



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۳۲۰۱-۱۰

چاپ اول

۱۳۹۲

INSO

3201-10

1st.Edition

2014

آزمون بتن - قسمت ۱۰: تعیین مدول  
الاستیسیته استاتیکی در آزمون فشار

**Testing of concrete – Part 10: Determination  
of static modulus of elasticity in compression**

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

«آزمون بتن - قسمت ۱۰: تعیین مدول الاستیسیته استاتیکی در آزمون فشار»

### رئیس:

ارشد، بهمن

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

### دبیر:

مشاور، عاطف

(کارشناس مهندسی عمران)

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

امیری، احمد

(کارشناس مهندسی عمران)

بهکام، علیرضا

(کارشناس مهندسی عمران)

پوربابا، مسعود

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

تقی زادیه، نادر

(کارشناس ارشد زمین شناسی)

حیدرپور، هادی

(کارشناس مهندسی عمران)

روا، افشین

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

زیرک کار، سهراب

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

### سمت و / یا نمایندگی

اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی

شرکت تکین ساز آزما

شرکت بنیاد بتن آذربایگان

شرکت معیارگستر صدر

دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک اداره کل  
راه و شهرسازی استان آذربایجان شرقی

کارشناس

اداره کل استاندارد استان آذربایجان شرقی

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
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۲	۴ اصول آزمون
۲	۵ وسایل آزمون
۲	۶ آزمون‌ها
۴	۷ روش آزمون
۶	۸ گزارش آزمون
۸	پیوست الف (اطلاعاتی) روش اندازه گیری خودکار مدول الاستیسیته استاتیکی با بارگذاری یکنواخت

## پیش‌گفتار

استاندارد «آزمون بتن - قسمت ۱۰: تعیین مدول الاستیسیته استاتیکی در آزمون فشار» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط، توسط شرکت تکین ساز آزما تهیه و تدوین شده است و در چهارصد و هفتاد و چهارمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۹۲/۱۱/۲۶ 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:

ISO 1920-10: 2010, Testing of concrete – Part 10: Determination of static modulus of elasticity in compression

## آزمون بتن - قسمت ۱۰: تعیین مدول الاستیسیته استاتیکی در آزمون فشار

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش آزمون مدول الاستیسیته استاتیکی در آزمون فشار بتن سخت شده روی آزمون‌هایی که قالب‌گیری شده یا از یک سازه گرفته می‌شوند، 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 ۵-۳۲۰۱، بتن - چگالی و نفوذ آب بتن سخت شده - روش‌های آزمون

2-2 ISO 1920-3, Testing of concrete – Part 3: Making and curing test specimens

2-3 ISO 1920-4, Testing of concrete – Part 4: Strength of hardened concrete

2-4 ISO 1920-6, Testing of concrete – Part 6: Sampling, preparing and testing of concrete cores

2-5 EN 12390-4, Testing hardened concrete – Part 4: Compressive strength – Specification for testing machines

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۳

**مدول الاستیسیته استاتیکی در آزمون فشار بتن سخت شده**

خاصیتی از بتن که برابر با تانژانت منحنی تنش-کرنش می‌باشد.

**یادآوری ۱-** برای اهداف طراحی مدول الاستیسیته مساوی با مدول وتر تغییر شکل در نظر گرفته می‌شود، هنگامی که آزمون همچنان که در این استاندارد شرح داده شده است، بین  $0.5 \text{ MPa}$  و  $F_c/3$  بارگذاری شود.

**یادآوری ۲-** هنگامی که مصالح در محدوده الاستیک ارزیابی می‌شود، مدول الاستیسیته می‌تواند به عنوان مدول تغییر شکل در نظر گرفته شود.

## طول سنجه

هر قسمتی از آزمون که روی آن کرنش یا تغییر طول اندازه‌گیری می‌شود.

## ۴ اصول آزمون

یک تنش اولیه به اندازه  $0.5 \text{ N/mm}^2$  (MPa) به آزمون اعمال می‌شود و سپس تنش به تدریج افزایش می‌یابد تا اینکه برابر با یک سوم مقاومت نمونه استوانه‌ای بتن (با نسبت طول به قطر برابر با ۲) شود. و کرنش‌ها در بارگذاری‌های مختلف ثبت می‌شوند.

مدول الاستیسیته با تقسیم تفاضل تنش اولیه و تنش حداکثر بر تفاضل کرنش‌های متناظر، محاسبه می‌شود.

## ۵ وسایل آزمون

## ۱-۵ دستگاه آزمون

آزمون باید با استفاده از دستگاه آزمون فشار، مطابق با استاندارد EN 12390-4 یا یک استاندارد ملی معتبر در محل آزمون، انجام گیرد. دستگاه آزمون باید در زمان آزمون واسنجی شده باشد. واسنجی حداقل یک بار در سال انجام شود. دستگاه آزمون فشار باید قادر به اعمال بار مشخص شده در سرعت تعیین شده و حفظ آن در سطح مورد نیاز باشد.

## ۲-۵ ابزار اندازه‌گیری کرنش

وسیله اندازه‌گیری تغییرات طول (برای مثال ازدیاد طول سنج‌های عقربه‌ای یا انعکاسی، تغییر طول سنج‌های مقاومتی، سنج‌های القایی، تغییر طول سنج‌های سیمی ارتعاشی) نباید طولی کمتر از دو سوم قطر آزمون  $(2/3d)$  و بیشتر از قطر آن  $(d)$  داشته باشد. آن باید به گونه‌ای که نقاط سنج از دو انتهای نمونه به یک فاصله باشد و در فاصله‌ای که کمتر از یک چهارم طول آزمون  $(L/4)$  از دو انتها نباشد، وصل شود.

اندازه‌گیری‌ها حداقل باید در دو وجه مقابل آزمون، گرفته شود. طول‌های سنج در نمونه‌های قالب‌گیری شده به صورت افقی باید در وجوه عمود بر قالب‌ریزی، تنظیم شوند.

ابزار اندازه‌گیری باید دقتی در حدود  $5 \times 10^{-6}$  داشته باشد.

طول سنج اندازه‌گیری اگر بیشتر از  $100 \text{ mm}$  باشد، می‌تواند دقتی در حدود  $10 \times 10^{-6}$  داشته باشد.

## ۶ آزمون‌ها

## ۱-۶ کلیات

## الف- نمونه‌های قالب‌گیری شده

هنگام استفاده از روش مرجع، حداقل پنج نمونه قالب‌گیری شده باید ساخته شود. سه تا از این‌ها باید برای تعیین



متوسط مقاومت فشاری و دوتای دیگر برای تعیین مدول الاستیسیته استفاده شود.

#### ب- نمونه‌های گرفته شده از یک سازه

هنگام استفاده از روش جایگزین، از سه نمونه برای تعیین مدول الاستیسیته و مقاومت فشاری استفاده می‌شود. در صورتی که برداشتن نمونه‌ها ممکن است خطر آسیب آوری برای سازه داشته باشد، مجاز است تعداد نمونه‌ها به دو مورد کاهش داده شود. برای نمونه‌های گرفته شده از سازه، مقاومت فشاری ممکن است از سایر اطلاعات تخمین زده شود.

#### ۲-۶ شکل و ابعاد آزمونه‌ها

نسبت طول به قطر ( $L/d$ ) سه تا از آزمونه‌های استوانه‌ای باید برابر با ۲ باشد. این نمونه‌ها باید برای تعیین مقاومت فشاری بتن استفاده شوند. دو تای دیگر از نمونه‌ها که برای تعیین مدول الاستیسیته استفاده می‌شود به جز جایی که مقررات دیگری غیر از این، در محل استفاده معتبر می باشد، باید مطابق با الزامات زیر باشد:

الف- ابعاد نمونه‌های قالبی حداقل باید ۱۰۰mm و یا چهار برابر حداکثر اندازه اسمی سنگدانه بتن، هر کدام که بزرگتر است، باشد.

ب- ابعاد نمونه‌های مغزه‌گیری شده یا برش خورده از سازه حداقل باید ۱۰۰mm و یا سه برابر حداکثر اندازه اسمی سنگدانه بتن، هر کدام که بزرگتر است، باشد.

پ- نسبت طول به قطر ( $L/d$ ) آزمونه‌ها باید بین ۲ تا ۴ باشد و  $L/d=2$  توصیه می‌شود.

توصیه می‌شود آزمونه‌های استوانه‌ای ترجیحاً ۱۵۰mm قطر و ۳۰۰mm ارتفاع داشته باشند. در صورت استفاده از سایر آزمونه‌ها نسبت طول به قطر،  $L/d$ ، نباید کمتر از ۲ و بیشتر از ۴ باشد، که در آن  $L$  طول و  $d$  قطر می باشد، یا برای سطح مقطع مربع شکل،  $d$  عرض یک وجه نمونه می باشد.

#### ۳-۶ آماده سازی آزمونه‌ها

آزمونه‌های قالب‌گیری شده باید مطابق با استاندارد ISO 1920-3 عمل‌آوری و آماده شوند. در صورت لزوم، نمونه‌ها باید مطابق استاندارد ISO 1920-4 برای آزمون تنظیم گردند. نمونه‌های گرفته شده از سازه باید مطابق استاندارد ISO 1920-6 آماده شوند.

در صورت استفاده از سایر روش‌های عمل‌آوری برای مثال در مورد نمونه‌های مغزه‌گیری شده یا بریده شده، باید به صورت واضح در گزارش آزمون بیان شوند.

اگر از چسب‌ها برای ثابت کردن نقاط استفاده می‌شود آن‌ها باید سریع گرفته و سخت شوند. برای مدت کوتاهی نمونه‌ها باید از آب دور نگه داشته شوند تا اجازه دهد سطح آن برای کاربرد چسب خشک شود. نمونه‌هایی که به این منظور از آب دور نگه داشته می‌شوند نباید کمتر از ۷ روزه باشند. نمونه‌ها قبل از آزمون باید به مدت حداقل ۱۲h دوباره در آب غوطه‌ور شوند.

## ۷ روش آزمون

### ۱-۷ تعیین چگالی

در صورت لزوم، چگالی هر آزمون را مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۳۲۰۱-۵ تعیین کنید.

### ۲-۷ تعیین مقاومت فشاری

در روش مرجع، مقاومت فشاری بتن با استفاده از سه نمونه ساخته شده از یک مخلوط بتن که تحت شرایط عمل‌آوری مشابه نمونه‌های به کار رفته برای تعیین مدول الاستیسیته استاتیکی، تعیین می‌شود. نسبت طول به قطر ( $L/d$ ) این سه آزمون استوانه‌ای باید برابر با ۲ باشد. مقاومت فشاری مطابق استاندارد ISO 1920-4 تعیین می‌شود.

در صورت استفاده از روش جایگزین توضیح داده شده در بند ۲-۳-۷، آزمون جداگانه نمونه‌های مقاومت فشاری موردنیاز نمی‌باشد.

جهت تعیین تنش اعمال شده در تعیین مدول الاستیسیته استاتیکی از مقدار متوسط مقاومت فشاری،  $F_c$ ، استفاده می‌شود.

در صورتی که روش‌های توضیح داده شده در بالا برای نمونه‌هایی قابل استفاده نباشد، مقاومت فشاری مجاز است تخمین زده شود و مبنای برآورد آن گزارش شود. برای نمونه‌های گرفته شده از سازه‌ها، مقاومت فشاری مجاز است با استفاده از اطلاعات در دسترس تخمین زده شود یا از روش جایگزین توضیح داده شده در بند ۲-۳-۷ استفاده گردد.

### ۳-۷ تعیین مدول الاستیسیته استاتیکی

#### ۱-۳-۷ روش مرجع

آزمون را با ابزارهای اندازه‌گیری یا نقاط ثابت وصل شده محوری، به صورت مرکزی در دستگاه قرار دهید. تنش اولیه (MPa)  $0.75 \text{ N/mm}^2$  ( $\sigma_b$ )، را اعمال کرده و به مدت ۶۰s ننگه دارید. سپس قرائت‌های کرنش سنج در هر خط سنجش، را اندازه‌گیری و ثبت نمایید.

تنش را به صورت یکنواخت و با سرعت ثابت در داخل گستره  $0.2 \text{ N/(mm}^2\cdot\text{s)}$  تا  $0.6 \text{ N/(mm}^2\cdot\text{s)}$  افزایش دهید، تا زمانی که تنش برابر با یک سوم مقاومت استوانه‌ای بتن (با نسبت طول به قطر برابر با ۲) شود ( $\sigma_a = F_c/3$ ).

تنش را به مدت ۶۰s ننگه دارید، سپس قرائت‌های کرنش در هر خط سنجش را در طول ۳۰s بعدی اندازه‌گیری و ثبت نمایید. اگر کرنش‌های مجزا در گستره  $\pm 20\%$  مقدار متوسط آن‌ها در  $\sigma_a$  نباشد، آزمون را مجدداً در مرکز دستگاه قرار داده و آزمون را تکرار کنید. اگر آن امکانپذیر نباشد، مقادیر اختلاف را در این گستره کاهش داده و آزمون را ادامه ندهید.

هنگامی که آزمون با دقت کافی در مرکز دستگاه قرار گرفت، میزان بار را با سرعت مشابه زمان بارگذاری، تا سطح تنش اولیه کاهش دهید. حداقل دو سیکل پیش بارگذاری اضافی را با استفاده از همان سرعت بارگذاری و

باربرداری، انجام داده و تنش‌های  $\sigma_a$  و  $\sigma_b$  را به مدت ۶۰s به طور ثابت نگه دارید. پس از اتمام آخرین سیکل پیش بارگذاری و یک دوره انتظار به مدت ۶۰s تحت تنش  $\sigma_b = 0.5 \text{ N/mm}^2$ ، در طول ۳۰s بعدی قرائت‌های کرنش  $\epsilon_b$ ، در خطوط سنجش مختلف را ثبت کنید.

آزمونه را با تنش  $\sigma_a$  و در سرعت تعیین شده مجدداً بارگذاری نموده و آن را به مدت ۶۰s نگه دارید، و در طول ۳۰s بعدی قرائت‌های کرنش  $\epsilon_a$ ، در خطوط سنجش مختلف را ثبت کنید. زمانی که تمام اندازه‌گیری‌های مدول الاستیسیته تکمیل گردید، بار آزمونه را در سرعت تعیین شده افزایش دهید، تا آزمونه بشکند. اگر مقاومت فشاری آزمونه بیش از ۲۰٪ با  $F_C$  اختلاف داشته باشد، باید در گزارش آزمون ذکر شده و گزارش شود که نتیجه ممکن است قابل اطمینان نباشد.

### ۷-۳-۲ روش جایگزین

هر جا که کرنش و تنش روی آزمونه در طول سیکل بارگذاری به طور مستمر اندازه‌گیری می‌شود، بارگذاری ممکن است تا نقطه به دست آوردن مقاومت فشاری بدون توقف بارگذاری در سطح تنش بالا، ادامه یابد. در این حالت، مقاومت فشاری باید مقدار به دست آمده از آزمون باشد. حد بالای تنش برای تعیین مدول، یعنی حد یک سوم تنش متناظر با مقاومت فشاری، ممکن است از نتایج آزمون تعیین شود. در صورت استفاده از روش جایگزین، باید در گزارش آزمون بیان شود. برای اطلاعات بیشتر، یک روش اندازه‌گیری در پیوست الف شرح داده شده است. اگر کرنش‌های مجزا در گستره  $\pm 20\%$  مقدار متوسط آن‌ها در  $\sigma_a$ ، نباشد، باید گزارش شود.

### ۷-۴ محاسبه و بیان نتایج

کرنش متوسط  $\epsilon_a$  و  $\epsilon_b$  را به ترتیب محاسبه کنید. زمانی که کرنش و تنش به طور مستمر اندازه‌گیری می‌شود،  $\epsilon_a$  باید با درون‌یابی تعیین شود. مدول الاستیسیته استاتیکی در آزمون فشار،  $E_C$  بر حسب  $[\text{N/mm}^2 (\text{MPa})]$ ، در معادله (۱) داده شده است.

$$E_C = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon} = \frac{\sigma_a - \sigma_b}{\epsilon_a - \epsilon_b} \quad (1)$$

که در آن:

$\sigma_a$  حد بالای تنش بارگذاری بر حسب  $\text{N/mm}^2 (\text{MPa})$ ،  $(\sigma_a = F_C/3)$ ؛

$\sigma_b$  تنش اولیه، یعنی  $0.5 \text{ N/mm}^2 (\text{MPa})$ ؛

$\epsilon_a$  کرنش متوسط تحت حد بالای تنش بارگذاری؛

$\epsilon_b$  کرنش متوسط تحت تنش اولیه.

در صورت بیان نتایج به GPa، نتایج تا سه رقم معنی‌دار تقریب زده شود، اندازه‌گیری‌های مجزای مدول الاستیسیته برای هر آزمونه و مقدار متوسط آن‌ها را گزارش کنید.

## ۸ گزارش آزمون

۸-۱ اطلاعات ارائه شده توسط سازنده آزمون‌ها جهت گنجاندن در گزارش آزمون

### ۸-۱-۱ اطلاعات الزامی

اطلاعات زیر باید توسط سازنده آزمون‌ها جهت گنجاندن در گزارش آزمون ارائه شود:

الف- تاریخ ساخت بتن؛

ب- زمان و محل ساخت نمونه‌ها؛

پ- شناسایی هر نمونه؛

ت- شرایط عمل‌آوری و نگهداری؛

ث- سن موردنیاز نمونه‌ها در زمان انجام آزمون، یا تاریخ انجام آزمون اگر سن مشخص نباشد؛

### ۸-۱-۲ اطلاعات اختیاری

در صورت درخواست، اطلاعات زیر باید توسط سازنده آزمون‌ها جهت گنجاندن در گزارش آزمون ارائه شود:

الف- پروژه ساختمانی؛

ب- قسمت یا اجزای ساختمان؛

پ- هر نوع مواد مضاف استفاده شده؛

ت- مقاومت فشاری تعیین شده؛

۸-۲ اطلاعات ارائه شده توسط آزمایشگاه آزمون‌کننده جهت گنجاندن در گزارش آزمون

اطلاعات زیر باید توسط آزمایشگاه آزمون‌کننده جهت گنجاندن در گزارش آزمون ارائه شود:

الف- شرایط آزمون‌ها هنگام دریافت، و هر نوع عملیات سطحی؛

ب- نوع و ابعاد آزمون‌ها؛

پ- تاریخ وصول آزمون‌ها؛

ت- شرایط عمل‌آوری و نگهداری؛

ث- تاریخ انجام آزمون؛

ج- سن نمونه‌ها در زمان انجام آزمون؛

چ- در صورت لزوم چگالی (به صورت معمولی یا اشباع شده و روش تعیین حجم)؛

ح- نوع و تعداد ابزارهای اندازه‌گیری و طول‌سنجه؛

خ- متوسط مقاومت فشاری نمونه‌ها یا اگر تخمین زده شده است، مبنای برآورد آن؛

د- مقاومت فشاری نمونه به کار رفته در تعیین مدول الاستیسیته استاتیکی؛

ذ- بالاترین تنش بارگذاری ( $\sigma_a$ ) و تنش اولیه ( $\sigma_b$ )؛

ر- کرنش متوسط تحت بالاترین تنش بارگذاری ( $\epsilon_a$ ) و کرنش متوسط تحت تنش اولیه ( $\epsilon_b$ )؛

ز- مدول الاستیسیته استاتیکی هر نمونه و مقدار متوسط آنها؛

ژ- در موارد غیرعادی، ظاهر بتن و نوع ترک؛

س- هر گونه انحراف از شرایط استاندارد؛

ش- یک گواهی مبنی بر این که آزمون مطابق با این استاندارد انجام شده است، به جز موردی که در بند

۸-۲-س اشاره شد.

## پیوست الف

### (اطلاعاتی)

## روش اندازه گیری خودکار مدول الاستیسیته استاتیکی با بارگذاری یکنواخت

### الف-۱ وسایل آزمون

سیستم قرائت داده‌های الکترونیکی نظیر استفاده از ثبات<sup>۱</sup> برای روش اندازه گیری خودکار توصیه می شود.

### الف-۲ روش اندازه گیری

آزمونه را به صورت مرکزی در دستگاه قرار دهید. تنش اولیه را اعمال کنید، سپس قرائت‌های کرنش سنج در هر خط سنجش را، اندازه گیری و ثبت نمایید. تنش را به صورت یکنواخت و در یک سرعت ثابت در گستره  $(0.4 \text{ تا } 0.6) \text{ N}/(\text{mm}^2 \cdot \text{s})$ ، افزایش دهید. قرائت‌های کرنش سنج را حداقل ۱۰ مرتبه با فواصل تنش تقریباً مساوی تا زمان افزایش تا ۰/۵ برابر بار گسیختگی، اندازه گیری و ثبت نمایید. اگر کرنش‌های مجزا در گستره تقریبی  $\pm 30\%$  مقدار متوسط آن‌ها در سطح بالایی تنش، نباشد، آزمون را مجدداً در مرکز دستگاه قرار داده و آزمون را تکرار کنید. اگر آن امکانپذیر نباشد، مقادیر اختلاف را در این گستره کاهش داده و آزمون را ادامه ندهید.