



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۷۷۳۱

چاپ اول

۱۳۹۲

INSO

17731

1st.Edition

2014

مقاومت خمشی بتن با استفاده از تیر ساده  
با بارگذاری نقطه‌ای در مرکز-روش آزمون

**Flexural strength of concrete using simple  
beam with center-point loading-  
Test method**

ICS: 91.100.30

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

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذیصلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و / یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) و 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

«مقاومت خمشی بتن با استفاده از تیر ساده با بارگذاری نقطه‌ای در مرکز- روش آزمون»

### رئیس:

ارشد، بهمن

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

### سمت و / یا نمایندگی

اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی

### دبیر:

مشاور، عاطف

(کارشناس مهندسی عمران)

شرکت تکین ساز آزما

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

امیری، احمد

(کارشناس مهندسی عمران)

شرکت بنیاد بتن آذربادگان

بهکام، علیرضا

(کارشناس مهندسی عمران)

شرکت معیارگستر صدر

پوریابا، مسعود

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه

تقی زاده، نادر

(کارشناس ارشد زمین شناسی)

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک اداره کل

راه و شهرسازی استان آذربایجان شرقی

حیدرپور، هادی

(کارشناس مهندسی عمران)

کارشناس

روا، افشین

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی

زیرک‌کار، سهراب

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

سازمان عمران شهرداری تبریز

شرکت مهندسين مشاور خاک آب تحليل	سامانی، ایوب (کارشناس مهندسی عمران)
بتن آماده لطفی	ظهوری، رضا (کارشناس مهندسی عمران)
مجتمع تولیدی امامیه سپاه	عدالتی، حسین (کارشناس ارشد مهندسی عمران)
اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی	فرشی حق رو، ساسان (کارشناس ارشد مهندسی عمران)
دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر	مشک آبادی، کامبیز (کارشناس ارشد مهندسی عمران)
آزمایشگاه عمران سنجش میزان	موسایی، اصغر (کارشناس معماری)
آزمایشگاه جهاد تحقیقات سپهند	موسوی، محمد (کارشناس مهندسی عمران)
سازمان نظام مهندسی ساختمان استان آذربایجان شرقی	مهديزاده، کامران (کارشناس ارشد مهندسی عمران)
اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی	وليزاده، وحيد (کارشناس ارشد مهندسی عمران)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ وسایل آزمون
۳	۴ اصول آزمون
۳	۵ روش انجام آزمون
۴	۶ اندازه گیری نمونه‌ها پس از آزمون
۵	۷ محاسبات
۵	۸ گزارش آزمون
۶	۹ دقت و اریبی

## پیش گفتار

استاندارد «مقاومت خمشی بتن با استفاده از تیر ساده با بارگذاری نقطه‌ای در مرکز- روش آزمون» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط شرکت تکین ساز آزما تهیه و تدوین شده است و در چهارصد و هفتاد و دومین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۹۲/۱۱/۲۰ 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 مأخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ASTM C293/C293M:2010, Flexural strength of concrete using simple beam with center-point loading— Test method

# مقاومت خمشی بتن با استفاده از تیر ساده با بارگذاری نقطه‌ای در مرکز- روش آزمون

## ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین مقاومت خمشی آزمون‌های بتن با استفاده از یک تیر ساده با بارگذاری نقطه‌ای در مرکز است.

این استاندارد، برای تعیین مدول گسیختگی نمونه‌هایی که مطابق با استاندارد ASTM C31/C31M یا استاندارد ملی ایران شماره ۸۱۲۹ عمل‌آوری و آماده می‌شوند، کاربرد دارد. مقاومت تعیین‌شده با تغییر در ابعاد نمونه، آماده‌سازی، شرایط رطوبتی یا عمل‌آوری، متفاوت خواهد بود.

نتایج این روش آزمون می‌تواند برای تعیین انطباق با ویژگی‌ها یا به عنوان مبنایی برای تعیین نسبت‌های مصالح، عملیات اختلاط و بتن‌ریزی، به کار رود. مقادیر مقاومت خمشی به دست آمده با این روش، بزرگتر از مقادیر تعیین شده طبق استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۰ می‌باشد.

یادآوری ۱- این روش جایگزین روش آزمون استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۰ نمی‌باشد.

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

## ۲ مراجع الزامی

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

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و 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 ۴۹۰، بتن- مقاومت خمشی بتن (با استفاده از میله سه شاخه‌ای)- روش آزمون

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۸۱۲۹، بتن- ساخت نمونه‌های استوانه‌ای و منشوری جهت تعیین مقاومت و چگالی بتن پیش‌آکنده در آزمایشگاه- آیین کار

2-3 ASTM C31/C31M, Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field

2-4 ASTM C617, Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens

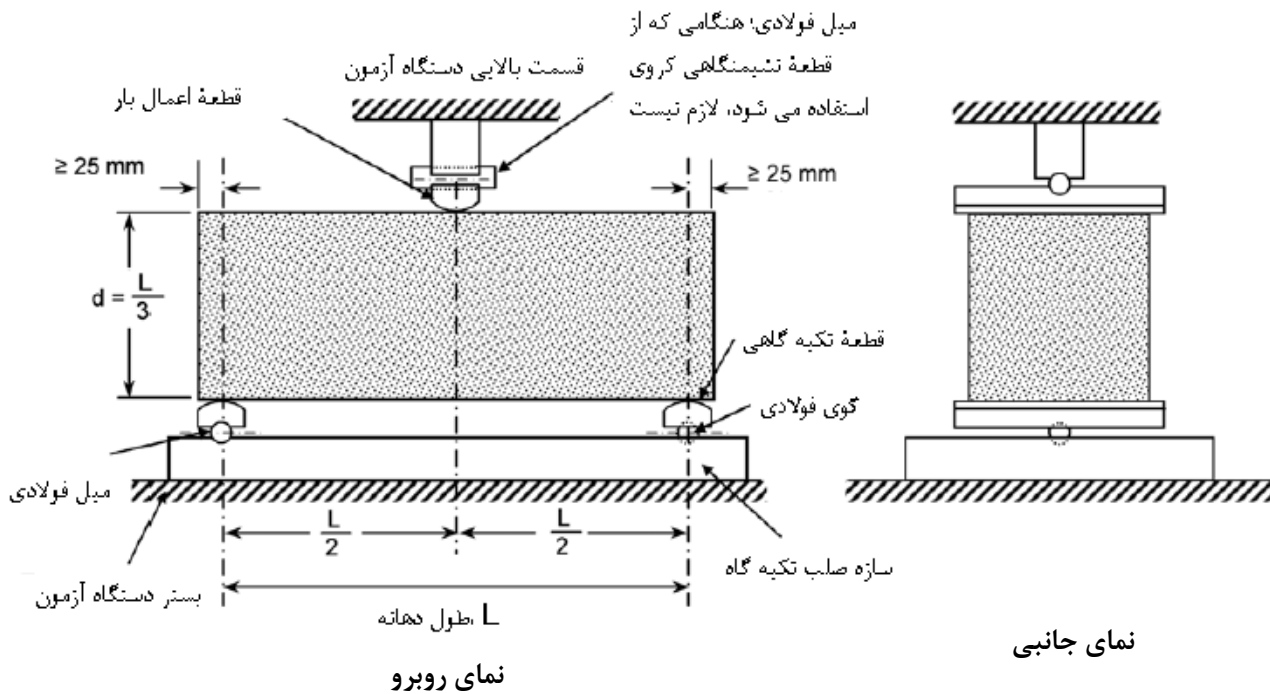
2-5 ASTM C1077, Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Laboratory Evaluation

2-6 ASTM E4, Practices for Force Verification of Testing Machines

### ۳ وسایل آزمون

۱-۳ دستگاه آزمون باید مطابق با الزامات بخش‌های مربوط به مبنای تایید، اصلاحات و فاصله زمانی بین تاییدها، در استاندارد ASTM E4 باشد. دستگاه‌های آزمون راه‌اندازی شده با دست، با پمپ‌هایی که نتوانند بارگذاری پیوسته تا مرحله گسیختگی را در یک ضربه فراهم کنند، مجاز نیستند. پمپ‌های موتوری یا پمپ‌های جابجایی راه‌اندازی شده با دست، در صورت داشتن حجم کافی که در یک ضربه پیوسته تا اتمام آزمون نیازی به تجدید سوخت ندارند، مجاز هستند و باید قادر به اعمال بارهایی با سرعت یکنواخت بدون شوک یا انقطاع، باشند.

۲-۳ وسیله بارگذاری، مکانیزمی که توسط آن نیروها به آزمونه اعمال می‌شود، باید دارای یک قطعه اعمال بار و دو قطعه تکیه‌گاه آزمونه، باشد. باید اطمینان حاصل شود که تمامی نیروها به صورت عمودی و بدون خروج از مرکزیت<sup>۱</sup> بر سطح آزمونه اعمال می‌شود. طرح دستگاه آزمونی که به این منظور استفاده می‌شود در شکل ۱ نشان داده شده است.



یادآوری - دستگاه ممکن است به صورت وارونه استفاده شود.

شکل ۱- طرح شماتیک یک دستگاه مناسب برای آزمون خمش بتن با استفاده از روش بارگذاری نقطه‌ای در مرکز

1- Eccentricity



۳-۲-۱ تمامی دستگاه‌ها برای انجام آزمون‌های خمشی با بارگذاری نقطه‌ای در مرکز، باید مشابه شکل ۱ بوده، و طول دهانه و موقعیت مرکزی قطعه اعمال بار با توجه به قطعات تکیه‌گاهی ثابت در گستره  $\pm 1 \text{ mm}$  حفظ شود.

۳-۲-۲ در تمام طول آزمون عکس‌العمل‌ها باید موازی با راستای بار اعمال شده باشند، و نسبت فاصله افقی میان نقطه اعمال بار و نزدیکترین عکس‌العمل، به ارتفاع تیر باید برابر  $2\% \pm 1.5$  باشد.

۳-۲-۳ قطعات تکیه‌گاهی و اعمال بار نباید ارتفاعی بیش از  $65 \text{ mm}$  داشته باشند، که از مرکز یا محور نقطه اتکاء<sup>۱</sup>، اندازه‌گیری می‌شود، و باید در سرتاسر عرض کامل آزمون، ادامه داشته باشند. سطوح سخت تکیه‌گاهی در تماس با آزمون نباید بیش از  $0.5 \text{ mm}$  انحراف از تختی داشته باشند و باید بخشی از یک استوانه بوده، و محور آن منطبق با محور میله<sup>۲</sup> یا مرکز گوی<sup>۳</sup> باشد، که هر یک از قطعات روی آن می‌چرخد. زاویه مقابل با سطح منحنی هر یک از قطعات حداقل باید  $45^\circ$  باشد. قطعات تکیه‌گاهی و اعمال بار باید در یک موقعیت عمودی و در تماس با میله یا گوی به وسیله پیچ‌های فنری که آنها را در تماس با میله اتکاء یا گوی نگه می‌دارد، حفظ شوند. میله نشان داده شده در شکل ۱ و در مرکز قطعه اعمال بار، هنگامی که یک قطعه نشیمنگاهی کروی به کار رود، ممکن است، حذف شود.

#### ۴ اصول آزمون

آزمون باید مطابق با تمامی الزامات استاندارد ASTM C31/C31M یا استاندارد ملی ایران شماره ۸۱۲۹ که برای آزمون‌های تیر به کار می‌روند، باشد، و باید دهانه‌ای در حدود  $2\%$  سه برابر ارتفاع آن در زمان آزمون، داشته باشد. جوانب آزمون در سطوح بالا و پایین، باید دارای زوایای قائمه باشد. و تمامی سطوح باید صاف، عاری از شکاف‌ها<sup>۴</sup>، دندان‌ها<sup>۵</sup>، حفره‌ها، یا علامت‌های شناسایی حک شده، باشند.

فردی که تیرهای بتنی را برای آزمون پذیرش، آزمایش می‌کند، باید الزامات آزمایشگاه بتن، را مطابق استاندارد ASTM C1077، از جمله الزامات این استاندارد را به عنوان یک آزمون مرتبط، برآورده سازد.

یادآوری - آزمایشگاه انجام دهنده این روش آزمون، ممکن است مطابق با استاندارد ASTM C1077 ارزیابی شود.

#### ۵ روش انجام آزمون

۵-۱ آزمون‌های خمشی نمونه‌های عمل‌آوری شده با رطوبت باید بلافاصله پس از برداشتن آن‌ها از حوضچه مرطوب، انجام شود. سطح خشک آزمون منجر به کاهش مدول گسیختگی اندازه‌گیری شده، می‌شود.

- 
- 1- Pivot
  - 2- Rod
  - 3- Ball
  - 4- Scars
  - 5- Indentations

۲-۵ آزمون را با توجه به موقعیت آن در زمان قالب‌گیری روی طرف جانبی آن بچرخانید و به طور مرکزی روی قطعات تکیه‌گاهی قرار دهید. سیستم بارگذاری مربوط به اعمال نیرو را در مرکز قرار دهید. قطعه اعمال بار در تماس با سطح آزمون را در مرکز قرار دهید، و باری در حدود ۰/۶ تا ۰/۳ بار نهایی تخمین زده شده، اعمال کنید. با استفاده از سنج‌های فیلر نوع صفحه‌ای<sup>۱</sup> ۰/۱ mm و ۰/۴ mm، هرگونه فاصله بین آزمون و قطعات تکیه‌گاهی یا اعمال بار، که بزرگتر یا کوچکتر از هر سنجه می‌باشند، را روی طولی به اندازه ۲۵ mm یا بیشتر، تعیین نمایید. برای رفع هرگونه فاصله بزرگتر از ۰/۱ mm، از سایش یا کلاهدگذاری<sup>۲</sup> یا فاصله‌گیرهای چرمی<sup>۳</sup>، روی سطح تماس آزمون استفاده کنید. فاصله‌گیرهای چرمی باید دارای ضخامت یکنواخت ۶ mm، عرض ۵۰ تا ۲۵ mm باشند، و باید در سراسر عرض کامل آزمون، ادامه داشته باشند. فاصله‌های بزرگتر از ۰/۴ mm صرفاً باید از طریق کلاهدگذاری یا سایش، حذف شوند. از آنجایی که سایش ممکن است مشخصات فیزیکی آزمون را تغییر دهد، سایش سطوح جانبی باید به حداقل رسانده شود. کلاهدگذاری باید مطابق با استاندارد ASTM C617، انجام شود.

۳-۵ آزمون را به صورت پیوسته و بدون اعمال شوک، بارگذاری کنید. بارگذاری باید با یک سرعت ثابت تا نقطه شکست، طوری اعمال شود، که حداکثر تنش روی سطح کششی با سرعتی در حدود ۰/۹ تا ۱/۲ MPa/min (۰/۹ تا ۱/۲) افزایش یابد. سرعت بارگذاری با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$r = \frac{2Sbd^2}{3L} \quad (1)$$

که در آن:

$r$  سرعت بارگذاری، بر حسب N/min؛

$S$  سرعت افزایش حداکثر تنش روی سطح کششی، بر حسب MPa/min؛

$b$  عرض متوسط آزمون، همان طوری که برای آزمون میزان شده است، بر حسب mm؛

$d$  ارتفاع متوسط آزمون، همان طوری که برای آزمون میزان شده است، بر حسب mm؛

$L$  طول دهانه، بر حسب mm.

## ۶ اندازه‌گیری نمونه‌ها پس از آزمون

ابعاد مقطع آزمون را برای استفاده در محاسبه مدول گسیختگی، تعیین کنید. پس از آزمون، اندازه‌گیری‌ها را در سرتاسر یکی از سطوح شکسته شده، برداشت کنید. عرض و ارتفاع نمونه‌ای را که برای آزمون میزان شده است، را اندازه‌گیری کنید. برای هر یک از ابعاد، یک اندازه‌گیری در هر لبه و یکی در مرکز سطح مقطع، برداشت کنید.

- 
- 1- Leaf-type
  - 2- Cap
  - 3- Leather Shims

برای تعیین متوسط عرض و ارتفاع، سه اندازه‌گیری هر راستا را به کار برید. تمام اندازه‌گیری‌ها با دقت 1mm، گرفته شوند. در صورتی که در یک مقطع کلاهدگذاری شده، شکستگی رخ دهد، ضخامت کلاهدگ را در اندازه‌گیری وارد کنید.

## ۷ محاسبات

مدول گسیختگی را به صورت زیر محاسبه نمایید:

$$R = \frac{3 PL}{2bd^2} \quad (۲)$$

که در آن:

$R$  مدول گسیختگی، بر حسب MPa؛

$P$  حداکثر بار اعمال شده، نشان داده شده توسط دستگاه آزمون، بر حسب N؛

$L$  طول دهانه، بر حسب mm؛

$b$  متوسط عرض آزمون، در زمان شکست، بر حسب mm؛

$d$  متوسط ارتفاع آزمون، در زمان شکست، بر حسب mm.

یادآوری - وزن تیر در محاسبات فوق وارد نشده است.

## ۸ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف - شماره شناسایی؛

ب - متوسط عرض با دقت 1 mm، در زمان شکست؛

پ - متوسط ارتفاع با دقت 1 mm، در زمان شکست؛

ت - طول دهانه بر حسب mm؛

ث - حداکثر بار اعمال شده بر حسب N؛

ج - مدول گسیختگی محاسبه شده با دقت 0.05 MPa؛

چ - سوابق عمل‌آوری و شرایط رطوبتی ظاهری نمونه‌ها در زمان آزمون؛

ح - در صورتی که آزمون‌ها کلاهدگذاری شده، ساییده شده، یا از فاصله‌گیرهای چرمی استفاده شده باشد؛

خ - عیوب آزمون‌ها، و؛

د - سن آزمون‌ها.

## ۹ دقت و اریبی<sup>۱</sup>

### ۱-۹ دقت

مشاهده شده است، ضریب تغییرات نتایج آزمون به سطح مقاومت تیرها وابسته است. ضریب تغییرات کاربر واحد  $4/4\%$  تعیین شده است. بنابراین، نتایج دو آزمون درست انجام شده، توسط یک کاربر روی تیرهای ساخته شده از نمونه مخلوط یکسان، انتظار نمی‌رود بیش از  $12\%$  متفاوت از یکدیگر باشند. ضریب تغییرات چند آزمایشگاه  $5/3\%$  تعیین شده است. لذا، نتایج دو آزمایشگاه مختلف روی تیرهای ساخته شده از نمونه مخلوط یکسان، انتظار نمی‌رود بیش از  $15\%$  متفاوت از یکدیگر باشند.

### ۲-۹ اریبی

از آنجا که هیچ استاندارد پذیرفته شده‌ای برای تعیین اریبی این روش آزمون، وجود ندارد، هیچ بیانیه‌ای در مورد اریبی داده نشده است.