

استاندارد ملی ایران

۵۲۵

تجددنظر دوم

۱۳۹۳



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standards Organization

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 compression-
Test Method**

ICS:91.100.30

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران بهموجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن‌ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران بهموجب 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 حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود 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 پیشنهادها در کمیتهٔ 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 تعیین‌شده تهیه می‌کنند در کمیتهٔ ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که بر اساس مفاد نوشته‌شده در استاندارد ملی ایران شماره 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 بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ 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.

سازمان ملی استاندارد 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. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرگانی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیستمحیطی، آزمایشگاهها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) و سایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس 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 یکاهای کالیبراسیون (واسنجی) و سایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبهای 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»
(تجددنظر دوم)

سمت و / یا نمایندگی

سازمان نظام مهندسی استان اصفهان

رئیس:

افتخاری، مجید

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

دبیر:

شرکت کیمیاسنج سپاهان

محمدی راد، شهناز

(کارشناس ارشد شیمی معدنی)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

استاد دانشگاه خوارسگان

آذر، الهه

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

اداره استاندارد استان اصفهان

امیدی، زهرا

(کارشناس مهندسی شیمی)

اداره استاندارد استان اصفهان

ایروانی، آزاده

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

اداره استاندارد استان اصفهان

پناهنده، میلاد

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

شرکت راشین ساز ایستا

ترابی راد، محمدامین

(کارشناس مهندسی عمران)

شرکت بکاربتن

جانمیان، کامبیز

(کارشناس مهندسی عمران)

اداره استاندارد استان اصفهان

جوانی راد، مهدی

(کارشناس مهندسی عمران)

دانشگاه صنعتی اصفهان	رئیسی، محمد (دکترا مهندسی عمران)
شرکت میعاد بتن سپاهان	سجودی، پویا (کارشناس مهندسی عمران)
عضو هیات علمی دانشگاه شهید بهشتی	شرقی، عبدالعلی (دکترا مهندسی عمران)
شرکت گروت سازان ساورد	صادقی، آرزو (کارشناس ارشد زمین‌شناسی)
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 نظام‌مهندسی 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	نعمت‌بخش، 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 بتن کاران

هندی، سیدعلی
(کارشناس مهندسی عمران)

شرکت کیمیاسنج سپاهان

یزدی، جواد
(کارشناس مهندسی عمران)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان	ردیف
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد	۱
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد	۲
ز	پیش گفتار	۳
۱	هدف و دامنه کاربرد	۴
۱	مراجع الزامی	۵
۲	وسایل	۶
۶	نمونه‌های مورد آزمون	۷
۶	روش انجام آزمون	۸
۸	روش محاسبه	۹
۸	گزارش آزمون	۱۰
۹	دقت و اریبی	۱۱

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، 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 موقع لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط موردنظر 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 مأخذی که برای تهیه این استاندارد مورداستفاده 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، آزمونهای در قالب‌های استوانه‌ای و یا به‌وسیله مغزه گیری (برش با متدهای الماسی) تهیه می‌شوند (بند ۸-۲ 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.

۱-۲ 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 مشاهده شده، به کار می‌رود.

۱-۳ معمولاً مقدار ضریب ارتجاعی به دست آمده 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 اعمال شده 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 .

درصورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد ، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن موردنظر این استاندارد ملی ایران نیست . در مورد مدرکی 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 :

۱-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۵۸۱: بتن - ساخت و عمل‌آوری آزمونهای بتن در آزمایشگاه - آیین کار

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۳۲۰۵: بتن - ساخت و عمل‌آوری آزمونهای بتن در کارگاه - آیین کار

۱-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۶۰۴۸: بتن - مقاومت فشاری آزمونهای استوانه‌ای - روش آزمون

۱-۴ 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

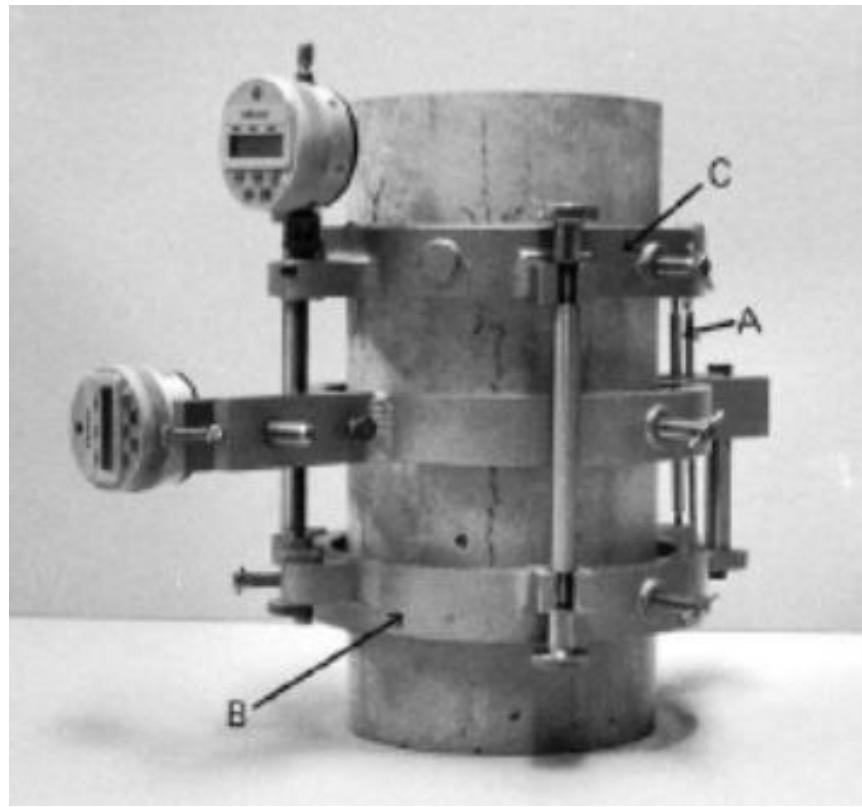
۱-۳ دستگاه

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 ۷-۲ (فک تکیه گاهی کروی در بالا و فک نگهدارنده ثابت در پایین) باشد. نمونه باید با تجهیزات دستگاه های بند ۳-۲ مطابقت داشته باشد.

۲-۳ دستگاه اندازه گیری 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 می شود. این وسیله در طرفین آزمونه، بین نقاط تماس دو بست حلقوی دستگاه با آزمونه واقع بوده و نسبت به محور استوانه قرینه است. طول مؤثر خطوط موردنظر یعنی فاصله نقاط تماس فوق از یکدیگر که اندازه گیری می شود، نباید از سه برابر بزرگترین دانه شن موجود در بتون کمتر باشد و یا از دو سوم ارتفاع آزمونه تجاوز نماید.

مناسب ترین اندازه برای فاصله بین دونقطه تماس حدود یک دوم ارتفاع آزمونه است، نقاط تماس دستگاه باید به خوبی به آزمونه محکم شده باشد به طوری که هیچ گونه لغزش بعدی بین این نقاط و آزمونه ایجاد نشود. تغییر طول خطوط را می توان جداگانه در طرفین استوانه اندازه گیری نمود و سپس میانگین آنها را محاسبه کرد و یا از دستگاه اندازه گیری 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 آزمونه محکم شده (B در شکل ۱) و دیگری فقط در دونقطه قرینه محوری در روی پیرامون محیط آزمونه 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، میله‌ای 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 آزمونه (که توسط گیج خوانده می‌شود) برابر با مجموع جابه‌جایی ناشی از تغییر شکل آزمونه 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 دربست حلقوی آزاد برابر باشد، تغییر شکل آزمونه برابر با یک دوم درجه خوانده شده 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

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

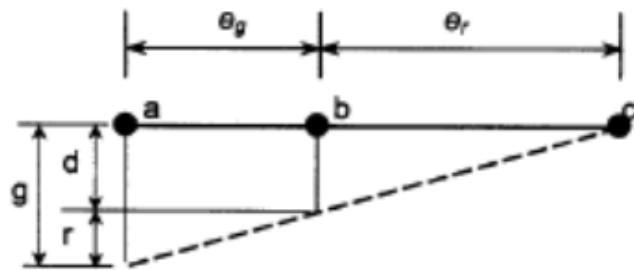
که در آن :

d تغییر شکل کلی آزمونه در سراسر طول مؤثر بر حسب میکرون؛

g درجه خوانده شده از گیج بر حسب 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 ۹-۲ آمده است.



d جابه جایی در اثر تغییر شکل آزمونه

r جابه جایی در اثر چرخش حول میله محوری

a محل گیج

b نقطه تکیه گاهی روی بست حلقوی آزاد

c محل میله محوری

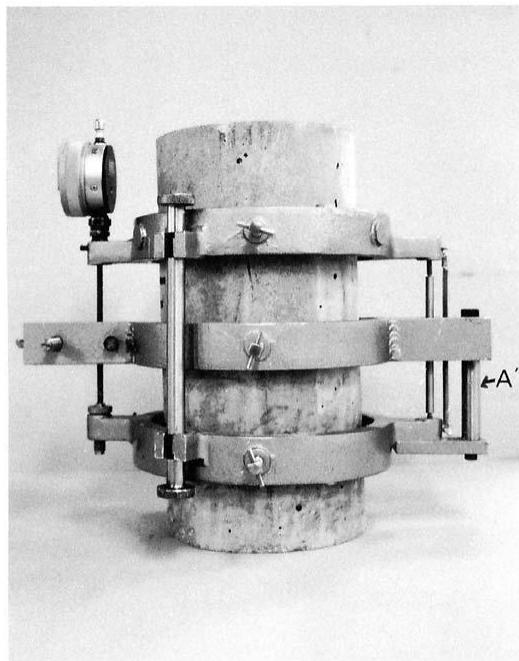
g درجه خوانده شده از گیج

شکل ۲ - نمودار جابه جایی

یادآوری - با توجه به این که کرنش سنج های متصل برای آزمونه های خشک مناسب هستند، ولی ممکن است مشکلاتی نیز ایجاد نمایند، بنابراین بهتر است که آزمونه 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 آزمونه را در وسط ارتفاع آن با دقیق $5\text{ }\mu\text{m}$ 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 آزمونه نصب شده است و قادر به اندازه گیری کرنش جانبی با دقت نسبی نزدیک به 10×5 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 آزمونه متصل شده است. در بین این دونقطه 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 اندازه‌گیری دیگر با دقیقیت $1/27 \mu\text{m}$ متصل می‌شوند.



شکل ۳- ترکیب مناسبی از دستگاه اندازه‌گیری تغییر شکل طولی و عرضی

اگر فاصله‌های میله محوری و گیج از سطح تراز عمود بر دونقطه تکیه‌گاه بست وسطی، برابر باشد، تغییر شکل عرضی قطر آزمونه مساوی یک دوم عدد خوانده شده از روی گیج است. اگر این فواصل برابر نباشد، تغییر شکل عرضی قطر آزمونه از معادله (۲) تعیین می‌شود.

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

که در آن:

d' تغییر شکل عرضی قطر آزمونه بر حسب میکرون؛

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

e'_h فاصله عمودی بین میله محوری تا سطح عمود بر نقاط تکیه‌گاه بر روی بست حلقوی وسطی با تقریب 2.0 میلیمتر ؛

e' فاصله عمودی بین گیج 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 آزمونه‌های استوانه‌ای

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

۲-۴ آزمونه‌های مغزه‌گیری شده(برش داده شده با متله الماس)

آزمونه‌ها 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 آزمونه‌های استوانه‌ای ذکر شده در بند ۱-۴ باشند.

۳-۴ سطوح انتهای آزمونه‌ها باید با دقت $\pm 0,5$ درجه عمود بر محور بوده و یا با دقت $0,5$ میلی‌متر مسطح شود. اگر سطوح آزمونه‌های قالب‌گیری شده صاف و تراز نباشد، باید طبق بند ۶-۲ سطح آن از طریق پوشش یا ساییدگی مسطح شود. اصلاح سنگدانه‌های جدشده که در دو سر آزمونه باعث ایجاد حفره شده‌اند، بلامانع است به شرط آن که سطح حفره‌های ایجادشده در اثر بیرون آمدن سنگدانه‌ها بیشتر از ۱۰ درصد کل سطح آزمونه نباشد و عملیات اصلاح قبل از ساییدگی و پوشش، کامل شود (یادآوری را ببینید) مسطح کردن باید به صورتی انجام شود که فیلر $0,5$ میلی‌متر نتواند از بین سطح آزمونه و صفحه مسطحی که زیر آزمونه قرار گرفته است، عبور کند.

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

۴-۴ قطر نمونه از میانگین دو قطر عمود بر هم در وسط ارتفاع آزمونه، بهوسیله کولیس با تقریب نزدیک به $2,0$ میلی‌متر اندازه‌گیری می‌شود. از میانگین قطر برای محاسبه سطح مقطع آزمونه استفاده می‌شود. ارتفاع آزمونه قالب‌گیری شده و قسمت انودکاری شده با دقت نزدیک به 2 میلی‌متر اندازه‌گیری و گزارش شود. ارتفاع آزمونه‌های مغزه‌گیری شده، طبق بند ۴-۲ اندازه‌گیری شود. ارتفاع آزمونه‌ها و قسمت انودکاری شده با دقت 2 میلی‌متر گزارش شود.

۵ روش انجام آزمون

۱-۵ هنگام آزمون، درجه حرارت محیط آزمونه نباید بیشتر از 20°C تغییر کند.

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

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

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

۵-۱ بارگذاری باید به صورت پیوسته و بدون ایجاد شوک انجام شود. دستگاه آزمون از نوع پیچ‌دار انتخاب شود به‌گونه‌ای 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 ± 50 kPa/s اعمال کنید. آزمونه‌ها را تا زمانی تحت بارگذاری قرار دهید که اندازه بار اعمالی برابر با ۴۰ درصد میانگین بار نهایی نمونه‌های قبلی باشد. این مقدار بار، ماکریم بار برای آزمون مدول ارجاعی است.

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

الف- وقتی تغییر کرنش طولی 50 mm است.

ب- موقعی که بار وارد ۴۰ درصد بار نهایی نمونه‌های مشابه است (بند ۵-۵ را بینید).
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^۱ از نقطه صفر عبور کرده به فشار طولی 50 mm برسد.

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

۵-۴-۴ اگر رسم منحنی تغییرات تنفس-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 این‌که بار وارد به میزان حداقل خود رسید، باید با همان سرعتی که بارگذاری شده، بار را کم نمود تا به نقطه صفر برسد.

۵-۵ مدول ارتجاعی و استحکام را می‌توان تواماً در یک بارگذاری اندازه گرفت مشروط بر این‌که گیج‌ها قابلیت اندازه‌گیری تغییر طول کافی را داشته باشند و یا به‌آسانی از دستگاه جدا شوند. به‌حال در اثر فشار واردہ 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 ثبت شده 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 آزمونه به‌دست‌آمده است.

۶ روش محاسبه

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

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

که در آن:

E مدول ارتجاعی بر حسب مگا پاسکال؛

S₂ تنش واردہ برای ۴۰ درصد بار نهایی؛

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

ε_2 کرنش طولی ایجادشده توسط تنش S₂.

۲-۶ ضریب پواسون با دقت ۱٪ 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 آزمونه ایجادشده توسط S₂؛

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

۷ گزارش آزمون

گزارش آزمون شامل موارد زیر است:

۱-۷	ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛
۲-۷	شماره شناسایی آزمونه؛
۳-۷	ابعاد آزمونه بر حسب میلی‌متر؛
۴-۷	شرح شرایط زمان نمونه‌گیری، ساخت، عمل‌آوری و شرایط نگهداری آزمونه؛
۵-۷	سن آزمونه؛
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 425 ± 100 بیش از 17GPa تا 28GPa گزارش شده است. بنابراین نتایج نمونه‌های استوانه‌ای تکراری از مخلوط‌های بتن مختلف باید بیشتر از ۵ درصد میانگین باشد.

۲-۸ اریبی

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