



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standards Organization



استاندارد ملی ایران

۵۲۵

تجدیدنظر دوم

۱۳۹۳

INSO

525

2nd.Revision

2015

بتن - تعیین مدول ارتجاعی و ضریب پواسون
بتن - روش آزمون

Concrete- static modulus of elasticity and
Poisson's ratio of concrete in ompression-
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 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 واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیردولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع 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 ذی صلاح 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)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ 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) 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 آنها اعطا و بر عملکرد آنها 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 مدول ارتجاعی و ضریب پواسون بتن - روش آزمون»
(تجدیدنظر دوم)

رئیس:

افتخاری، مجید
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

دبیر:

محمدی راد، شهناز
(کارشناس ارشد شیمی معدنی)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

آذر، الهه
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

امیدی، زهرا
(کارشناس مهندسی شیمی)

ایروانی، آزاده
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

پناهنده، میلاد
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

ترابی راد، محمدمبین
(کارشناس مهندسی عمران)

جانمیان، کامبیز
(کارشناس مهندسی عمران)

جوانی راد، مهدی
(کارشناس مهندسی عمران)

سمت و / یا نمایندگی
سازمان نظام مهندسی استان اصفهان

شرکت کیمیا سنج سپاهان

استاد دانشگاه خوراسگان

اداره استاندارد استان اصفهان

اداره استاندارد استان اصفهان

اداره استاندارد استان اصفهان

شرکت راشین ساز ایستا

شرکت بکار بتن

اداره استاندارد استان اصفهان

دانشگاه صنعتی اصفهان	رئیس، محمد (دکتر مهندسی عمران)
شرکت میعاد بتن سپاهان	سجودی، پویا (کارشناس مهندسی عمران)
عضو هیات علمی دانشگاه شهید بهشتی	شرقی، عبدالعلی (دکتر مهندسی عمران)
شرکت گروت سازان ساورد	صادقی، آرزو (کارشناس ارشد زمین شناسی)
شرکت معیارگستر زاینده رود	طاهری، سلمان (کارشناس مهندسی شیمی)
شرکت شاهین بتن	فتاحی، حامد (کارشناس مهندسی عمران)
شرکت معیارگستر زاینده رود	مستاجران، حسین (کارشناس مدیریت)
سازمان نظام مهندسی استان اصفهان	میرقادری، حسین (کارشناس مهندسی عمران)
شرکت معیارگستر زاینده رود	میرزایی، مقداد (کارشناس مهندسی عمران)
شرکت معیارگستر نقش جهان	موسوی، سیدمسعود (کارشناس مدیریت)
انجمن صنفی تولیدکنندگان بتن اصفهان	نعمت بخش، مسعود (کارشناس ارشد مهندسی عمران)
شرکت معیارگستر نقش جهان	ورد، احمد (کارشناس مهندسی عمران)

شرکت معیارگستر زاینده رود

هاشمی باجگیران، سیدسجاد
(کارشناس مهندسی عمران)

شرکت بتون کاران

هندی، سیدعلی
(کارشناس مهندسی عمران)

شرکت کیمیاسنج سپاهان

یزدی، جواد
(کارشناس مهندسی عمران)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ز	پیش گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ وسایل
۶	۴ نمونه‌های مورد آزمون
۶	۵ روش انجام آزمون
۸	۶ روش محاسبه
۸	۷ گزارش آزمون
۹	۸ دقت و اریبی

پیش گفتار

استاندارد «بتن- تعیین مدول ارتجاعی و ضریب پواسون بتن- روش آزمون» نخستین بار در سال ۱۳۷۰ تدوین شد. این استاندارد بر اساس پیشنهادهای رسیده و بررسی توسط سازمان ملی استاندارد ایران و تأیید کمیسیون‌های مربوط برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در پانصد و هفتاد و سومین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۳/۱۲/۰۳ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن‌ماه 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 استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط موردتوجه قرار خواهد گرفت. بنابراین باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۵۲۵: سال ۱۳۸۶ است.

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

ASTM C469/C469M: 2014, Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression.

بتن - تعیین مدول ارتجاعی و ضریب پواسون بتن - روش آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین مدول ارتجاعی و ضریب پواسون بتن تحت تنش طولی است، آزمون‌ها در قالب‌های استوانه‌ای و یا به وسیله مغزه گیری (برش با مته‌های الماسی) تهیه می‌شوند (بند ۲-۸ را ببینید).

هشدار - این استاندارد تمام موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی‌کند. بنابراین وظیفه کاربر این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده، محدودیت‌های اجرایی آن را مشخص کند.

۱-۱ در این روش آزمون، مقدار نسبی تنش به کرنش و کرنش عرضی به طولی بتن سخت در هر سن و شرایط عمل‌آوری ممکن به دست می‌آید.

۲-۱ مدول ارتجاعی و مقادیر نسبی ضریب پواسون در محدوده‌های معمول اعمال تنش (از صفر تا ۴۰ درصد استحکام نهایی بتن) برای اندازه‌گیری میزان تغییر اجزا سازه مسلح و غیرمسلح، تعیین میزان تقویت و اندازه‌گیری تنش برای کرنش‌های مشاهده‌شده، به کار می‌رود.

۳-۱ معمولاً مقدار ضریب ارتجاعی به دست‌آمده نسبت به حالت بارگذاری سریع، کمتر است (برای مثال، مقادیر دینامیک یا زلزله‌ای) و نسبت به اعمال بارگذاری آهسته یا طولانی‌مدت، بیشتر خواهد بود. شرایط اعمال‌شده در هر ارزیابی، یکسان در نظر گرفته می‌شود.

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 تجدیدنظرهای بعدی آن موردنظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها موردنظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

- ۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۵۸۱: بتن - ساخت و عمل‌آوری آزمون‌های بتن در آزمایشگاه - آیین کار
- ۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۳۲۰۵: بتن - ساخت و عمل‌آوری آزمون‌ها در کارگاه - آیین کار
- ۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۶۰۴۸: بتن - مقاومت فشاری آزمون‌های استوانه‌ای - روش آزمون
- ۴-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۷۳۰: اندازه‌گیری ضخامت المان‌های بتنی با استفاده از نمونه‌های مغزه گیری شده از بتن - روش آزمون

- 2-5 ASTM C42 / C42M, Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete
- 2-6 ASTM C617, Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens
- 2-7 ASTM E4, Practices for Force Verification of Testing Machines
- 2-8 ASTM E6, Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing
- 2-9 ASTM E83, Practice for Verification and Classification of Extensometer Systems
- 2-10 ASTM E177, Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods

۳ وسایل

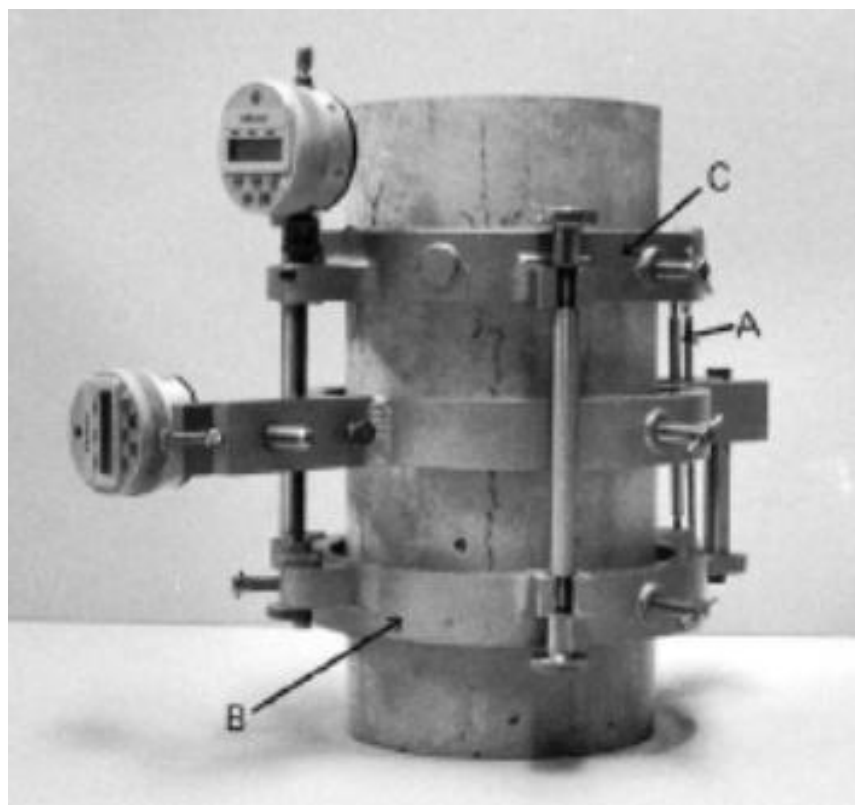
۱-۳ دستگاه

این دستگاه باید دارای قابلیت اعمال بار با سرعت و مقداری که در بند ۴-۵ تعیین شده است را داشته باشد. دستگاه باید مطابق با الزامات بند ۲-۷ (فک تکیه‌گاهی کروی در بالا و فک نگه‌دارنده ثابت در پایین) باشد. نمونه باید با تجهیزات دستگاه‌های بند ۲-۳ مطابقت داشته باشد.

۲-۳ دستگاه اندازه‌گیری تغییر شکل طولی^۱

برای تعیین مدول ارتجاعی از یک وسیله حساس متصل و یا غیر متصل (یادآوری) با حساسیتی حدود 5×10^{-6} میانگین تغییر طول خطوط استفاده می‌شود. این وسیله در طرفین آزمون، بین نقاط تماس دو بست حلقوی دستگاه با آزمون واقع بوده و نسبت به محور استوانه قرینه است. طول مؤثر خطوط موردنظر یعنی فاصله نقاط تماس فوق از یکدیگر که اندازه‌گیری می‌شود، نباید از سه برابر بزرگ‌ترین دانه شن موجود در بتن کمتر باشد و یا از دوسوم ارتفاع آزمون تجاوز نماید.

مناسب‌ترین اندازه برای فاصله بین دونقطه تماس حدود یک دوم ارتفاع آزمون است، نقاط تماس دستگاه باید به‌خوبی به آزمون محکم شده باشد به‌طوری‌که هیچ‌گونه لغزش بعدی بین این نقاط و آزمون ایجاد نشود. تغییر طول خطوط را می‌توان جداگانه در طرفین استوانه اندازه‌گیری نمود و سپس میانگین آن‌ها را محاسبه کرد و یا از دستگاه اندازه‌گیری مطابق شکل ۱ استفاده کرد.



شکل ۱- دستگاه مناسب برای اندازه‌گیری تغییر شکل طولی

این دستگاه شامل دو بست حلقوی است که یکی کاملاً به آزمون محکم شده (B در شکل ۱) و دیگری فقط در دونقطه قرینه محوری در روی پیرامون محیط آزمون متصل شده است (C در شکل ۱)، بدین ترتیب می‌تواند حول محور که از این دونقطه می‌گذرد، بچرخد. روی بست حلقوی آزاد در بین دو نقطه اتکا، میله ای محوری جهت ثابت نگاه‌داشتن فاصله بین دو بست، وجود دارد (A در شکل ۱) بدین ترتیب تغییر طول بین دو بست حلقوی در دونقطه قرینه روی محیط آزمون (که توسط گیج خوانده می‌شود) برابر با مجموع جابه‌جایی ناشی از تغییر شکل آزمون و جابه‌جایی ناشی از حرکت بست حلقوی حول میله محوری خواهد بود (شکل ۲ را ببینید).

۱-۲-۳ تغییر شکل طولی را می‌توان مستقیماً به‌وسیله گیج^۱ و یا از طریق سیستم ضرب اهرمی اندازه‌گیری کرد. با استفاده از یک کرنش‌سنج^۲ یا یک مبدل دیفرانسیل متغیر خطی^۳ نیز این اندازه‌گیری امکان‌پذیر است. اگر فاصله‌های میله محوری و گیج از سطح تراز عمود بر دونقطه اتکا در بست حلقوی آزاد برابر باشد، تغییر شکل آزمون برابر با یک دوم درجه خوانده‌شده از گیج خواهد بود. اگر این فاصله‌ها برابر نباشد، تغییر شکل از معادله (۱) تعیین می‌گردد.

-
1. Gauge
 2. Strain gauge
 3. Linear Variable Differential Transformer

$$d = g e_r / (e_r + e_g) \quad (1)$$

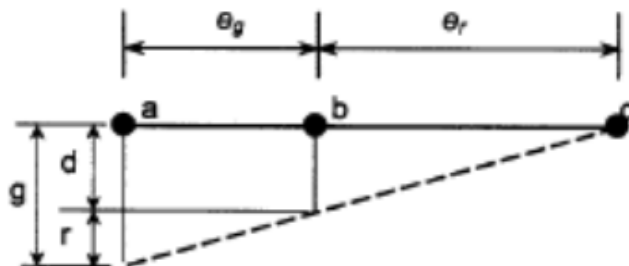
که در آن :

d تغییر شکل کلی آزمون در سراسر طول مؤثر برحسب میکرون؛

g درجه خوانده شده از گیج برحسب میکرون؛

e_r فاصله عمودی بین میله محوری تا سطح عمود بر نقاط تکیه گاه بر روی بست حلقوی آزاد با تقریب ۰/۲ میلی متر؛

e_g فاصله عمودی بین گیج تا سطح عمود بر نقاط تکیه گاه بر روی بست حلقوی آزاد با تقریب ۰/۲ میلی متر. روش های واسنجی ابزارهای سنجش کرنش در بند ۲-۹ آمده است.



d جابه جایی در اثر تغییر شکل آزمون

r جابه جایی در اثر چرخش حول میله محوری

a محل گیج

b نقاط تکیه گاهی روی بست حلقوی آزاد

c محل میله محوری

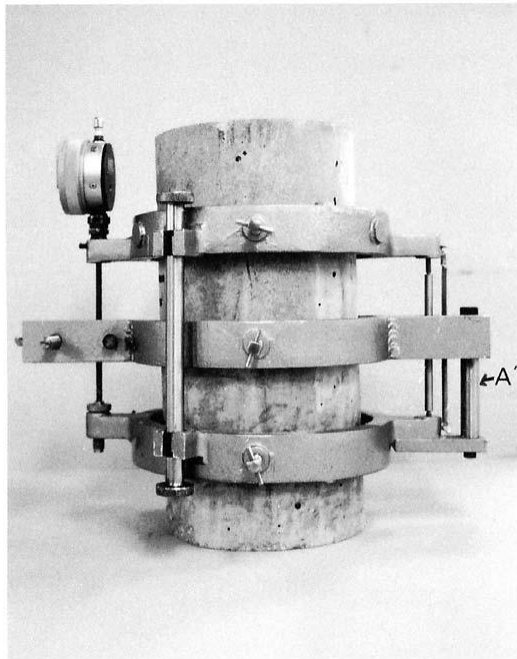
g درجه خوانده شده از گیج

شکل ۲- نمودار جابه جایی

یادآوری- با توجه به این که کرنش سنج های متصل برای آزمون های خشک مناسب هستند، ولی ممکن است مشکلاتی نیز ایجاد نمایند، بنابراین بهتر است که آزمون تا زمان آزمون در حالت مرطوب نگه داری شود.

۳-۳- دستگاه اندازه گیری تغییر شکل عرضی^۱: اگر ضریب پواسون موردنظر باشد، کرنش عرضی باید از طریق (الف) یک دستگاه اندازه گیری تغییر شکل عرضی غیر متصل، که تغییرات قطر آزمون را در وسط ارتفاع آن با دقت $5 \mu m / 0.5$ اندازه گیری می نماید، تعیین شود. یا (ب) استفاده از دو کرنش سنج متصل که به طور جانبی درست در دونقطه قرینه در وسط ارتفاع آزمون نصب شده است و قادر به اندازه گیری کرنش جانبی با دقت نسبی نزدیک به $10^{-6} \times 5$ باشد. برای اندازه گیری توام تغییر شکل طولی و عرضی، یک وسیله غیر متصل توصیه می شود (شکل

۳ را ببینید). این دستگاه دارای بست حلقوی سومی است (که شامل دو بخش مساوی است) که بین دو بست حلقوی دستگاه تغییر شکل طولی قرارداد و در دو نقطه قرینه قطری به آزمون متصل شده است. در بین این دو نقطه از یک میله محوری کوتاه استفاده شده (A' در شکل ۳) که مجاور میله محوری بلند بوده و فاصله بین بست حلقوی پایین و وسطی را ثابت نگه می دارد. لولای موجود روی بست حلقوی وسط در نقطه لولایی امکان چرخش دو قسمت بست را حول سطح افقی میسر می سازد. در نقطه قرینه بر روی خط تقارن، دو قسمت بست حلقوی وسط به یک گیج یا ابزار اندازه گیری دیگر با دقت $1/27 \mu m$ متصل می شوند.



شکل ۳- ترکیب مناسبی از دستگاه اندازه گیری تغییر شکل طولی و عرضی

اگر فاصله های میله محوری و گیج از سطح تراز عمود بر دو نقطه تکیه گاه بست وسطی، برابر باشد، تغییر شکل عرضی قطر آزمون مساوی یک دوم عدد خوانده شده از روی گیج است. اگر این فواصل برابر نباشد، تغییر شکل عرضی قطر آزمون از معادله (۲) تعیین می شود.

$$d' = g'e'_h / (e'_h + e'_g) \quad (2)$$

که در آن:

d' تغییر شکل عرضی قطر آزمون بر حسب میکرون؛

g' درجه گیج به دست آمده در عرض بر حسب میکرون؛

e'_h فاصله عمودی بین میله محوری تا سطح عمود بر نقاط تکیه گاه بر روی بست حلقوی وسطی با تقریب 0.2 میلی متر؛

e'g فاصله عمودی بین گنج تا سطح عمود بر نقاط تکیه‌گاه بر روی بست حلقوی میانی با تقریب ۰/۲ میلی‌متر.

۴-۳ ترازو یا باسکول: با دقت ۵۰ گرم (در صورت نیاز برای اندازه‌گیری) باید استفاده شود.

۴ نمونه‌های مورد آزمون

۱-۴ آزمون‌های استوانه‌ای

آزمون‌ها باید طبق بند ۲-۱ یا ۲-۲ قالب‌گیری شده و تا زمان آزمون تحت شرایط عمل‌آوری یادشده، نگهداری شوند. آزمون‌ها باید ظرف مدت یک ساعت بعد از خارج کردن از محیط عمل‌آوری یا مخزن نگهداری، آزمون شوند و تا زمان آزمون، با یک پارچه مرطوب پوشانده شوند.

۲-۴ آزمون‌های مغزه‌گیری شده (برش داده‌شده با مته الماس)

آزمون‌ها باید طبق بند ۲-۵ تهیه شوند و علاوه بر آن نسبت طول به قطر آن از ۱/۵۰ بیشتر باشد. شرایط نگهداری و آزمون این نمونه‌ها نیز باید مانند آزمون‌های استوانه‌ای ذکرشده در بند ۴-۱ باشند.

۳-۴ سطوح انتهایی آزمون‌ها باید با دقت ± 0.5 درجه عمود بر محور بوده و یا با دقت ۰/۵ میلی‌متر مسطح شود. اگر سطوح آزمون‌های قالب‌گیری شده صاف و تراز نباشد، باید طبق بند ۲-۶ سطح آن از طریق پوشش یا ساییدگی مسطح شود. اصلاح سنگدانه‌های جدادشده که در دو سر آزمون باعث ایجاد حفره شده‌اند، بلامانع است به شرط آن‌که سطح حفره‌های ایجادشده در اثر بیرون آمدن سنگدانه‌ها بیشتر از ۱۰ درصد کل سطح آزمون نباشد و عملیات اصلاح قبل از ساییدگی و پوشش، کامل شود (یادآوری را ببینید) مسطح کردن باید به صورتی انجام شود که فیلر ۰/۵ میلی‌متر نتواند از بین سطح آزمون و صفحه مسطحی که زیر آزمون قرار گرفته است، عبور کند.

یادآوری- اصلاحات سطح ممکن است با چسباندن سنگدانه‌های جدادشده با اپوکسی در جای خود و یا پرکردن حفره‌ها با مواد مرسوم کلاهی گذاری و دادن زمان کافی به آن برای سخت شدن، انجام شود.

۴-۴ قطر نمونه از میانگین دو قطر عمود بر هم در وسط ارتفاع آزمون، به وسیله کولیس با تقریب نزدیک به ۰/۲ میلی‌متر اندازه‌گیری می‌شود. از میانگین قطر برای محاسبه سطح مقطع آزمون استفاده می‌شود. ارتفاع آزمون قالب‌گیری شده و قسمت اندودکاری شده با دقت نزدیک به ۲ میلی‌متر اندازه‌گیری و گزارش شود. ارتفاع آزمون‌های مغزه‌گیری شده، طبق بند ۲-۴ اندازه‌گیری شود. ارتفاع آزمون‌ها و قسمت اندودکاری شده با دقت ۲ میلی‌متر گزارش شود.

۵ روش انجام آزمون

۱-۵ هنگام آزمون، درجه حرارت محیط آزمون نباید بیشتر از 2°C تغییر کند.

۲-۵ به استثنای مواردی که در بند ۵-۵ ارائه شده است، قبل از تعیین مدول ارتجاعی، حداقل از دو نمونه مشابه برای تعیین مقاومت فشاری مطابق با استاندارد بند ۲-۳ استفاده شود.

۳-۵ آزمون را همراه با تجهیزات سنجش کرنش بر روی صفحه پایینی و یا فک نگه‌دارنده ثابت در پایین دستگاه قرار دهید. با دقت محور آزمون را در روی محور نیروی وارده (قسمت کروی در بالا) قرار دهید. عددی را که عقربه کرنش‌سنج نشان می‌دهد، یادداشت کنید. قبل از بارگذاری، قسمت متحرک کروی شکل را با دست بچرخانید به طوری که جهت آن موازی با سطح بالایی آزمون باشد.

۴-۵ حداقل سه بار آزمون را بارگذاری کنید هیچ داده‌ای را در طول اولین بارگذاری ملاک محاسبه قرار ندهید. مبنای محاسبات بر اساس میانگین نتایج بارگذاری‌های بعدی خواهد بود.

۱-۴-۵ بارگذاری باید به صورت پیوسته و بدون ایجاد شوک انجام شود. دستگاه آزمون از نوع پیچ‌دار انتخاب شود به گونه‌ای که وقتی دستگاه بدون بارکار می‌کند سر متحرک آن با سرعت حدود یک میلی‌متر بر دقیقه حرکت کند. در دستگاه‌هایی که به صورت هیدرولیک عمل می‌کنند بار را با سرعت ثابت $(250 \pm 50) \text{ kPa/s}$ اعمال کنید. آزمون‌ها را تا زمانی تحت بارگذاری قرار دهید که اندازه بار اعمالی برابر با ۴۰ درصد میانگین بار نهایی نمونه‌های قبلی باشد. این مقدار بار، ماکزیمم بار برای آزمون مدول ارتجاعی است.

۲-۴-۵ در طول اولین بارگذاری، عملکرد گیج را مشاهده کنید (یادآوری رابینید). قبل از بارگذاری دوم تمامی عیوب تنظیمات و ضمایم را که باعث ایجاد خطا در مقادیر نشان داده شده می‌شود را اصلاح کنید. سپس باید بدون قطع بارگذاری، بار وارده و تغییر طول نسبی را در مراحل زیرخوانش نمایید.

الف- وقتی تغییر کرنش طولی $50 \mu\epsilon$ است.

ب- موقعی که بار وارده ۴۰ درصد بار نهایی نمونه‌های مشابه است (بند ۵-۵ را ببینید).

کرنش طولی از نسبت اندازه تغییر شکل طولی بر اندازه طول مؤثر به دست می‌آید.

یادآوری- بارگذاری اولیه برای تنظیم گیج انجام می‌شود. اگر از یک گیج صفحه‌ای برای اندازه‌گیری تغییرات طولی استفاده می‌شود، بهتر است قبل از هر بارگذاری، گیج صفحه‌ای را طوری تنظیم کنید که شاخص^۲ از نقطه صفر عبور کرده به فشار طولی $50 \mu\epsilon$ برسد.

۳-۴-۵ اگر نسبت ضریب پواسون موردنظر باشد، کرنش عرضی را در همان نقاط ثبت کنید (کرنش عرضی از نسبت تغییرات اندازه‌گیری شده در قطر آزمون بر قطر اولیه به دست می‌آید).

۴-۴-۵ اگر رسم منحنی تغییرات تنش-کرنش موردنظر باشد می‌توان منحنی را بدون ایجاد وقفه در بارگذاری، در دو یا چند نقطه میانی به دست آورد و یا می‌توان مستقیماً به وسیله دستگاه، منحنی پیوسته‌ای به دست آورد.

۵-۴-۵ در تکرار عمل بارگذاری به محض این که بار وارده به میزان حداکثر خود رسید، باید با همان سرعتی که بارگذاری شده، بار را کم نمود تا به نقطه صفر برسد.

1. Microstrain
2. Indicator

۵-۵ مدول ارتجاعی و استحکام را می‌توان توأمأ در یک بارگذاری اندازه گرفت مشروط بر این که گنج‌ها قابلیت اندازه‌گیری تغییر طول کافی را داشته باشند و یا به‌آسانی از دستگاه جدا شوند. به‌هرحال در اثر فشار وارده صدمه‌ای به آن‌ها وارد نشود و با بند ۲-۳ مطابقت داشته باشد. در این مورد برای به دست آوردن منحنی تغییرات تنش-کرنش برخی اندازه‌ها ثبت می‌شود و مقدار کرنش در حدود ۴۰ درصد بار نهایی از طریق درون‌یابی محاسبه می‌شود.

۵-۶ اگر چندین خوانش در حین بارگذاری ثبت‌شده باشد باید نتایج هر سه آزمون رسم شود به‌طوری‌که محور طولی به‌عنوان نماینده کرنش و محور عرضی نماینده تنش باشد که از تقسیم بار بر سطح مقطع آزمون به‌دست آمده است.

۶ روش محاسبه

۶-۱ مدول ارتجاعی با دقت ۲۰۰ MPa از معادله (۳) به دست می‌آید.

$$E = (S_2 - S_1) / (\varepsilon_2 - 0.000050) \quad (3)$$

که در آن:

E مدول ارتجاعی برحسب مگا پاسکال؛

S₂ تنش وارده برای ۴۰ درصد بار نهایی؛

S₁ تنش وارده برای کرنش طولی، ε_1 ، با زاویه کرنش طولی $10^{-6} \times 50$ مگا پاسکال؛

ε_2 کرنش طولی ایجادشده توسط تنش S₂.

۶-۲ ضریب پواسون با دقت ۰/۰۱ از معادله (۴) به دست می‌آید.

$$\mu = (\varepsilon_{t2} - \varepsilon_{t1}) / (\varepsilon_2 - 0.000050) \quad (4)$$

که در آن:

μ ضریب پواسون؛

E_{t2} کرنش عرضی در وسط ارتفاع آزمون ایجادشده توسط S₂؛

E_{t1} کرنش عرضی در وسط ارتفاع آزمون ایجادشده توسط S₁.

۷ گزارش آزمون

گزارش آزمون شامل موارد زیر است:

- ۱-۷ ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛
- ۲-۷ شماره شناسایی آزمون؛
- ۳-۷ ابعاد آزمون برحسب میلی‌متر؛
- ۴-۷ شرح شرایط زمان نمونه‌گیری، ساخت، عمل‌آوری و شرایط نگهداری آزمون؛
- ۵-۷ سن آزمون؛
- ۶-۷ مقاومت بتن (اگر اندازه‌گیری شده باشد)؛
- ۷-۷ وزن مخصوص بتن (اگر اندازه‌گیری شده باشد)؛
- ۸-۷ منحنی تنش-کرنش (اگر ترسیم شده باشد)؛
- ۹-۷ مدول ارتجاعی؛
- ۱۰-۷ ضریب پواسون (اگر اندازه‌گیری شده باشد).

۸ دقت و اریبی

۱-۸ دقت

ماکسیمم دقت در دستگاه‌های تک منظوره^۱ $\pm 4/25$ درصد است که در استاندارد بند ۲-۱۰ بیش از ۱۷GPa تا ۲۸GPa گزارش شده است. بنابراین نتایج نمونه‌های استوانه‌ای تکراری از مخلوط‌های بتن مختلف نباید بیشتر از ۵ درصد میانگین باشد.

۲-۸ اریبی

این روش آزمون اریبی ندارد، زیرا مقادیر تعیین شده تنها می‌توانند در شرایط روش آزمون تعریف شود.