲	۱۸,۶۷	۱۳,۵۲	۳۲
۴,۳۳	۱۸,۷۶	۱۳,۵۱	۳۴

### ۳-۲-۳ آماده سازی سیمان مرجع

محتویات یک آمپول نمونه سیمان استاندارد را در یک ظرف شیشه‌ای استوانه‌ای درب‌دار تقریباً ۱۲۰ سانتی‌مترمکعب قرار دهید و به مدت دو دقیقه به شدت تکان دهید تا نرم و هر گونه ذرات متراکم و کلوخه شده از هم باز شوند. اجازه دهید ظرف شیشه‌ای بیشتر از دو دقیقه در حالی که درب آن بسته است، ساکن بماند. سپس درب را بردارید و به آرامی به هم بزنید تا اجزای ریز که روی سطح پس از نرم کردن ته‌نشین شده‌اند، در سرتاسر نمونه پخش شوند.

### ۴-۲-۳ جرم سیمان مرجع

جرم سیمان مرجع که برای آزمون واسنجی به کار می‌رود و بستر سیمانی با تخلخل  $(0.500 \pm 0.005)$  ایجاد می‌کند را طبق معادله (۲) محاسبه کنید:

$$W = \rho V(1 - \varepsilon) \quad (2)$$

که در آن:

$W$  جرم سیمان لازم بر حسب گرم؛

$\rho$  چگالی آزمون (برای سیمان پرتلند ۳/۱۵ تن بر مترمکعب یا ۳/۱۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب باید استفاده شود)؛

$V$  حجم انبوهی بستر سیمان بر حسب سانتی‌مترمکعب که مطابق بند ۲-۳ تعیین می‌شود؛

$\varepsilon$  تخلخل مورد نظر بستر سیمان  $(0.500 \pm 0.005)$  (یادآوری این بند را ببینید).

یادآوری - تخلخل عبارت است از نسبت حجم فضاهای خالی در یک بستر سیمان به حجم کل یا حجم انبوهی بستر ( $V$ ).

### ۵-۲-۳ تهیه بستر سیمان

صفحه مشبک را در حالی که طرف علامت‌دار آن رو به پایین است، روی لبه در داخل سلول قرار دهید. کاغذ صافی را روی صفحه مشبک قرار دهید و با میله‌ای که قطرش کمی از قطر سلول کوچک‌تر است، به سمت پایین فشار دهید. جرم مقدار سیمان محاسبه شده را مطابق بند ۲-۳ تا نزدیک ۰/۰۰۱ گرم توزین کرده، در سلول قرار دهید. به اطراف سلول آهسته ضربه بزنید تا بستر سیمان مسطح شود. روی سیمان کاغذ صافی قرار دهید و سیمان را با پیستون تا زمانی که کلاhek پیستون با بالای سلول تماس پیدا کند، متراکم کنید. پیستون را به آهستگی اندکی بالا آورده، حدود ۹۰ درجه بچرخانید، و دوباره متراکم کنید و آن را به آهستگی بردارید. برای هر بار اندازه‌گیری بلین استفاده از کاغذ صافی جدید الزامی است.

### ۶-۲-۳ آزمون نفوذ پذیری

۱-۶-۲-۳ سلول را به لوله مانومتر متصل کنید، مطمئن شوید که محل اتصال هوابندی شده است (یادآوری ۱ را ببینید). مراقب باشید بستر سیمان تهیه شده لرزش و تکان نخورد.

۲-۶-۲-۳ به آهستگی هوای داخل یک بازوی مانومتر را تخلیه کنید تا مایع داخل آن به بالاترین علامت (خط شماره ۱) برسد، و سپس شیر را محکم ببندید. زمانی که پایین قوس مایع درون مانومتر به علامت دوم (خط شماره ۲) رسید زمان سنج را بکار بیندازید و زمانی که پایین قوس مایع درون مانومتر به علامت سوم (خط شماره ۳) رسید آنرا متوقف کنید. فاصله زمانی را اندازه‌گیری و بر حسب ثانیه یادداشت کنید. دمای انجام آزمون را بر حسب درجه سلسیوس یادداشت کنید.

۳-۲-۶-۳ در واسنجی دستگاه، حداقل سه بار زمان عبور را تعیین کنید و هر بار بستر جداگانه‌ای از نمونه سیمان مرجع آماده کنید (یادآوری ۲ را ببینید). واسنجی باید توسط همان آزمایش‌گری انجام شود که آزمون نرمی را انجام می‌دهد.

یادآوری ۱ - با مقدار کمی روغن ترمز محل اتصال را چرب کنید. برای اطمینان از اتصال مناسب بدین‌صورت عمل کنید؛ سلول را به مانومتر وصل کنید، با چوب پنبه آن را ببندید، به‌صورت جزئی عمل تخلیه را از یک بازوی مانومتر انجام دهید، سپس شیر را ببندید، هرگونه افت پیوسته در فشار نشان دهنده نشستی در سیستم است.

یادآوری ۲ - مجاز هستید نمونه سیمان مرجع را مجدداً نرم و برای آماده سازی بستر آزمون استفاده کنید، مشروط بر این‌که آن را خشک نگه دارید و تمام آزمون‌ها را در مدت ۴ ساعت پس از باز کردن نمونه سیمان مرجع انجام دهید.

### ۳-۲-۷ واسنجی دوباره

دستگاه باید دوباره واسنجی شود (یادآوری این بند را ببینید).

یادآوری - پیشنهاد می‌شود یک نمونه سیمان دیگری به عنوان نمونه‌ای با نرمی استاندارد برای واریسی نتایج اندازه‌گیری شده دستگاه بین واسنجی‌های منظم با نمونه سیمان مرجع تهیه شود.

۳-۲-۷-۱ در فواصل متناوب، مدتی که نباید بیشتر از ۲/۵ سال باشد، در صورت وجود فرسودگی در پیستون یا سلول یا شواهدی که نشان دهد داده‌های آزمون مطابق دقت و انحراف بند ۳-۶ نیست، اصلاحات لازم را انجام دهید.

۳-۲-۷-۲ در صورتی‌که هر کاستی در مقدار سیال مانومتر پیش آید یا تغییری در نوع یا کیفیت کاغذ صافی مورد استفاده در آزمون‌ها رخ دهد، واسنجی دوباره را مطابق بند ۳-۲-۵ انجام دهید.

### ۳-۳ روش انجام آزمون A

#### ۳-۳-۱ دمای سیمان

نمونه سیمان در زمان انجام آزمون باید دمای محیط را داشته باشد.

#### ۳-۳-۲ مقدار آزمون

وزن آزمون‌های که برای آزمون استفاده می‌شود باید برابر وزن نمونه استاندارد در آزمون واسنجی باشد، به جز هنگام تعیین نرمی سیمان نوع سه یا دیگر انواع سیمان پرتلند با نرمی زیاد که حجم آن‌ها برای چنین جرمی آن‌قدر زیاد است که فشار شست معمولی نمی‌تواند لبه پیستون را با بالای سلول تماس دهد، در چنین شرایطی وزن سیمان به مقداری است که بتواند یک بستر با تخلخل  $(0.005 \pm 0.030)$  ایجاد کند. هنگامی که تعیین نرمی برای موادی غیر از سیمان پرتلند و یا برای نمونه سیمان پرتلندی که نمی‌توان برای آن تخلخل خواسته شده را به‌دست آورد، به‌کار می‌رود. جرم نمونه سیمان باید به اندازه‌ای باشد که پس از فرآیند تراکم یک بستر متراکم به‌دست آید. به هر حال در هیچ حالتی نباید فشار بیش از شست دست یا فشاری که پس از آن پیستون به‌طرف بیرون جهش کند اعمال کرد.

#### ۳-۳-۳ تهیه بستر سیمان

بستر آزمون سیمان را مطابق بند ۳-۲-۵ تهیه کنید.

## ۴-۳-۳ آزمون‌های نفوذپذیری

آزمون‌های نفوذپذیری را مطابق بند ۳-۲-۶ انجام دهید، به استثناء این‌که در این آزمون فقط یک بار تعیین زمان عبور بر روی هر بستر لازم است.

## ۴-۳ محاسبه

۴-۳-۱ مقادیر سطح مخصوص را طبق معادله‌های زیر محاسبه کنید:

$$S = \frac{S_s \sqrt{T}}{\sqrt{T_s}} \quad (۳)$$

$$S = \frac{S_s \sqrt{\eta_s} \sqrt{T}}{\sqrt{T_s} \sqrt{\eta}} \quad (۴)$$

$$S = \frac{S_s (b - \varepsilon_s) \sqrt{\varepsilon^3} \sqrt{T}}{\sqrt{\varepsilon_s^3} \sqrt{T_s} (b - \varepsilon)} \quad (۵)$$

$$S = \frac{S_s (b - \varepsilon_s) \sqrt{\varepsilon^3} \sqrt{\eta} \sqrt{T}}{\sqrt{\varepsilon_s^3} \sqrt{T_s} \sqrt{\eta} (b - \varepsilon)} \quad (۶)$$

$$S = \frac{S_s \rho_s (b_s - \varepsilon_s) \sqrt{\varepsilon^3} \sqrt{T}}{\rho (b - \varepsilon) \sqrt{\varepsilon_s^3} \sqrt{T_s}} \quad (۷)$$

$$S = \frac{S_s \rho_s (b_s - \varepsilon_s) \sqrt{\eta_s} \sqrt{\varepsilon^3} \sqrt{T}}{\rho (b - \varepsilon) \sqrt{\varepsilon_s^3} \sqrt{T_s} \sqrt{\eta}} \quad (۸)$$

که در آن‌ها:

$S$  سطح مخصوص آزمون بر حسب متر مربع بر کیلوگرم؛

$S_s$  سطح مخصوص نمونه استاندارد که در واسنجی دستگاه به کار رفته است بر حسب مترمربع بر کیلوگرم (یادآوری ۱ را ببینید)؛

$T$  زمان اندازه‌گیری شده بین دو خط نشانه (۲ و ۳) که افت سیال مانومتر برای آزمون رخ دهد بر حسب ثانیه (یادآوری ۲ را ببینید)؛

$T_s$  زمان اندازه‌گیری شده بین دو خط نشانه (۲ و ۳) که افت سیال مانومتر برای نمونه استاندارد به کار رفته در واسنجی دستگاه رخ دهد بر حسب ثانیه (یادآوری ۲ را ببینید)؛

$\eta$  گرانی هوا در دمای انجام آزمون روی آزمون بر حسب میکروپاسکال ثانیه ( $\mu\text{Pa}\cdot\text{s}$ ) (یادآوری ۲ را ببینید)؛

$\eta_s$  گرانی هوا در دمای انجام آزمون روی نمونه استاندارد به کار رفته در واسنجی دستگاه بر حسب میکروپاسکال ثانیه ( $\mu\text{Pa}\cdot\text{s}$ ) - (یادآوری ۲ را ببینید)؛

$\varepsilon$  تخلخل بستر آماده شده آزمون (یادآوری ۲ را ببینید)؛

$\varepsilon_s$  تخلخل بستر آماده شده نمونه استاندارد به کار رفته در واسنجی دستگاه (یادآوری ۲ را ببینید)؛

$\rho$  چگالی آزمون (برای سیمان پرتلند باید مقدار  $۳/۱۵$  تن بر مترمکعب یا  $۳/۱۵$  گرم بر سانتی‌مترمکعب به کار رود)؛

$\rho_s$  چگالی نمونه استاندارد به کار رفته در واسنجی دستگاه ( $۳/۱۵$  تن بر مترمکعب یا گرم بر سانتی‌مترمکعب فرض می‌شود)؛

b ثابت معین متناسب با آزمونه (باید برای سیمان هیدرولیکی مقدار ۰/۹ به کار رود)؛  
 $b_s$  ۰/۹، ثابت متناسب با نمونه استاندارد.

یادآوری ۱- در گواهی نامه خرید نمونه های مرجع طبق استاندارد بند ۲-۴، مقدار سطح مخصوص مناسب ذکر شده است.

یادآوری ۲- مقادیر  $\sqrt{\eta}$ ،  $\sqrt{\varepsilon^3}$  و  $\sqrt{T}$  را می توان به ترتیب از جدول های شماره ۱ تا ۳ به دست آورد.

جدول ۲- مقادیر تخلخل بستر سیمان

تخلخل بستر $\varepsilon$	$\sqrt{\varepsilon^3}$	تخلخل بستر $\varepsilon$	$\sqrt{\varepsilon^3}$
۰/۴۹۶	۰/۳۴۹	۰/۵۰۹	۰/۳۶۳
۰/۴۹۷	۰/۳۵۰	۰/۵۱۰	۰/۳۶۴
۰/۴۹۸	۰/۳۵۱	۰/۵۲۵	۰/۳۸۰
۰/۴۹۹	۰/۳۵۲	۰/۵۲۶	۰/۳۸۱
۰/۵۰۰	۰/۳۵۴	۰/۵۲۷	۰/۳۸۳
۰/۵۰۱	۰/۳۵۵	۰/۵۲۸	۰/۳۸۴
۰/۵۰۲	۰/۳۵۶	۰/۵۲۹	۰/۳۸۵
۰/۵۰۳	۰/۳۵۷	۰/۵۳۰	۰/۳۸۶
۰/۵۰۴	۰/۳۵۸	۰/۵۳۱	۰/۳۸۷
۰/۵۰۵	۰/۳۵۹	۰/۵۳۲	۰/۳۸۸
۰/۵۰۶	۰/۳۶۰	۰/۵۳۳	۰/۳۸۹
۰/۵۰۷	۰/۳۶۱	۰/۵۳۴	۰/۳۹۰
۰/۵۰۸	۰/۳۶۲	۰/۵۳۵	۰/۳۹۱



## جدول ۳ - زمان عبور هوا

زمان عبور هوا بر حسب ثانیه،  $\sqrt{T}$  = فاکتور مورد استفاده در معادله

$T$	$\sqrt{T}$	$T$	$\sqrt{T}$	$T$	$\sqrt{T}$	$T$	$\sqrt{T}$	$T$	$\sqrt{T}$	$T$	$\sqrt{T}$
۲۶	۵٫۱۰	۵۱	۷٫۱۴	۷۶	۸٫۷۲	۱۰۱	۱۰٫۰۵	۱۵۱	۱۲٫۲۹	۲۰۱	۱۴٫۱۸
۲۶ ۱/۲	۵٫۱۵	۵۱ ۱/۲	۷٫۱۸	۷۶ ۱/۲	۸٫۷۵	۱۰۲	۱۰٫۱۰	۱۵۲	۱۲٫۳۳	۲۰۲	۱۴٫۲۱
۲۷	۵٫۲۰	۵۲	۷٫۲۱	۷۷	۸٫۷۷	۱۰۳	۱۰٫۱۵	۱۵۳	۱۲٫۳۷	۲۰۳	۱۴٫۲۵
۲۷ ۱/۲	۵٫۲۴	۵۲ ۱/۲	۷٫۲۵	۷۷ ۱/۲	۸٫۸۰	۱۰۴	۱۰٫۲۰	۱۵۴	۱۲٫۴۱	۲۰۴	۱۴٫۲۸
۲۸	۵٫۲۹	۵۳	۷٫۲۸	۷۸	۸٫۸۳	۱۰۵	۱۰٫۲۵	۱۵۵	۱۲٫۴۵	۲۰۵	۱۴٫۳۲
۲۸ ۱/۲	۵٫۳۴	۵۳ ۱/۲	۷٫۳۱	۷۸ ۱/۲	۸٫۸۶	۱۰۶	۱۰٫۳۰	۱۵۶	۱۲٫۴۹	۲۰۶	۱۴٫۳۵
۲۹	۵٫۳۹	۵۴	۷٫۳۵	۷۹	۸٫۸۹	۱۰۷	۱۰٫۳۴	۱۵۷	۱۲٫۵۳	۲۰۷	۱۴٫۳۹
۲۹ ۱/۲	۵٫۴۳	۵۴ ۱/۲	۷٫۳۸	۷۹ ۱/۲	۸٫۹۲	۱۰۸	۱۰٫۳۹	۱۵۸	۱۲٫۵۷	۲۰۸	۱۴٫۴۲
۳۰	۵٫۴۸	۵۵	۷٫۴۲	۸۰	۸٫۹۴	۱۰۹	۱۰٫۴۴	۱۵۹	۱۲٫۶۱	۲۰۹	۱۴٫۴۶
۳۰ ۱/۲	۵٫۵۲	۵۵ ۱/۲	۷٫۴۵	۸۰ ۱/۲	۸٫۹۷	۱۱۰	۱۰٫۴۹	۱۶۰	۱۲٫۶۵	۲۱۰	۱۴٫۴۹
۳۱	۵٫۵۷	۵۶	۷٫۴۸	۸۱	۹٫۰۰	۱۱۱	۱۰٫۵۴	۱۶۱	۱۲٫۶۹	۲۱۱	۱۴٫۵۳
۳۱ ۱/۲	۵٫۶۱	۵۶ ۱/۲	۷٫۵۲	۸۱ ۱/۲	۹٫۰۳	۱۱۲	۱۰٫۵۸	۱۶۲	۱۲٫۷۳	۲۱۲	۱۴٫۵۶
۳۲	۵٫۶۶	۵۷	۷٫۵۵	۸۲	۹٫۰۶	۱۱۳	۱۰٫۶۳	۱۶۳	۱۲٫۷۷	۲۱۳	۱۴٫۵۹
۳۲ ۱/۲	۵٫۷۰	۵۷ ۱/۲	۷٫۵۸	۸۲ ۱/۲	۹٫۰۸	۱۱۴	۱۰٫۶۸	۱۶۴	۱۲٫۸۱	۲۱۴	۱۴٫۶۳
۳۳	۵٫۷۴	۵۸	۷٫۶۲	۸۳	۹٫۱۱	۱۱۵	۱۰٫۷۲	۱۶۵	۱۲٫۸۵	۲۱۵	۱۴٫۶۶
۳۳ ۱/۲	۵٫۷۹	۵۸ ۱/۲	۷٫۶۵	۸۳ ۱/۲	۹٫۱۴	۱۱۶	۱۰٫۷۷	۱۶۶	۱۲٫۸۸	۲۱۶	۱۴٫۷۰
۳۴	۵٫۸۳	۵۹	۷٫۶۸	۸۴	۹٫۱۷	۱۱۷	۱۰٫۸۲	۱۶۷	۱۲٫۹۲	۲۱۷	۱۴٫۷۳
۳۴ ۱/۲	۵٫۸۷	۵۹ ۱/۲	۷٫۷۱	۸۴ ۱/۲	۹٫۱۹	۱۱۸	۱۰٫۸۶	۱۶۸	۱۲٫۹۶	۲۱۸	۱۴٫۷۶
۳۵	۵٫۹۲	۶۰	۷٫۷۵	۸۵	۹٫۲۲	۱۱۹	۱۰٫۹۱	۱۶۹	۱۳٫۰۰	۲۱۹	۱۴٫۸۰
۳۵ ۱/۲	۵٫۹۶	۶۰ ۱/۲	۷٫۷۸	۸۵ ۱/۲	۹٫۲۵	۱۲۰	۱۰٫۹۵	۱۷۰	۱۳٫۰۴	۲۲۰	۱۴٫۸۳
۳۶	۶٫۰۰	۶۱	۷٫۸۱	۸۶	۹٫۲۷	۱۲۱	۱۱٫۰۰	۱۷۱	۱۳٫۰۸	۲۲۱	۱۴٫۹۰
۳۶ ۱/۲	۶٫۰۴	۶۱ ۱/۲	۷٫۸۴	۸۶ ۱/۲	۹٫۳۰	۱۲۲	۱۱٫۰۵	۱۷۲	۱۳٫۱۱	۲۲۲	۱۴٫۹۷
۳۷	۶٫۰۸	۶۲	۷٫۸۷	۸۷	۹٫۳۳	۱۲۳	۱۱٫۰۹	۱۷۳	۱۳٫۱۵	۲۲۳	۱۵٫۰۳
۳۷ ۱/۲	۶٫۱۲	۶۲ ۱/۲	۷٫۹۱	۸۷ ۱/۲	۹٫۳۵	۱۲۴	۱۱٫۱۴	۱۷۴	۱۳٫۱۹	۲۲۴	۱۵٫۰۷
۳۸	۶٫۱۶	۶۳	۷٫۹۴	۸۸	۹٫۳۸	۱۲۵	۱۱٫۱۸	۱۷۵	۱۳٫۲۳	۲۲۵	۱۵٫۱۰
۳۸ ۱/۲	۶٫۲۰	۶۳ ۱/۲	۷٫۹۷	۸۸ ۱/۲	۹٫۴۱	۱۲۶	۱۱٫۲۲	۱۷۶	۱۳٫۲۷	۲۲۶	۱۵٫۱۳
۳۹	۶٫۲۴	۶۴	۸٫۰۰	۸۹	۹٫۴۳	۱۲۷	۱۱٫۲۷	۱۷۷	۱۳٫۳۰	۲۲۷	۱۵٫۱۶
۳۹ ۱/۲	۶٫۲۸	۶۴ ۱/۲	۸٫۰۳	۸۹ ۱/۲	۹٫۴۶	۱۲۸	۱۱٫۳۱	۱۷۸	۱۳٫۳۴	۲۲۸	۱۵٫۱۹
۴۰	۶٫۳۲	۶۵	۸٫۰۶	۹۰	۹٫۴۹	۱۲۹	۱۱٫۳۶	۱۷۹	۱۳٫۳۸	۲۲۹	۱۵٫۲۲
۴۰ ۱/۲	۶٫۳۶	۶۵ ۱/۲	۸٫۰۹	۹۰ ۱/۲	۹٫۵۱	۱۳۰	۱۱٫۴۰	۱۸۰	۱۳٫۴۲	۲۳۰	۱۵٫۲۵
۴۱	۶٫۴۰	۶۶	۸٫۱۲	۹۱	۹٫۵۴	۱۳۱	۱۱٫۴۵	۱۸۱	۱۳٫۴۵	۲۳۱	۱۵٫۲۸
۴۱ ۱/۲	۶٫۴۴	۶۶ ۱/۲	۸٫۱۵	۹۱ ۱/۲	۹٫۵۷	۱۳۲	۱۱٫۴۹	۱۸۲	۱۳٫۴۹	۲۳۲	۱۵٫۳۱
۴۲	۶٫۴۸	۶۷	۸٫۱۹	۹۲	۹٫۵۹	۱۳۳	۱۱٫۵۳	۱۸۳	۱۳٫۵۳	۲۳۳	۱۵٫۳۴
۴۲ ۱/۲	۶٫۵۲	۶۷ ۱/۲	۸٫۲۲	۹۲ ۱/۲	۹٫۶۲	۱۳۴	۱۱٫۵۸	۱۸۴	۱۳٫۵۶	۲۳۴	۱۵٫۳۷
۴۳	۶٫۵۶	۶۸	۸٫۲۵	۹۳	۹٫۶۴	۱۳۵	۱۱٫۶۲	۱۸۵	۱۳٫۶۰	۲۳۵	۱۵٫۴۰
۴۳ ۱/۲	۶٫۶۰	۶۸ ۱/۲	۸٫۲۸	۹۳ ۱/۲	۹٫۶۷	۱۳۶	۱۱٫۶۶	۱۸۶	۱۳٫۶۴	۲۳۶	۱۵٫۴۳
۴۴	۶٫۶۳	۶۹	۸٫۳۱	۹۴	۹٫۷۰	۱۳۷	۱۱٫۷۰	۱۸۷	۱۳٫۶۷	۲۳۷	۱۵٫۴۶
۴۴ ۱/۲	۶٫۶۷	۶۹ ۱/۲	۸٫۳۴	۹۴ ۱/۲	۹٫۷۲	۱۳۸	۱۱٫۷۵	۱۸۸	۱۳٫۷۱	۲۳۸	۱۵٫۴۹
۴۵	۶٫۷۱	۷۰	۸٫۳۷	۹۵	۹٫۷۵	۱۳۹	۱۱٫۷۹	۱۸۹	۱۳٫۷۵	۲۳۹	۱۵٫۵۲
۴۵ ۱/۲	۶٫۷۵	۷۰ ۱/۲	۸٫۴۰	۹۵ ۱/۲	۹٫۷۷	۱۴۰	۱۱٫۸۳	۱۹۰	۱۳٫۷۸	۲۴۰	۱۵٫۵۵
۴۶	۶٫۷۸	۷۱	۸٫۴۳	۹۶	۹٫۸۰	۱۴۱	۱۱٫۸۷	۱۹۱	۱۳٫۸۲	۲۴۱	۱۵٫۵۸
۴۶ ۱/۲	۶٫۸۲	۷۱ ۱/۲	۸٫۴۶	۹۶ ۱/۲	۹٫۸۲	۱۴۲	۱۱٫۹۲	۱۹۲	۱۳٫۸۶	۲۴۲	۱۵٫۶۱
۴۷	۶٫۸۶	۷۲	۸٫۴۹	۹۷	۹٫۸۵	۱۴۳	۱۱٫۹۶	۱۹۳	۱۳٫۸۹	۲۴۳	۱۵٫۶۴
۴۷ ۱/۲	۶٫۸۹	۷۲ ۱/۲	۸٫۵۱	۹۷ ۱/۲	۹٫۸۷	۱۴۴	۱۲٫۰۰	۱۹۴	۱۳٫۹۳	۲۴۴	۱۵٫۶۷
۴۸	۶٫۹۳	۷۳	۸٫۵۴	۹۸	۹٫۹۰	۱۴۵	۱۲٫۰۴	۱۹۵	۱۳٫۹۶	۲۴۵	۱۵٫۷۰
۴۸ ۱/۲	۶٫۹۶	۷۳ ۱/۲	۸٫۵۷	۹۸ ۱/۲	۹٫۹۲	۱۴۶	۱۲٫۰۸	۱۹۶	۱۴٫۰۰	۲۴۶	۱۵٫۷۳
۴۹	۷٫۰۰	۷۴	۸٫۶۰	۹۹	۹٫۹۵	۱۴۷	۱۲٫۱۲	۱۹۷	۱۴٫۰۴	۲۴۷	۱۵٫۷۶
۴۹ ۱/۲	۷٫۰۴	۷۴ ۱/۲	۸٫۶۳	۹۹ ۱/۲	۹٫۹۷	۱۴۸	۱۲٫۱۷	۱۹۸	۱۴٫۰۷	۲۴۸	۱۵٫۷۹
۵۰	۷٫۰۷	۷۵	۸٫۶۶	۱۰۰	۱۰٫۰۰	۱۴۹	۱۲٫۲۱	۱۹۹	۱۴٫۱۱	۲۴۹	۱۵٫۸۲
۵۰ ۱/۲	۷٫۱۱	۷۵ ۱/۲	۸٫۶۹	۱۰۰ ۱/۲	۱۰٫۰۲	۱۵۰	۱۲٫۲۵	۲۰۰	۱۴٫۱۴	۲۵۰	۱۵٫۸۵

۳-۴-۱ معادله‌های ۳ و ۴ باید در محاسبات نرمی سیمان‌های پرتلند متراکمی که دارای تخلخل یکسان با نمونه استاندارد می‌باشند، استفاده شوند. اگر دمای انجام آزمون روی آزمونه در محدوده  $\pm 3$  درجه سلسیوس دمای انجام آزمون واسنجی باشد باید از معادله ۳ و در غیر این صورت از معادله ۴ استفاده کنید.

۳-۴-۲ معادله‌های ۵ و ۶ باید در محاسبه نرمی سیمان‌های پرتلند متراکمی با تخلخلی غیر از نمونه استاندارد در آزمون واسنجی دارند، استفاده شوند. اگر دمای انجام آزمون روی آزمونه در محدوده  $\pm 3$  درجه سلسیوس دمای انجام آزمون واسنجی باشد باید از معادل ۵ استفاده و در غیر این صورت از معادله ۶ استفاده کنید.

۳-۴-۳ معادله‌های ۷ و ۸ باید در محاسبه نرمی موادی غیر از سیمان پرتلند به کار روند. اگر دمای انجام آزمون بر روی آزمونه در محدوده  $\pm 3$  درجه سلسیوس دمای انجام آزمون واسنجی باشد باید از معادله ۷ استفاده و در غیر این صورت از معادله ۸ استفاده کنید.

۳-۴-۴ پیشنهاد می‌شود مقادیر  $b$  روی حداقل سه نمونه تعیین شود که هر نمونه با حداقل چهار تخلخل متفاوت بیشتر از محدوده تخلخل ۰/۰۶ تهیه گردد. ضرائب همبستگی باید بیش از ۰/۹۹۷۰ برای ارتباط  $\sqrt{\varepsilon^3 T}$  در مقابل  $\varepsilon$  برای هر نمونه باشند (پیوست الف را ببینید).

۳-۴-۵ مقادیر سطح مخصوص را بر حسب مترمربع بر کیلوگرم محاسبه کنید. برای تبدیل سطح مخصوص از سانتی‌متر مربع بر گرم به مترمربع بر کیلوگرم کافی است آن را در ضریب ۰/۱ ضرب کنید.

۳-۴-۶ مقادیر بر حسب سانتی‌مترمربع بر گرم را تا نزدیک ده واحد و مقادیر بر حسب مترمربع بر کیلوگرم را تا نزدیک یک واحد گرد کنید.

مثال: ۳۴۴۷ سانتی‌مترمربع بر گرم به ۳۴۵۰ سانتی‌مترمربع بر گرم یا ۳۴۵ مترمربع بر کیلوگرم گرد می‌شود.

## ۳-۵ بیان نتایج

۳-۵-۱ برای سیمان‌های پرتلند و موادی با پایه سیمان پرتلند<sup>۱</sup>، نتیجه آزمون را با یک تعیین بر روی یک بستر گزارش کنید.

۳-۵-۲ برای مواد با نرمی خیلی زیاد و فواصل زمان طولانی، میانگین مقدار نرمی دو آزمون نفوذپذیری را گزارش کنید، مشروط براین که اختلاف دو نتیجه بیشتر از ۲٪ نباشد. در غیر این صورت مقادیر را در نظر بگیرید و آزمون را تکرار کنید تا اختلاف دو مقدار کمتر از ۲٪ باشد (یادآوری را ببینید).

یادآوری- عدم تطابق نتایج، نشان دهنده لزوم بررسی در روش کار و دستگاه است. «دستورالعمل آزمون سیمان» را ببینید.

## ۳-۶ دقت و انحراف

### ۳-۶-۱ دقت یک آزمایش گر

انحراف از استاندارد یک آزمایش گر برای سیمان‌های پرتلند ۱/۲٪ به دست آمده است (یادآوری را ببینید). بنابراین نتایج دو آزمون صحیح انجام شده توسط یک آزمایش گر بر روی نمونه مشابه نباید بیشتر از ۳/۴٪ میانگین‌شان اختلاف داشته باشد.

<sup>۱</sup>-Portland cement-based material

### ۳-۶-۲ دقت چند آزمایشگاهی

انحراف از استاندارد چند آزمایشگاهی برای سیمان‌های پرتلند ۲/۱٪ به دست آمده است (یادآوری را ببینید). بنابراین نتایج دو آزمایشگاه مختلف بر روی نمونه‌های یکسان یک ماده نباید بیشتر از ۶/۰٪ میانگین‌شان با یکدیگر اختلاف داشته باشند.

یادآوری-این اعداد ارائه شده، به ترتیب محدوده‌های 1S% و 2s% طبق استاندارد بند ۲-۲ است.

### ۳-۶-۳ انحراف

از آنجایی که مواد مرجع پذیرفته شده مناسبی برای تعیین انحراف این روش آزمون وجود ندارد، انحراف تعیین نشده است.

## ۴ روش آزمون B- دستگاه خودکار

### ۴-۱ دستگاه

روش آزمون خودکار را باید با دستگاهی که براساس اصول روش نفوذپذیری هوا «بلین» (یادآوری ۱ را ببینید) یا نفوذپذیری هوا روش لی و نرس<sup>۱</sup> (یادآوری ۲ را ببینید) طراحی شده است، به کار بگیرد.

یادآوری ۱- دستگاه خودکار معمولاً به یک ریزپردازنده که توانایی محاسبه، پردازش و نمایش نتایج آزمون را دارد، مجهز است. دستگاه‌های قابل دسترس تجاری ممکن است اختلاف قابل توجهی در ابعاد مانومتر و بستر سیمانی که توسط روش‌های استاندارد تعیین شده است، داشته باشد.

یادآوری ۲- نرخ جریان ثابت روش نفوذپذیری هوا «نلی و نرس» مطابق استاندارد بند ۲-۵ است.

### ۴-۲ واسنجی

برای واسنجی دستگاه از دستورالعمل تولید کننده پیروی کنید (یادآوری را ببینید). اگر دستگاه به بیشتر از یک سلول مجهز باشد، هر سلول لازم است جداگانه واسنجی شود. تولید کننده باید روش تهیه بستر و گام‌های لازم برای شروع اندازه‌گیری خودکار را به تفصیل شرح دهد. ضروری است، روش کار بیان شده دقیق و بدون کم و کاست برای همه آزمون‌ها انجام شود.

یادآوری- معمولاً تولید کننده دستگاه نمونه‌های استاندارد را که می‌توان برای واسنجی استفاده کرد، تامین می‌کند.

## ۴-۳ روش انجام آزمون B

### ۴-۳-۱ دمای سیمان

نمونه سیمان در هنگام آزمون باید دمای محیط را داشته باشد.

### ۴-۳-۲ مقدار آزمون

جرم آزمون باید برابر با جرم نمونه استاندارد آزمون واسنجی باشد. مگر این که سیمان‌هایی با چگالی یا تخلخل مختلف مورد آزمون قرار گیرند. در این صورت از راهنمای تولید کننده برای تعیین جرم پیروی کنید.

<sup>1</sup> -Lea and Nurse method

### ۳-۳-۴ آزمون‌های نفوذپذیری

آزمون‌های نفوذپذیری را مطابق همان روشی که برای آزمون‌های واسنجی استفاده می‌شود، انجام دهید. فقط یک بار تعیین زمان عبور بر روی هر بستر آماده شده لازم است.

### ۴-۴ الزامات اجرایی (شرایط) برای دستگاه خودکار بلین

#### ۱-۴-۴ هدف

وقتی که مقادیر سطح مخصوص تعیین شده توسط دستگاه خودکار بلین برای پذیرش یا عدم پذیرش سیمان استفاده می‌شود، روش استفاده شده باید با الزامات اجرایی این بند مطابقت داشته باشد. روش مطرح شده شامل دستگاه ویژه و روش آزمون مطابق با الزامات این استاندارد می‌باشد، و از روش متداول که توسط یک آزمایشگاه مشخص ارائه شده، استفاده کنید.

#### ۲-۴-۴ نمونه‌ها

دو نمونه سیمان که سطح مخصوص و چگالی آن‌ها در محدوده مطلوب آزمون قرار می‌گیرد، انتخاب کنید. محدوده سطح مخصوص نباید از ۲۰۰۰ سانتی‌مترمربع بر گرم (۲۰۰ مترمربع بر کیلوگرم) و چگالی از ۰٫۰۶ گرم بر سانتی‌مترمکعب (۶۰ تن بر مترمکعب) بیشتر باشد.

#### ۳-۴-۴ آزمون‌ها

نرمی هر نمونه سیمان را طبق روش آزمون A (روش مرجع) سه نوبت تعیین کنید. دومین نوبت از سه نوبت تعیین نرمی را طبق روش آزمون B و به انضمام معادله استانداردسازی بیان شده در بند ۴-۵ در یک روز انجام دهید. بستر جدید تهیه و همه گام‌های انجام آزمون برای هر تعیین نرمی را تکرار کنید. مقادیر را تا نزدیک ۱۰ سانتی‌مترمربع بر گرم (یک مترمربع بر کیلوگرم) گزارش کنید.

#### ۴-۴-۴ محاسبات

محدوده و میانگین سه نوبت تکرار آزمون را برای هر روش و هر سیمان محاسبه کنید. روشی با ویژگی‌های لازم مطابقت دارد که اختلاف مطلق بین مقدار میانگین روش آزمون A و مقدار میانگین متناظر آن با روش آزمون B (هر کدام با سه نوبت تکرار) بزرگ‌تر از ۲٫۷٪ میانگین روش آزمون A نباشد (یادآوری ۱ را ببینید) و محدوده برای هر سه آزمون تکرار شده نباید بیشتر از ۴٫۰٪ میانگین باشد (یادآوری ۲ را ببینید). روشی مناسب است که هر دو نمونه‌های سیمان طبق الزامات یاد شده باشد. در پیوست ب مثالی از داده‌های تعیین کیفیت ارائه شده است.

**یادآوری ۱-** این مقدار نشان می‌دهد که کمترین تفاوت مهم (1sd) برای ۹۵ درصد اطمینان به کار رفته با ضریب تغییر ۱٫۲٪ (دقت یک آزمایش‌گر) برای روش آزمون A که در بند ۳-۶ آمده است، طبق معادله (۹) محاسبه می‌شود.

$$1sd(95\%) = t_{0.05, df} \left[ \left( \frac{2CV^2}{n} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

که در آن:

df=۴، درجه آزادی، دو از هر دو دسته نتایج؛

n=۳، تعداد تکرارها؛

CV=۱٫۲٪، دقت یک آزمایش‌گر؛

t<sub>0.05, df=۲,۷۷۶</sub>، آمار برای ۵٪ احتمال با df=۴.

**یادآوری ۲-** این مقدار نشان می‌دهد که  $d2s\%$  برای سه تکرار طبق جدول ۱- استاندارد بند ۲-۲ محاسبه می‌شود. و ضریب تغییر ۱/۲٪ (دقت یک آزمایش گر) برای روش آزمون A که در بند ۳-۶ آمده است، به کار می‌رود.

#### ۵-۴ استانداردسازی

**۴-۵-۱** هنگامی که استانداردسازی به منظور دست یافتن به سازگاری بین دو روش "A" و "B" لازم است، استاندارد کردن دستگاه را طبق روش زیر انجام دهید:

**۴-۵-۱-۲** استانداردسازی جداگانه برای هر نوع سیمان مورد آزمون تهیه کنید. از نمونه‌های مرجعی که چگالی آن‌ها در محدوده ۰/۰۶ گرم بر سانتی‌مترمکعب (۶۰ تن بر مترمکعب) سیمان مورد آزمون می‌باشد، استفاده کنید و مشابه بستر متراکم کنید.

**۴-۵-۱-۳** برای هر استانداردسازی، پنج نمونه مرجع با حداقل نرمی در محدوده ۸۰۰ سانتی‌مترمربع بر گرم (۸۰ مترمربع بر کیلوگرم) و حداقل اختلاف ۵۰ سانتی‌مترمربع بر گرم (۵ مترمربع بر کیلوگرم) بین نمونه‌ها انتخاب کنید. اگر از نمونه‌های سیمانی که برای تعیین کیفیت به کار گرفته شده، استفاده می‌کنید، اندازه‌گیری‌های جدید را باید انجام دهید. از روش مشابهی که برای تعیین کیفیت دستگاه استفاده می‌شود، استفاده کنید و همه گام‌های آن را پیروی کنید. معادله‌های استانداردسازی معتبر باید به صورت ریاضی استخراج و برای همه نمونه‌ها اعمال شوند.

#### ۴-۶ تایید مجدد روش آزمون

**۴-۶-۱** حداقل یک‌بار در سال و هر زمانی که یکی از شرایط زیر اتفاق افتاد، صحت روش را دوباره کنترل کنید.

**۴-۶-۱-۱** تغییرات مهمی بر روی دستگاه انجام شده باشد.

**۴-۶-۱-۲** تعمیرات اساسی بر روی دستگاه انجام شده باشد.

**۴-۶-۱-۳** شواهد بارزی نشان دهد که روش آزمون، داده‌هایی مطابق با الزامات اجرایی را نمی‌دهد.

**۴-۶-۱-۴** میانگین نمونه آزمایشگاه مرجع سیمان و بتن (CCRL)<sup>۱</sup> از مقدار به‌دست آمده با روش آزمون بیشتر از ۶٪ اختلاف داشته باشد.

#### ۴-۷ دقت و انحراف

##### ۴-۷-۱ دقت

داده‌های دقت در این زمان موجود نیست. بر اساس الزامات کیفیتی، دقت روش نباید از روش A بیشتر باشد.

##### ۴-۷-۲ انحراف

از آنجایی که مواد مرجع پذیرفته شده مناسبی برای تعیین انحراف این روش آزمون وجود ندارد، انحراف تعیین نشده است.

#### ۵ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل موارد زیر باشد:

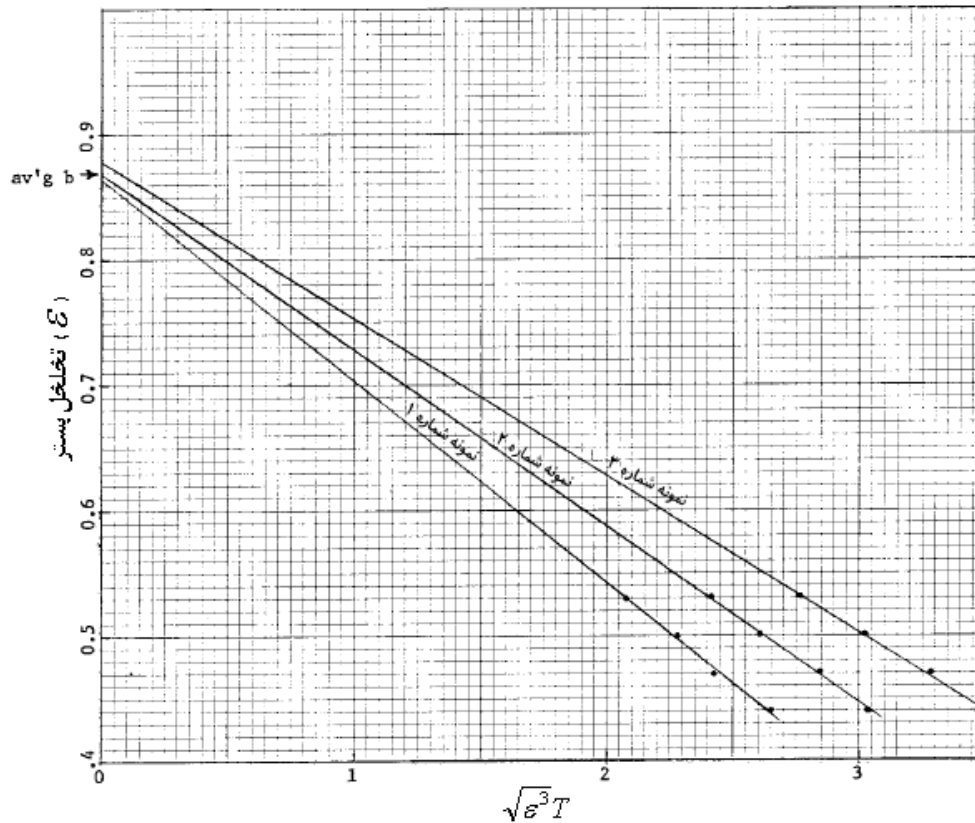
**۵-۱** انجام آزمون طبق استاندارد ملی ایران شماره ۳۹۰؛

<sup>۱</sup> - Cement and Concrete Referee Laboratory

- ۲-۵ تاریخ تحویل نمونه به آزمایشگاه؛
- ۳-۵ تاریخ انجام آزمون؛
- ۴-۵ شناسنامه محصول (شامل: نام تولیدکننده، تاریخ تولید، محل تولید و ... )؛
- ۵-۵ محل انجام آزمون؛
- ۶-۵ ذکر هرگونه موارد مغایر با این استاندارد؛
- ۷-۵ نام، نام خانوادگی و امضای آزمایش گر؛
- ۸-۵ نام، نام خانوادگی و امضای تاییدکننده.

## پیوست الف (اطلاعاتی)

تشریح روشی برای تعیین مقدار ثابت  $b$



نوع مصالح : پودر سیلیس

$\rho$  چگالی آزمونه ۲/۶۵ کیلوگرم بر متر مکعب

$V$  حجم توده لایه آزمونه ۱/۸۸۷ سانتی متر مکعب

$\epsilon$  تخلخل مورد نظر بستر آزمون

$W = \rho V(1 - \epsilon)$  جرم آزمونه مورد نیاز بر حسب گرم

$T$  فاصله زمانی اندازه گیری شده بر حسب ثانیه

مقادیر محاسبه شده برای  $b$  توسط رگرسیون خطی:

نمونه شماره ۱  $b = 0.863$  (ضریب همبستگی ۰/۹۹۸۰)

نمونه شماره ۲  $b = 0.869$  (ضریب همبستگی ۰/۹۹۹۳)

نمونه شماره ۳  $b = 0.879$  (ضریب همبستگی ۰/۹۹۷۳)

میانگین  $b = 0.870$

نمونه	$\epsilon$	$W$	$T$	$\sqrt{\epsilon^3 T}$
شماره ۱	۰/۵۳۰	۲/۳۵۰	۲۹/۰	۲/۰۷۸
	۰/۵۰۰	۲/۵۰۰	۴۲/۰	۲/۲۹۱
	۰/۴۷۰	۲/۶۵۰	۵۷/۵	۲/۴۴۳
	۰/۴۴۰	۲/۸۰۰	۸۲/۵	۲/۶۵۱
شماره ۲	۰/۵۳۰	۲/۳۵۰	۳۹/۰	۲/۴۱۰
	۰/۵۰۰	۲/۵۰۰	۵۵/۵	۲/۶۱۰
	۰/۴۷۰	۲/۶۵۰	۷۹/۰	۲/۸۴۶
	۰/۴۴۰	۲/۸۰۰	۱۰۸/۵	۳/۰۴۰
شماره ۳	۰/۵۳۰	۲/۳۵۰	۵۱/۵	۲/۷۶۹
	۰/۵۰۰	۲/۵۰۰	۷۳/۰	۳/۰۲۱
	۰/۴۷۰	۲/۶۵۰	۱۰۴/۰	۳/۲۸۶
	۰/۴۴۰	۲/۸۰۰	۱۴۱/۵	۳/۴۷۲

شکل الف-۱ تشریح روشی برای تعیین مقدار ثابت  $b$  (برای استفاده در محاسبات نرمی مواد به غیر از سیمان پرتلند)

پیوست ب  
(اطلاعاتی)

محدوده نتایج آزمون

جدول ب - ۱ محدوده نتایج آزمون

سیمان	شماره نوبت	روش آزمون "A" cm <sup>2</sup> /g (m <sup>2</sup> /g)	روش آزمون "B" cm <sup>2</sup> /g (m <sup>2</sup> /g)	اختلاف
الف	۱	۳۱۲۰ (۳۱۲)	۳۱۳۰ (۳۱۳)	
الف	۲	۳۱۳۰ (۳۱۳)	۳۱۶۰ (۳۱۶)	
الف	۳	۳۰۹۰ (۳۰۹)	۳۱۴۰ (۳۱۴)	
	میانگین	۳۱۱۳ (۳۱۱٫۳)	۳۱۴۳ (۳۱۴٫۳)	۳۰
	حداکثر محدوده	۴۰ (۴)	۳۰ (۳)	
	۴/۰٪ از میانگین	۱/۳٪ (عبوری)	۱/۰٪ (عبوری)	
	حداکثر اختلاف	$(30 \times 100) / 3113 =$		
	۲/۷٪ از میانگین روش آزمون A	یا		
		$(3 \times 100) / 311,3 =$		
		(عبوری) ۰/۹٪		
ب	۱	۴۱۸۰ (۴۱۸)	۴۱۶۰ (۴۱۶)	
ب	۲	۴۰۳۰ (۴۰۳)	۴۱۵۰ (۴۱۵)	
ب	۳	۴۰۶۰ (۴۰۶)	۴۲۱۰ (۴۲۱)	
	میانگین	۴۰۹۰ (۴۰۹٫۰)	۴۱۷۳ (۴۱۷٫۳)	۸۳
	حداکثر محدوده	۱۵۰	۶۰	
	۴/۰٪ از میانگین	۳/۷٪ (عبوری)	۱/۴٪ (عبوری)	
	حداکثر اختلاف	$(83 \times 100) / 4090 =$		
	۲/۷٪ از میانگین روش آزمون A	یا		
		$(8,3 \times 100) / 409 =$		
		(عبوری) ۲/۰٪		