INSO
6046
1st.Revision
2015

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۶۰۴۶
تجدید نظر اول
۱۳۹۳

بتن- تعیین زمان گیرش مخلوط‌های بتنی با اندازه‌گیری مقاومت در برابر نفوذ-روش آزمون

Concrete – Determination of time of setting of concrete mixtures by measurement of penetration resistance – Test Method

ICS: 91.100.30

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

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

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

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

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می کند . در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور ، از آخرین پیشرفت های علمی ، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود .

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون ، برای حمایت از مصرف کنندگان ، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی ، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی ، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید.

سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور ، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید . همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره ، آموزش ، بازرسی ، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی ، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش ، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم ، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند . ترویج دستگاه بین المللی یکاها ، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش ، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است .

1- International Organization for Standardization
2 - International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«بتن- تعیین زمان گیرش مخلوط‌های بتنی با اندازه‌گیری مقاومت در برابر نفوذ- روش آزمون»

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
عباسی رزگله، محمد حسین (کارشناس مهندسی مواد)	اداره کل نظارت بر اجرای استانداردهای صنایع غیرفلزی
دبیر:	
ارشد، بهمن (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
امیری، احمد (کارشناس مهندسی عمران)	شرکت بنیاد بتن آذرآبادگان
تقی‌زادیه، نادر (کارشناس ارشد زمین شناسی)	آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک اداره کل راه و شهرسازی آذربایجان شرقی
حیدرپور، هادی (کارشناس مهندسی عمران)	کارشناس
رواء، افشین (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی
ظهوری، رضا (کارشناس مهندسی عمران)	بتن‌آماده لطفی
عدالتی، حسین (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	بتن‌آماده آذران
مشاور، عاطف (کارشناس مهندسی عمران)	شرکت تکین ساز آزما
مشک‌آبادی، کامبیز (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر

موسوی، محمد
(کارشناس مهندسی عمران)
آزمایشگاه جهاد تحقیقات سهند

مهدی‌پور، مهدی
(کارشناس مهندسی عمران)
شرکت اتحاد بناب

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد ج
پیش گفتار ه
مقدمه و
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف ۲
۴ اصول آزمون ۲
۵ وسایل ۲
۶ نمونه‌برداری، آزمونه‌ها و واحدهای آزمون ۳
۷ عمل‌آوری ۵
۸ روش انجام آزمون ۵
۹ روش محاسبه ۸
۱۰ گزارش آزمون ۸
۱۱ دقت و اریبی ۹
پیوست الف (اطلاعاتی) مثال‌های ترسیمی ۱۱

پیش گفتار

استاندارد «بتن- تعیین زمان گیرش مخلوط‌های بتنی با اندازه‌گیری مقاومت در برابر نفوذ - روش آزمون» نخستین بار در سال ۱۳۸۱ تدوین شد. این استاندارد بر اساس پیشنهادهای رسیده و بررسی توسط سازمان ملی استاندارد ایران و تأیید کمیسیون‌های مربوط برای اولین‌بار مورد تجدید نظر قرار گرفت و در پانصد و هفتاد و چهارمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۹۳/۱۲/۱۲ 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، 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.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۶۰۴۶: سال ۱۳۸۱ می‌شود.

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

ASTM C403/C403M:2008, Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance

بتن- تعیین زمان گیرش مخلوط‌های بتنی با اندازه‌گیری مقاومت در برابر نفوذ- روش آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین زمان گیرش بتن دارای اسلامپ بیشتر از صفر از طریق اندازه‌گیری مقاومت در برابر نفوذ ملات الک‌شده از مخلوط بتنی است.

این استاندارد فقط زمانی کاربرد دارد که آزمون‌های انجام‌شده روی قسمت ملات بتن، اطلاعات موردنیاز را فراهم کند.

از آنجایی که گیرش بتن یک فرآیند تدریجی است، هر تعریفی از زمان گیرش لزوماً باید قرارداد شود. در این استاندارد، زمان موردنیاز برای دستیابی ملات به مقادیر مشخص مقاومت در برابر نفوذ به‌عنوان زمان گیرش درنظر گرفته شده است.

روش ارائه‌شده در این استاندارد در شرایط کنترل‌شده آزمایشگاهی و نیز شرایط کارگاهی قابل استفاده است.

این استاندارد برای ملات‌ها و دوغاب‌های آماده نیز کاربرد دارد. با این وجود، هنگام تعیین زمان گیرش بتن، آزمون باید روی ملات الک‌شده از مخلوط بتنی انجام شود و نه روی ملات آماده‌ای که برای شبیه‌سازی قسمت ملات بتن موردنظر است، زیرا مشخص شده است که هنگام استفاده از ملات آماده، زمان‌های گیرش اولیه و نهایی ممکن است افزایش پیدا کند.

این استاندارد، همچنین برای تعیین اثر متغیرهایی نظیر مقدار آب، نام تجاری، نوع و مقدار مواد سیمانی یا افزودنی روی زمان گیرش بتن کاربرد دارد. این استاندارد برای تعیین انطباق با الزامات زمان گیرش مشخص‌شده نیز کاربرد دارد.

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 و قبل از استفاده، محدودیت‌های اجرایی 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:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۵۸۱، بتن- ساخت و عمل‌آوری آزمونه‌های بتن در آزمایشگاه- آیین‌کار

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۳۸۲۳، روش آزمون تعیین اندازه‌گیری مقدار هوای موجود در بتن تازه (روش حجمی)

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

2-4 ASTM C143/C143M, Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete

2-5 ASTM C172, Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete

2-6 ASTM C231, Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method

2-7 ASTM C670, Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

2-8 ASTM D1558, Test Method for Moisture Content Penetration Resistance Relationships of Fine-Grained Soils

2-9 ASTM E11, Specification for Wire Cloth and Sieves for Testing Purposes

2-10 ASTM E2251, Specification for Liquid-in-Glass ASTM Thermometers with Low-Hazard Precision Liquids

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف تعیین‌شده در استاندارد ASTM C125 به‌کار می‌رود.

۴ اصول آزمون

با الک کردن نمونه معرف بتن تازه، یک نمونه ملات به‌دست می‌آید. ملات در ظرفی ریخته شده و در دمای محیطی مشخصی نگهداری می‌شود. در فاصله‌های زمانی منظم، مقاومت ملات در برابر نفوذ با سوزن‌های استاندارد اندازه‌گیری شده و زمان‌های گیرش اولیه و نهایی با ترسیم مقاومت نفوذ در برابر زمان سپری‌شده، تعیین می‌شود.

۵ وسایل

۵-۱ ظروف نگهداری آزمونه‌های ملات

ظروف باید صلب، نفوذناپذیر، غیر جاذب و عاری از روغن یا گریس با سطح مقطع استوانه‌ای یا مستطیلی باشد.

مساحت سطح ملات باید برای۱۰بار قرائت منظم مقاومت نفوذ طبق الزامات این استاندارد، کافی باشد. بعد جانبی و ارتفاع آن حداقل باید ۱۵۰mm باشد.

۵-۲ سوزن‌های نفوذ

سوزن‌ها را باید بتوان روی وسیله بارگذاری(۵-۳) سوار کرد و سطوح اتکایی آن‌ها باید برابر ۶۴۵، ۳۲۳، ۱۶۱، ۶۵، ۳۲ و ۱۶ میلی‌مترمربع باشد. بدنه هر سوزن باید به‌صورت محیطی در فاصله ۲۵mm از سطح اتکایی، علامت‌گذاری شود. طول سوزن با سطح اتکایی $16mm^2$، نباید بیش از ۹۰mm باشد.

۵-۳ وسیله بارگذاری

وسیله باید طوری ساخته شود که نیروی موردنیاز نفوذ سوزن‌ها را اندازه‌گیری کند. این وسیله باید بتواند نیروی نفوذ را با دقت ۱۰N اندازه‌گیری نماید و ظرفیت آن حداقل باید ۶۰۰N باشد.

یادآوری- وسیله بارگذاری از نوع فنری مطابق با استاندارد ASTM D1558 یا انواع دیگری که وسیله سنجش نیرو (نظیر بارسنج[1] الکترونیکی یا فشارسنج هیدرولیکی) در آن واسنجی شده است، می‌تواند مناسب باشد.

۵-۴ میله تراکم

میله تراکم باید فولادی، راست و مدور با قطر ۱۶mm و طول تقریبی ۶۰۰mm باشد، سر کوبشی میله یا هر دو انتهای آن باید به‌صورت مدور یا نیم‌کره‌ای با قطر ۱۶mm باشد.

۵-۵ پیپت

از پیپت یا هر وسیله مناسب دیگری برای برداشت آب روزده[2] از سطح آزمونه استفاده می‌شود.

۵-۶ دماسنج

دماسنج باید بتواند دمای ملات تازه را با دقت $\pm 0/5^{\circ}C$ اندازه‌گیری کند. استفاده از دماسنج‌های مایعی شیشه‌ای با گستره دمایی $^{\circ}C$(۲۰- تا ۵۰) و مطابق با الزامات استاندارد ASTM E2251 برای این منظور مناسب است. استفاده از سایر دماسنج‌ها نظیردماسنج غوطه‌ور در فلز با دقت موردنیاز نیز قابل قبول است.

۶ نمونه‌برداری، آزمونه‌ها و واحدهای آزمون

۶-۱ برای انجام آزمون‌ها تحت شرایط کارگاهی، سه آزمونه از هر نمونه بتن تهیه کنید.

۶-۲ برای انجام آزمون‌ها تحت شرایط آزمایشگاهی، تعداد آزمونه‌ها به هدف آزمون بستگی دارد.

۶-۲-۱ برای آزمون تایید انطباق مواد با الزامات عملکردی، برای هر متغیر مورد تحقیق حداقل سه پیمانه بتنی مجزا تهیه کنید. روی هر پیمانه، یک آزمون زمان گیرش انجام دهید. تعداد مساوی از پیمانه‌ها را برای هر متغیر مورد تحقیق در هر روز تهیه کنید. در صورتی که انجام حداقل یک آزمون برای هر متغیر در هر روز امکان‌پذیر نباشد، کل مجموعه پیمانه‌ها را در تعداد روزهای کمتری مخلوط کنید (در صورت امکان) و در هر روز یک مخلوط استاندارد برای مقایسه تهیه کنید.

1- Load cell
2- Bleed water

۶-۲-۲ برای سایر آزمون‌ها، برای هر متغیر مورد آزمون، حداقل سه آزمونه از یک پیمانه بتنی تهیه کنید.

۶-۳ زمان اولین تماس میان سیمان و آب اختلاط را ثبت کنید.

۶-۴ برای انجام آزمون‌ها تحت شرایط کارگاهی، یک نمونه معرف مطابق با استاندارد ASTM C172 از بتن تازه تهیه کنید. برای انجام آزمون‌ها تحت شرایط آزمایشگاهی، نمونه بتن را مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۵۸۱ تهیه نمایید. اسلامپ(طبق استاندارد ملی ایران شماره۵۸۱) و مقدار هوای(طبق استاندارد ملی ایران شماره ۳۸۲۳ یا استاندارد ASTM C231) بتن تازه را تعیین و ثبت کنید.

۶-۵ در صورت عدم استفاده از بتن در آزمون‌های اسلامپ و تعیین مقدار هوا، یک نمونه معرف با حجم کافی از بتن انتخاب کنید، به‌طوری که ملات کافی برای پر کردن ظرف آزمون یا ظرف‌هایی با عمق حداقل ۱۴۰mm را فراهم کند.

۶-۶ نمونه ملات را مطابق با استاندارد ASTM C172 از طریق الک کردن نمونه معرف بتن به روش تر با الک $۴/۷۵mm$[۱] روی یک سطح غیرجاذب، تهیه کنید.

۶-۷ ملات روی سطح غیرجاذب را به روش دستی کاملاً مخلوط نمایید. دمای ملات را اندازه‌گیری و ثبت کنید. ملات را در یک لایه در ظرف(هایی) بریزید. ملات را متراکم کنید تا حباب‌های هوا از آن خارج شده و سطح فوقانی آن را تراز کنید. این کار را می‌توان با تکان دادن ظرف به‌طرف جلو وعقب روی سطح صلب، ضربه‌زدن به جوانب ظرف با میله تراکم، میل‌زنی ملات و یا قرار دادن ظرف روی میز ارتعاش انجام داد (به یادآوری این بند مراجعه کنید). در صورت استفاده از میل‌زنی، ملات را با انتهای نیم‌کره‌ای میله تراکم، متراکم کنید. هر $۶۴۵mm^2$ از مساحت سطح آزمونه ملات را با یک ضربه متراکم نمایید و ضربه‌ها را به‌طور یکنواخت روی سطح مقطع آزمونه وارد کنید. پس از اتمام میل‌زنی، با میله تراکم به‌آرامی به جوانب ظرف‌ها ضربه بزنید تا حفره‌های باقی‌مانده در اثر میل‌زنی پر شده و دوباره سطح آزمونه را تراز کنید. پس از اتمام آماده‌سازی آزمونه، سطح ملات حداقل باید ۱۰mm پایین‌تر از لبه فوقانی ظرف باشد تا فضایی برای انباشت و برداشت آب روزده فراهم شود. از تماس میان سطح ملات و پوشش محافظ مشخص‌شده در بند ۷ جلوگیری کنید.

یادآوری- به‌طور کلی ملات الک‌شده روان بوده و حباب‌های هوا با روش‌های تراکم ذکر شده در بالا، به‌آسانی از بین می‌روند. انتخاب روش تراکم با کاربر است. تکان دادن ظرف یا ضربه‌زدن به جوانب ظرف برای ملات‌های روان کافی است. برای ملات‌های سفت‌تر بهتر است از میل‌زنی یا میز ارتعاش استفاده شود. هنگام استفاده از میز ارتعاش، دامنه نوسان آن کم باشد تا هیچ بخشی از نمونه از ظرف بیرون نریزد.

۷ عمل‌آوری

۷-۱ برای انجام آزمون تحت شرایط آزمایشگاهی، دمای نگهداری آزمونه‌ها باید در گستره $۲۰^{\circ}C$ تا ۲۵) باشد، یا

۱- الزامات این الک در استاندارد ASTM E11 تشریح شده است.

هر دمایی که کاربر مشخص نماید.

۷-۲ برای انجام آزمون‌ها در شرایط کارگاهی، آزمونه‌ها را تحت شرایط محیطی یا هر شرایطی که کاربر مشخص سازد، نگهداری کنید. آزمونه‌ها را از تابش مستقیم نور خورشید محافظت کنید.

۷-۳ دمای هوای محیط را در شروع و پایان آزمون اندازه‌گیری و ثبت کنید. به‌جز در مواقع برداشت آب روزده یا انجام آزمون‌های نفوذ، برای جلوگیری از تبخیر زیاد رطوبت، آزمونه‌ها را در مدت انجام آزمون با مواد مناسبی نظیر پارچه مرطوب یا روپوش نفوذناپذیر یا ناتراوا بپوشانید.

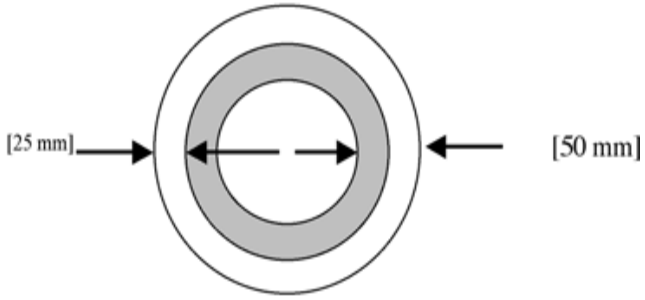
۸ روش انجام آزمون

۸-۱ درست قبل از انجام آزمون نفوذ، آب روزده را به‌وسیله پیپت یا ابزار مناسب از سطح آزمونه‌های ملات جمع کنید. برای تسهیل جمع‌آوری آب روزده، با قرار دادن بلوکی در زیر یک طرف آزمونه ۲ min قبل از برداشت آب، آن را با زاویه 10° نسبت به افق کج کنید.

۸-۲ سوزنی با اندازه مناسب بسته به درجه گیرش ملات در دستگاه مقاومت نفوذ نصب کنید و نوک سوزن را در تماس با سطح آزمونه قرار دهید. نیروی عمودی دستگاه بارگذاری را به‌تدریج و به‌طور یکنواخت به‌سمت پایین اعمال کنید تا سوزن به اندازه ۲۵(±۲)mm در ملات نفوذ کرده و به علامت نشانه‌گذاری‌شده روی سوزن برسد (به یادآوری ۲ مراجعه کنید). زمان موردنیاز برای نفوذ تا عمق ۲۵mm باید ۱۰(±۲)s باشد. نیروی موردنیاز برای اعمال نفوذ تا عمق ۲۵mm و مدت زمان آزمون که پس از اولین تماس سیمان با آب اندازه‌گیری می‌شود را ثبت کنید. مقاومت نفوذ را با تقسیم نیروی ثبت‌شده بر سطح اتکای سوزن محاسبه و ثبت کنید. در آزمون‌های نفوذ بعدی دقت کنید تا از نفوذ سوزن در محل‌هایی که با آزمون‌های قبلی تحت تأثیر قرار گرفته، خودداری شود. فاصله مشخص میان محل‌های اثر سوزن حداقل باید دو برابر قطر سوزن مورد استفاده بوده، ولی از ۱۵mm نباید کمتر باشد. فاصله مشخص میان محل اثر سوزن و کناره ظرف حداقل باید ۲۵mm بوده، ولی از ۵۰mm بیشتر نباشد(به شکل ۱مراجعه کنید).

یادآوری ۱- کاربر تقریباً ۸ بار می‌تواند آزمون نفوذ را روی یک ظرف استوانه‌ای با کوچک‌ترین قطر مجاز خارجی برابر ۱۵۰mm، انجام دهد. این کار مبتنی بر استفاده از سوزن‌هایی با مساحت سطحی ۱۳، ۶، ۲٫۵، ۱٫۳ و ۰٫۶ میلی‌مترمربع است.

یادآوری ۲- برای تسهیل تعیین زمان دست‌یابی به نفوذ موردنظر، ممکن است نشان‌گر متحرکی روی بدنه سوزن نصب شود. برای مثال می‌توان از گیره کاغذ یا نوارچسب روی بدنه سوزن استفاده کرد، طوری که منطبق بر علامت روی بدنه سوزن باشد. نشان‌گر نباید تداخلی در نفوذ سوزن به ملات ایجاد کند. بهتر است قبل از اعمال نفوذ، موقعیت نشان‌گر بررسی شود.



یادآوری- نواحی تیره‌رنگ برای نفوذهای مجاز سوزن است.

شکل ۱- نمای فوقانی آزمونه ملات

۸-۳ برای مخلوط‌های بتنی متعارف با دمای آزمایشگاهی C°(۲۰ تا ۲۵)، اولین آزمون را پس از سپری شدن h(۳ تا ۴) بعد از اولین تماس سیمان با آب، انجام دهید. بهتر است آزمون‌های بعدی در فاصله‌های زمانی h(۰٫۵تا ۱) انجام شود. برای مخلوط‌های بتنی حاوی مواد زودگیر کننده یا با دمای بالاتر از دمای آزمایشگاهی توصیه می‌شود، اولین آزمون را پس از سپری شدن h(۱ تا ۲) و آزمون‌های بعدی را در فاصله‌های زمانی ۰٫۵h انجام دهید. برای مخلوط‌های بتنی حاوی مواد کندگیر کننده یا با دمای پایین‌تر از دمای آزمایشگاهی، اولین آزمون را می‌توان تا سپری شدن h(۴ تا ۶) به تأخیر انداخت. در تمامی حالت‌ها، فاصله‌های زمانی میان آزمون‌های متوالی را می‌توان با توجه به میزان گیرش به مقدار لازم تغییر داد تا تعداد موردنیار نفوذ به‌دست آید.

۸-۴ برای هر آزمون تعیین زمان گیرش، حداقل ۶ بار عمل نفوذ را در فاصله‌های زمانی مناسب، انجام دهید، به‌طوری که منحنی مقاومت نفوذ در برابر زمان سپری‌شده، رضایت‌بخش تلقی شود (به یادآوری این بند مراجعه کنید). آزمون را ادامه دهید تا زمانی که حداقل قرائت مقاومت نفوذ برابر ۲۷٫۶MPa یا بیشتر شود.

یادآوری- منحنی رضایتبخش نشان‌گر بسط کلی مقاومت نفوذ بوده و برای افزایش دقت درون‌یابی موردنیاز، شامل نقاط قبل و بعد زمان‌های گیرش اولیه و نهایی نیز می‌باشد. برای مخلوط‌هایی با گیرش عادی، آزمون معمولاً در فاصله‌های زمانی برابر انجام می‌گیرد. انجام آزمون نفوذ قبل از موعد مقرر، داده‌های خیلی زیادی را زودتر از زمان گیرش اولیه به‌دست می‌دهد که ممکن است با انحراف بهترین خط برازش، دقت زمان گیرش تخمینی کاهش یابد، هنگامی که از تحلیل رگرسیون برای تحلیل داده‌های مقاومت نفوذ استفاده می‌شود.

۸-۵ رسم نتایج آزمون

از یکی از روش‌های زیر برای رسم نتایج آزمون و به‌دست آوردن زمان‌های گیرش استفاده کنید (به یادآوری این بند مراجعه کنید). پیوست الف، کاربرد این روش‌ها را نشان می‌دهد.

یادآوری- نمودار مقاومت نفوذ در برابر زمان سپری‌شده اطلاعاتی از میزان گیرش ارائه می‌کند. از نمودار می‌توان برای انتخاب زمان آزمون‌های بعدی نفوذ و شناسایی نتایج آزمون نادرست استفاده کرد. بنابراین توصیه می‌شود، داده‌های جمع‌آوری شده ترسیم شوند.

۸-۵-۱ با برازش دستی یک منحنی صاف روی داده‌ها، زمان گیرش را تعیین نمایید. در یک محور مختصات، مقاومت نفوذ را روی محور عرضی و مدت زمان سپری‌شده را روی محور طولی مشخص کنید. مقیاس محورها طوری باشد که حداقل فاصله ۱۵mm روی آن‌ها بیانگر ۳٫۵MPa (در محور عرضی) و ۱h(در محور طولی) باشد. مقادیر مقاومت نفوذ را به‌صورت تابعی از مدت زمان سپری‌شده رسم کنید.

۸-۵-۲ با تحلیل رگرسیون خطی لگاریتم داده‌ها توسط یک محاسبه‌گر مناسب، زمان گیرش را تعیین کنید. با استفاده از کاغذ رسم تمام لگاریتمی، در یک محور مختصات، مقاومت نفوذ را روی محور عرضی و مدت زمان سپری‌شده را روی محور طولی مشخص نمایید. حدود مقاومت نفوذ روی محور عرضی باید MPa(۰٫۱ تا۱۰۰) و حدود مدت زمان سپری‌شده روی محور طولی باید min(۱۰ تا۱۰۰۰) باشد. در صورت استفاده از مخلوط‌های کندگیر، حدود مدت زمان سپری‌شده می‌تواند min(۱۰۰ تا۱۰۰۰۰) باشد. مقادیر مقاومت نفوذ را به‌صورت تابعی از مدت زمان سپری‌شده رسم کنید (به یادآوری بند ۸-۴ مراجعه کنید).

۸-۵-۳ در صورت استفاده از رایانه برای ترسیم نتایج آزمون و تعیین زمان‌های گیرش با تحلیل رگرسیون داده‌ها، به‌صورت زیر عمل کنید: نتایج آزمون را به‌دست آورید، مقاومت نفوذ و مدت زمان را در رایانه وارد نموده و آن‌ها را به‌ترتیب روی محور عرضی و طولی رسم کنید. در صورتی که در نرم‌افزار فقط تحلیل رگرسیون خطی امکان‌پذیر باشد، با گرفتن لگاریتم داده‌ها، آن‌ها را تبدیل کنید. خط مستقیمی روی داده‌های تبدیل‌یافته برازش کنید (به معادله (۱) مراجعه کنید).

$$\mathrm{Log}\,(PR) = a + b\,\mathrm{Log}\,(t) \qquad (۱)$$

که در آن:

PR مقاومت نفوذ؛

t مدت زمان سپری‌شده؛

a و b ثابت‌های رگرسیون.

در صورتی که برازش مستقیم تابع توانی در نرم‌افزار امکان‌پذیر باشد، نیازی به تبدیل داده‌ها نیست (به معادله (۲) مراجعه کنید).

$$PR = ct^{d} \qquad (۲)$$

که در آن:

c و d ثابت‌های رگرسیون.

۸-۵-۴ در روش‌های ذکر شده در بندهای ۸-۵-۲ و ۸-۵-۳ فرض شده است که داده‌ها در معادله‌های ۱ یا ۲ صدق می‌کنند. داده‌ها را با یکی از این معادله‌ها تایید کنید. در صورتی که ضریب همبستگی تحلیل رگرسیون، پس از حذف نقاط جدا افتاده (به یادآوری بند ۹-۱ مراجعه کنید) کمتر از ۰٫۹۸ باشد، از روش ذکر شده در بند ۸-۵-۱ استفاده کنید.

۹ روش محاسبه

۹-۱ برای هر متغیر مورد تحقیق، نتایج حاصل از سه یا بیشتر آزمون‌های تعیین زمان گیرش را به‌صورت جداگانه ترسیم کنید. برای هر نمودار آماده شده طبق بند ۸-۵-۱، به‌صورت دستی منحنی صافی را روی نقاط داده‌ها برازش کنید و برای هر نمودار تهیه شده طبق بند ۸-۵-۲ و ۸-۵-۳ با استفاده از روش کوچک‌ترین مربعات، ثابت‌های بهترین برازش را در معادله‌های (۱) یا (۲) (هر کدام که کاربرد داشته باشد) به‌دست آورید. از نقاطی که به‌صورت مشخص از مسیر سایر نقاط جدا شود، صرفنظر کنید (به یادآوری این بند مراجعه کنید).

یادآوری- جدا افتادگی نقاط می‌تواند در اثر عواملی مانند انسدادهای ناشی از ذرات درشت در ملات، وجود حفره‌های بزرگ در ناحیه مورد آزمون نفوذ، تداخل‌های ناشی از اثرهای ایجاد شده با نفوذهای مجاور، عدم نگهداری وسیله آزمون به‌صورت عمود بر سطح آزمون در مدت اعمال نفوذ، خطا در قرائت بار، تغییر در عمق‌های نفوذ یا تغییر در نرخ بارگذاری ایجاد شود. شناسایی این نقاط بر عهده کاربر است و نباید در تحلیل داده‌ها لحاظ شوند.

۹-۲ برای هر نمودار، زمان‌های گیرش اولیه و نهایی را بر حسب زمانی که مقاومت نفوذ به‌ترتیب برابر ۳٫۵MPa و ۲۷٫۶MPa می‌شود، تعیین کنید. برای نمودارهای تهیه شده طبق بند ۸-۵-۱، زمان‌های گیرش را با بازرسی چشمی منحنی‌های رسم شده، تعیین کنید. برای نمودارهای تهیه شده طبق بند ۸-۵-۲ یا ۸-۵-۳، زمان‌های گیرش را با درون‌یابی بهترین برازش معادله رگرسیون، تعیین نمایید. زمان‌های گیرش را بر حسب ساعت و دقیقه و با دقت 5min ثبت کنید.

۹-۳ برای هر متغیر مورد تحقیق، زمان‌های گیرش اولیه و نهایی را به‌صورت میانگین مقادیر حاصل از نتایج مجزای آزمون، محاسبه کنید. میانگین زمان‌های گیرش را بر حسب ساعت و دقیقه و با دقت 5min ثبت کنید.

۱۰ گزارش آزمون

۱۰-۱ اطلاعات مربوط به مخلوط بتن

اطلاعات زیر را برای مخلوط بتن گزارش کنید:

۱۰-۱-۱ ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛

۱۰-۱-۲ نام تجاری و نوع مواد سیمانی، مقدار (جرم) مواد سیمانی، سنگدانه ریز و درشت در هر مترمکعب بتن، حداکثر اندازه اسمی سنگدانه و نسبت آب به سیمان یا مواد سیمانی؛

۱۰-۱-۳ نام، نوع و مقدار مواد افزودنی به‌کار رفته؛

۱۰-۱-۴ مقدار هوای بتن تازه و روش تعیین آن؛

۱۰-۱-۵ اسلامپ بتن؛

۱۰-۱-۶ دمای ملات پس از الک کردن؛

۱۰-۱-۷ سوابق دمای محیطی در مدت انجام آزمون؛

۱۰-۱-۸ تاریخ آزمون.

۱۰-۲ نتایج آزمون گیرش

اطلاعات زیر را برای آزمون‌های زمان گیرش گزارش کنید:

۱۰-۲-۱ ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛

۱۰-۲-۲ نمودار مقاومت نفوذ در برابر مدت زمان سپری‌شده برای هر آزمون زمان گیرش؛

۱۰-۲-۳ زمان‌های گیرش اولیه و نهایی برای هر آزمون، که بر حسب ساعت و دقیقه و با دقت 5min گزارش می‌شود؛

۱۰-۲-۴ میانگین زمان‌های گیرش اولیه و نهایی برای هر وضعیت آزمون، که بر حسب ساعت و دقیقه و با دقت 5min گزارش می‌شود.

۱۱ دقت و اریبی[1]

۱۱-۱ برای تهیه بیانیه دقت، برآوردهای زمان گیرش با هر دو روش ترسیمی و تحلیل رگرسیون تعیین شده است. دمای آزمایشگاهی که در آن مخلوط‌های بتنی الک‌شده تا قسمت ملات آن برای اندازه‌گیری مقاومت نفوذ، جدا شود، در مدت انجام آزمون نوبت‌گردشی[2] در $23\pm1^{\circ}C$ حفظ شده است.

۱۱-۲ مقادیر دقت بر اساس یک مطالعه بین‌آزمایشگاهی شامل پنج کاربر و سه مخلوط بتن، به‌دست آمده است. میانگین زمان گیرش اولیه بین min(۱۶۹و۲۵۲) و میانگین زمان گیرش نهایی بین min(۲۴۰ و۳۴۱) متغیر است. هر کاربر، آزمون را سه‌بار روی آزمونه‌های ساخته شده با یک پیمانه مجزا از هر مخلوط، تکرار کرده است.

۱۱-۳ دقت یک کاربر

انحراف‌های معیار یک کاربر روی یک نتیجه مجزای آزمون در جدول۱ ارائه شده است. نتایج دو آزمون که به درستی توسط یک کاربر انجام شده است، انتظار نمی‌رود بیش از مقادیر ارائه شده در ستون سوم جدول۱ متفاوت باشند. این روش آزمون نیازمند گزارش سه نتیجه آزمون است. گستره (تفاضل میان بیشترین و کمترین) سه نتیجه آزمون که توسط یک کاربر روی آزمونه‌های ساخته شده با یک پیمانه از بتن انجام شده است، انتظار نمی‌رود از مقادیر ارائه شده در ستون چهارم جدول۱ بیشتر باشد.

۱۱-۴ دقت چند کاربر

انحراف‌های معیار چند کاربر روی یک نتیجه مجزای آزمون در جدول۲ ارائه شده است. نتایج دو آزمون که به درستی توسط کاربرهای مختلف روی یک مواد انجام شده است، انتظار نمی‌رود بیش از مقادیر ارائه شده در ستون سوم جدول۲ متفاوت باشند. میانگین‌های سه نتیجه آزمون که توسط دو کاربر مختلف روی آزمونه‌های ساخته شده با یک پیمانه مجزا از یک بتن انجام شده است، انتظار نمی‌رود بیش از مقادیر ارائه شده در ستون چهارم جدول۲ متفاوت باشند.

1- Bias
2- Round robin test

جدول ۱- دقت یک کاربر

زمان گیرش	انحراف معیار یک کاربر[a] min	اختلاف قابل قبول میان دو نتیجه آزمون[a] min	گستره قابل قبول میان سه نتیجه آزمون[b] min
اولیه	۳٫۵	۹٫۸	۱۱٫۴
نهایی	۴٫۴	۱۲٫۵	۱۴٫۶

[a] این اعداد به‌ترتیب بیانگر حدود (1s) و (d2s) در استاندارد ASTM C670 هستند.
[b] مطابق استاندارد ASTM C670 محاسبه شده است.

جدول ۲- دقت چند کاربر

زمان گیرش	انحراف معیار چندکاربر[a] min	اختلاف قابل قبول میان دو نتیجه آزمون[a] min	اختلاف قابل قبول میان میانگین سه نتیجه آزمون[b] min
اولیه	۶٫۹	۱۹٫۴	۱۱٫۱
نهایی	۱۰٫۱	۲۸٫۷	۱۶٫۴

[a] این اعداد به‌ترتیب بیانگر حدود (1s) و (d2s) در استاندارد ASTM C670 هستند.
[b] مطابق استاندارد ASTM C670 محاسبه شده است.

۱۱-۵ اریبی این روش آزمون را نمی‌توان تعیین کرد، زیرا زمان‌های گیرش فقط بر اساس این روش آزمون تعیین می‌شوند.

پیوست الف
(اطلاعاتی)
مثال‌های ترسیمی

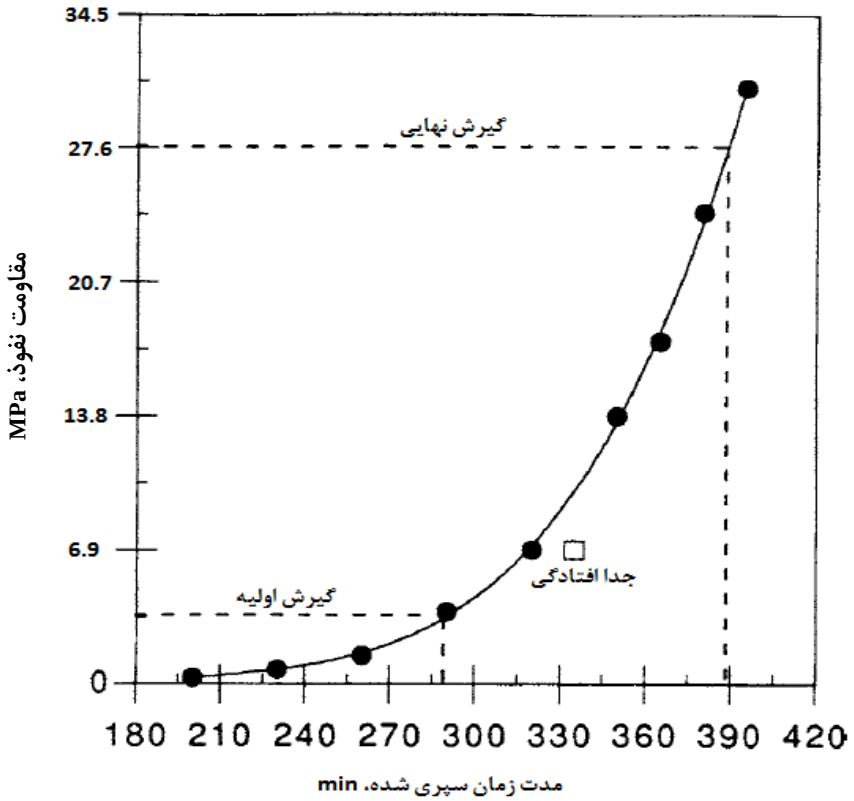
الف-۱ از داده‌های مربوط به مقاومت نفوذ (PR) و مدت زمان سپری شده (t) که در جدول الف۱ ارائه شده است، برای نمایش روش‌های تعیین زمان‌های گیرش استفاده شده است.

الف-۲ برازش دستی

شکل الف۱، نمودار مقاومت نفوذ در برابر مدت زمان سپری شده را بر اساس داده‌های جدول الف۱ ارائه می‌کند. به‌روش دستی منحنی صافی روی داده‌های آزمون رسم می‌شود، به‌طوری که از نظر چشمی بهترین منحنی برازش به‌دست آید. توجه کنید که مقاومت نفوذ مربوط به زمان ۳۳۵min به‌صورت مشخص از مسیر سایر نقاط جدا شده است، بنابراین برای رسم بهترین منحنی برازش از این نقطه صرفنظر می‌شود. به‌ازای مقادیر مقاومت نفوذ برابر با ۳٫۵MPa و ۲۷٫۶MPa خطوط افقی رسم می‌شود که محل تقاطع این خطوط با منحنی، زمان‌های گیرش اولیه و نهایی را تعیین می‌کند، که در این مثال به‌ترتیب برابر ۲۸۹min و ۳۸۹min است.

جدول الف۱- داده‌های مقاومت نفوذ

مقاومت نفوذ (PR) MPa	مدت زمان سپری شده min	Log (PR)	Log (t)
۰٫۳	۲۰۰	-۰٫۵۲۳	۲٫۳۰۱
۰٫۷۶	۲۳۰	-۰٫۱۲	۲٫۳۶۲
۱٫۴۹	۲۶۰	۰٫۱۷۳	۲٫۴۱۵
۳٫۷۲	۲۹۰	۰٫۵۷۱	۲٫۴۶۲
۶٫۹	۳۲۰	۰٫۸۴۰	۲٫۵۰۵
۶٫۹	۳۳۵	۰٫۸۴۰	۲٫۵۲۵
۱۳٫۸	۳۵۰	۱٫۱۴۰	۲٫۵۴۴
۱۷٫۶۴	۳۶۵	۱٫۲۴۶	۲٫۵۶۲
۲۴٫۳	۳۸۰	۱٫۳۸۶	۲٫۵۸۰
۳۰٫۶	۳۹۵	۱٫۴۸۶	۲٫۵۹۷



شکل الف۱- نمودار مقاومت نفوذ در برابر مدت زمان سپری شده و برازش دستی منحنی برای تعیین زمان گیرش (بدون مقیاس واقعی)

الف-۳ تحلیل رگرسیون

الف-۳-۱ شکل الف۲، نمودار تمام لگاریتمی مقاومت نفوذ در برابر مدت زمان سپری شده را ارائه می‌کند. نمودار نشان می‌دهد که به استثنای نقطه جدا افتاده، تقریباً یک رابطه خطی مستقیم میان لگاریتم‌های مقاومت نفوذ و مدت زمان سپری شده وجود دارد. خط مستقیم با تحلیل رگرسیون خطی لگاریتم‌های ارائه شده در ستون‌های سوم و چهارم جدول الف۱ به‌دست آمده است. معادله این خط به‌صورت زیر می‌باشد:

$$\text{Log}\,(PR) = -16.301 + 6.489\ \text{Log}\,(t) \qquad \text{(الف۱)}$$

که در آن:

PR مقاومت نفوذ؛ و

t مدت زمان سپری شده.

ضریب همبستگی برابر ۰٫۹۹۹ است، بنابراین، استفاده از تحلیل رگرسیون خطی قابل قبول است.

الف-۳-۲ با بازنویسی معادله (الف۱) به‌صورت زیر، زمان‌های گیرش را به‌دست آورید:

$$Log(t) = \frac{Log(PR) + 16.301}{6.849} \qquad \text{(الف۲)}$$

الف-۳-۳ برای تعیین زمان گیرش اولیه، مقدار *PR* مربوط (۳٫۵ MPa) را در معادله (الف۲) جاگذاری کنید:

$$Log(t) = \frac{Log3.5 + 16.301}{6.849} = \frac{0.54 + 16.301}{6.849} = 2.458 \qquad \text{(الف۳)}$$

بنابراین زمان گیرش اولیه به‌صورت زیر تعیین می‌شود:

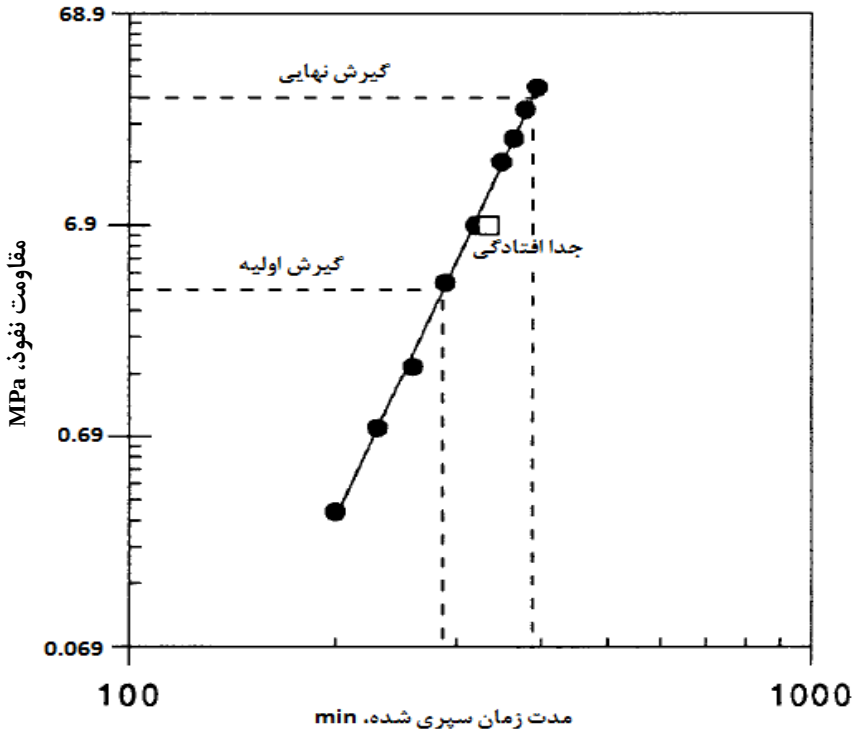
$$t = (10)^{2.458} = 287\ \text{min}$$

الف-۳-۴ برای تعیین زمان گیرش نهایی، مقدار *PR* مربوط (۲۷٫۶ MPa) را در معادله (الف۲) جاگذاری کنید:

$$Log(t) = \frac{Log27.6 + 16.301}{6.849} = \frac{1.44 + 16.301}{6.849} = 2.590 \qquad \text{(الف۴)}$$

بنابراین زمان گیرش نهایی به‌صورت زیر تعیین می‌شود:

$$t = (10)^{2.590} = 389\ \text{min}$$



شکل الف۲- نمودار تمام لگاریتمی و برازش خط مستقیم با استفاده از تحلیل رگرسیون برای تعیین زمان گیرش