



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۶۰۸-۳

چاپ اول

۱۳۹۳

INSO

1608-3

1st.Edition

2015

بتن سخت شده -

قسمت ۳: تعیین مقاومت فشاری آزمونه‌ها -

روش آزمون

Hardened Concrete-
Part 3: Compressive Strength of Test
Specimens- 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 حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود 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، 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 پیشنهادات در کمیته 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 تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته 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 نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته 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 استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه 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 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 سخت شده - قسمت ۳: تعیین مقاومت فشاری آزمون‌ها - روش آزمون»

رئیس:

اسماعیلی طاهری، محسن
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

سمت و / یا نمایندگی

شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

دبیر:

زمانی‌فر، الهام
(دکترای شیمی معدنی)

شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)
اسدی مهماندوستی، الهام
(دکترای زمین شناسی)

دانشگاه خوارزمی

اسمعیلی، علی محمد
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

امینیان، نیما
(دکتری مهندسی عمران)

شرکت پهراندست بتن

زنگانه، حامد
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

صاعدی، هومن
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

کارگر، محمد حسن
(کارشناس ارشد زمین شناسی)

شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

محمدی، زهرا
(کارشناس ارشد زمین‌شناسی مهندسی)

شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

موسوی، حسن
(کارشناس ارشد مهندسی صنایع)

سیمان اردستان

مهرداد، سمیه
(کارشناس مترجمی زبان انگلیسی)

شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

کانال تکنولوژی بتن پیشرفته
t.me/@advancedConcreteTechnology

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد	ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد	ج
پیش گفتار	و
مقدمه	ز
۱ هدف	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ اصول	۱
۴ دستگاه آزمون	۲
۵ آزمون‌ها	۲
۶ روش انجام آزمون	۲
۷ بیان نتایج	۳
۸ گزارش آزمون	۴
۹ دقت	۷
پیوست الف (الزامی) اصلاح آزمون‌ها	۸
پیوست ب (الزامی) روش آزمون برای آزمون‌هایی که ابعاد آن مطابق رواداری اندازه انتخابی	۱۴
بیان شده در استاندارد بند ۱-۲ نمی‌باشد.	
پیوست ج (اطلاعاتی) کتاب‌نامه	۱۸

پیش‌گفتار

استاندارد «بتن سخت شده- قسمت ۳: تعیین مقاومت فشاری آزمون‌ها- روش آزمون» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک (سهامی خاص) تهیه و تدوین شده است و در پانصد و پنجاه و هشتمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده های ساختمانی مورخ ۱۳۹۳/۱۱/۱۴ 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 می شود.

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

BS EN 12390-3: 2009, Testing hardened concrete-Part 3: Compressive strength of test specimens.

مقدمه

مجموعه استانداردهای ملی ایران به شماره ۱۶۰۸ با عنوان «بتن سخت شده» شامل قسمت‌های مختلف زیر می‌باشد:

قسمت ۱: شکل، ابعاد و سایر الزامات آزمون‌ها و قالب‌ها؛

قسمت ۲: ساخت و عمل‌آوری آزمون‌ها برای آزمون‌های مقاومت؛

قسمت ۳: تعیین مقاومت فشاری آزمون‌ها- روش آزمون.

کانال تکنولوژی بتن پیشرفته
t.me/advancedConcreteTechnology

بتن سخت شده -

قسمت ۳: تعیین مقاومت فشاری آزمون‌ها - روش آزمون

۱ هدف

هدف از تدوین این استاندارد تعیین روشی برای اندازه‌گیری مقاومت فشاری آزمون‌های بتن سخت شده 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 تجدیدنظرهای 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 تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۶۰۸، بتن سخت شده - قسمت ۱: شکل، ابعاد و سایر الزامات آزمون‌ها و قالب‌ها.

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۶۰۸، بتن سخت شده - قسمت ۲: ساخت و عمل‌آوری آزمون‌ها برای آزمون‌های مقاومت

۳-۲ استاندارد ملی ایران ۱-۱۷۵۱۸، سیمان - قسمت ۱: ویژگی‌ها.

2-4 EN 12350-1, Testing fresh concrete – Part 1: Sampling and moulds

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

2-6 EN 12504-1, Testing concrete in structures – Part 1: Cored specimens – Taking, examining and testing in compression

2-7 ISO 3310-1, Test sieves; technical requirements and testing – Part 1: Test sieves of metal wire cloth

۳ اصول

در این روش آزمون تا لحظه گسیختگی^۱ با دستگاه آزمون طبق استاندارد بند ۲-۵ به آزمون‌ها اعمال بار می‌شود. حداکثر بار تحمل شده توسط آزمون را ثبت کرده، سپس مقاومت فشاری بتن محاسبه می‌شود.

۴ دستگاه آزمون

دستگاه آزمون فشاری باید طبق استاندارد بند ۲-۵ باشد.

۵ آزمون‌ها

۵-۱ الزامات

آزمون‌ها باید مکعبی، استوانه‌ای یا مغزه‌گیری شده طبق الزامات استانداردهای بندهای ۲-۴، ۲-۱، ۲-۲ یا ۲-۶ باشند. در صورتیکه ابعاد آزمون، مطابق رواداری اندازه ابعاد انتخابی بیان شده در استاندارد بند ۲-۱ نباشد، می‌توان آن‌ها را طبق روش ارائه شده در پیوست ب آزمون کرد.

یادآوری - آزمون‌های آسیب دیده یا با سطح کرمو شده^۱ را آزمون نکنید.

۵-۲ اصلاح آزمون‌ها

اگر ابعاد یا شکل آزمون‌ها مطابق الزامات استاندارد بند ۲-۱ نمی‌باشد و از رواداری‌های ارائه شده در این استاندارد تجاوز می‌کند، آن‌ها را رد، اصلاح یا طبق روش ارائه شده در پیوست ب آزمون کنید. یکی از روش‌های ارائه شده در پیوست الف برای اصلاح آزمون‌ها استفاده کنید.

۶ روش انجام آزمون

۶-۱ آماده‌سازی آزمون و قراردادن در دستگاه آزمون

تمام سطوح فک دستگاه آزمون را تمیز کنید و ذرات سست و زبری که روی سطح آزمون چسبیده و در تماس با فک دستگاه آزمون قرار می‌گیرد را پاک کنید.

بین آزمون و فک‌های دستگاه آزمون از هیچ نوع پرکننده‌ای به جز صفحات کمکی یا بلوک‌های پرکننده (فاصله دهنده)، استفاده نکنید (استاندارد بند ۲-۵ را ببینید).

قبل از قرار دادن آزمون در دستگاه آزمون، رطوبت اضافی را از روی سطوح آن پاک کنید.

آزمون‌های مکعبی را به‌گونه‌ای در دستگاه آزمون قرار دهید تا بار، عمود بر جهت قالب‌گیری اعمال شود. آزمون را درست در مرکز فک زیرین با صحت ۱٪ اندازه انتخابی آزمون مکعبی یا قطر انتخابی آزمون استوانه‌ای قرار دهید.

اگر از صفحات کمکی استفاده می‌کنید آن‌ها را با سطح بالایی و پایینی آزمون در یک راستا قرار دهید. در دستگاه‌های آزمون دو ستونی، آزمون‌های مکعبی را به‌گونه‌ای در دستگاه قرار دهید که سطح پرداخت شده آزمون در مقابل یک ستون قرار گیرد.

۶-۲ اعمال بار

نرخ ثابت بارگذاری را در محدوده (0.6 ± 0.2) MPa/s انتخاب کنید. پس از اعمال بار اولیه که تقریباً از ۳۰٪ بار گسیختگی آزمون بیشتر نیست، بار را بدون شوک به آزمون اعمال کرده، به طور پیوسته با رواداری (۱۰٪ $\pm$) نرخ بارگذاری انتخاب شده تا لحظه‌ای که آزمون نتواند بار بیشتری را تحمل کند، بار را افزایش دهید. هنگام استفاده از دستگاه‌های آزمون که نرخ بارگذاری آن‌ها دستی کنترل می‌شوند، از کاهش نرخ انتخابی بارگذاری دستگاه در نزدیکی نقطه گسیختگی آزمون با تنظیم مناسب شیر کنترل‌کننده نرخ بارگذاری، جلوگیری کنید. حداکثر بار نشان داده شده را به kN یادداشت کنید.

یادآوری - برای راهنمایی بیشتر نرخ‌های بارگذاری بتن‌هایی با مقاومت کمتر از ۲۰ مگاپاسکال و بیشتر از ۸۰ مگاپاسکال، به آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های ملی می‌توان مراجعه کرد.

۶-۳ ارزیابی نوع گسیختگی

مثال‌هایی از حالت‌های مختلف گسیختگی آزمون که معرف انجام مناسب آزمون می‌باشد، در شکل ۱ (برای آزمون‌های مکعبی) و در شکل ۳ (برای آزمون‌های استوانه‌ای) نشان داده شده است. مثال‌هایی از حالت‌های نامناسب گسیختگی آزمون‌ها در شکل ۲ (برای آزمون‌های مکعبی) و در شکل ۴ (برای آزمون‌های استوانه‌ای) نشان داده شده است. اگر گسیختگی آزمون نامناسب باشد، آن را بر اساس نزدیک‌ترین الگوی گسیختگی که در شکل‌های ۲ و ۴ نشان داده شده، یادداشت کنید.

یادآوری - گسیختگی نامناسب می‌تواند به دلیل نداشتن دقت کافی در روش انجام آزمون به ویژه قرار دادن آزمون در دستگاه آزمون یا نقصی در دستگاه آزمون رخ دهد.

در آزمون‌های استوانه‌ای، گسیختگی کلاهدک قبل از بتن نوعی گسیختگی نامناسب است.

۷ بیان نتایج

مقاومت فشاری را طبق معادله (۱) محاسبه کنید.

$$f_c = \frac{F}{A_c} \quad (1)$$

که در آن:

f_c مقاومت فشاری به مگاپاسکال؛

F حداکثر بار هنگام گسیختگی به نیوتن؛

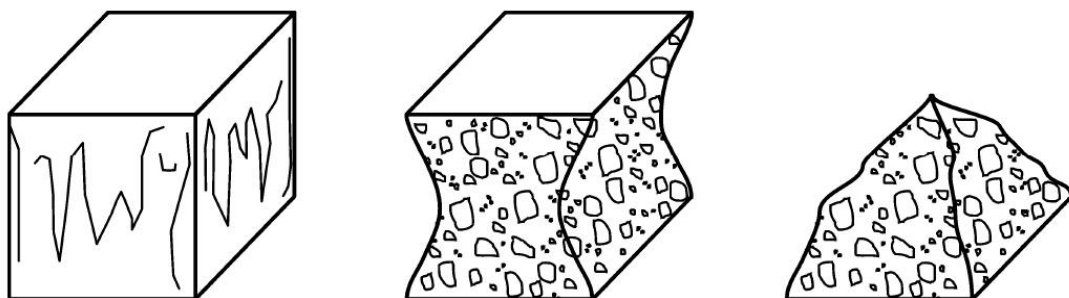
A_c مساحت مقطع عرضی آزمون که بر روی آن نیروی فشاری اعمال می‌شود. مساحت مقطع عرضی آزمون، از اندازه انتخابی آزمون طبق استاندارد بند ۲-۱ یا با اندازه‌گیری آزمون اگر طبق پیوست ب آزمون شود، به mm^2 محاسبه می‌شود.

مقاومت فشاری آزمون را تا نزدیک‌ترین ۰/۱ مگاپاسکال گزارش کنید.

۸ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل موارد زیر باشد:

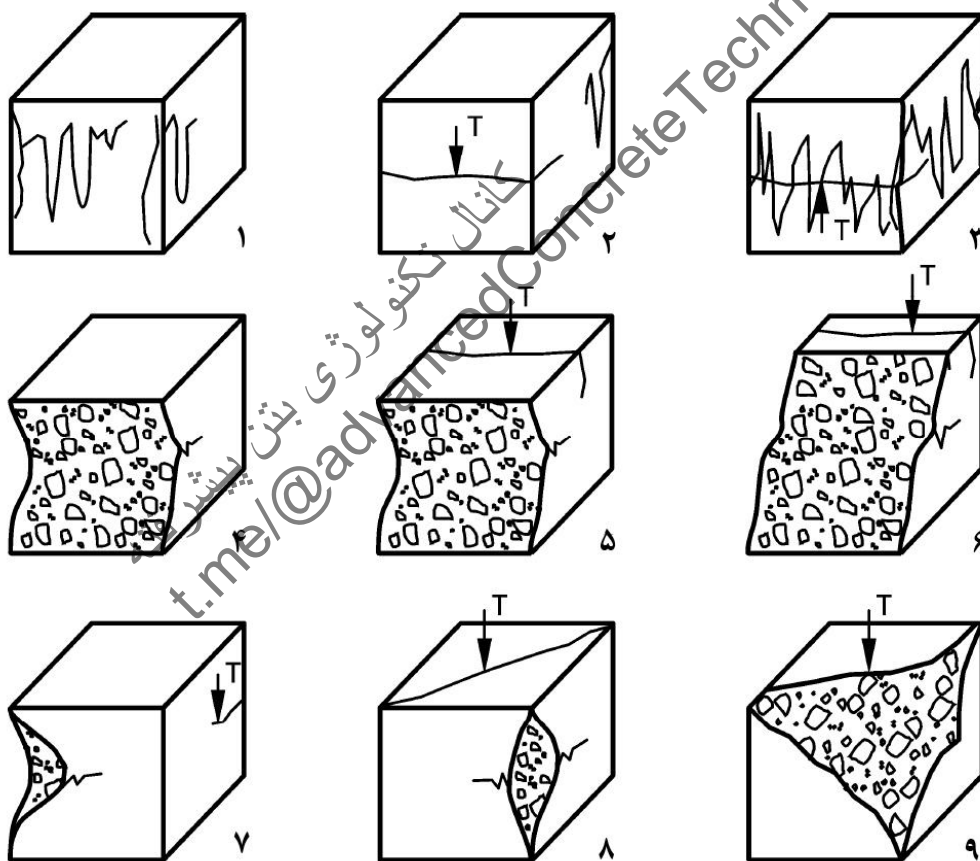
- ۸-۱ ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛
 - ۸-۲ شماره شناسایی آزمون؛
 - ۸-۳ ابعاد انتخابی آزمون یا ابعاد واقعی آزمون اگر طبق پیوست ب آزمون شده است؛
 - ۸-۴ جزئیات اصلاح و میزان کردن آزمون با سایش یا کلاهیگذاری (در صورت انجام)؛
 - ۸-۵ تاریخ انجام آزمون؛
 - ۸-۶ حداکثر بار هنگام گسیختگی به کیلو نیوتن؛
 - ۸-۷ مقاومت فشاری آزمون تا نزدیک‌ترین ۰/۱ مگاپاسکال؛
 - ۸-۸ بیان گسیختگی نامناسب (در صورت رخداد) و نزدیک‌ترین نوع الگوی گسیختگی نامناسب؛
 - ۸-۹ هرگونه انحراف از روش استاندارد تعیین مقاومت فشاری؛
 - ۸-۱۰ اظهار نظر کارشناس فنی مسئول آزمون مبنی بر اینکه آزمون طبق این استاندارد انجام شده است به جز مواردی که در بند "ح" بیان شده است.
- گزارش آزمون همچنین می‌تواند شامل موارد زیر نیز باشد:
- ۸-۱۱ جرم آزمون؛
 - ۸-۱۲ وزن مخصوص ظاهری آزمون تا نزدیک‌ترین kg/m^3 ۲۰۰۰؛
 - ۸-۱۳ وضعیت آزمون در زمان تحویل؛
 - ۸-۱۴ شرایط عمل‌آوری از زمان تحویل (پس از زمان تحویل)؛
 - ۸-۱۵ زمان انجام آزمون (اگر یادداشت شده است)؛
 - ۸-۱۶ سن آزمون در زمان انجام آزمون (اگر معلوم است).



گسیختگی انفجاری

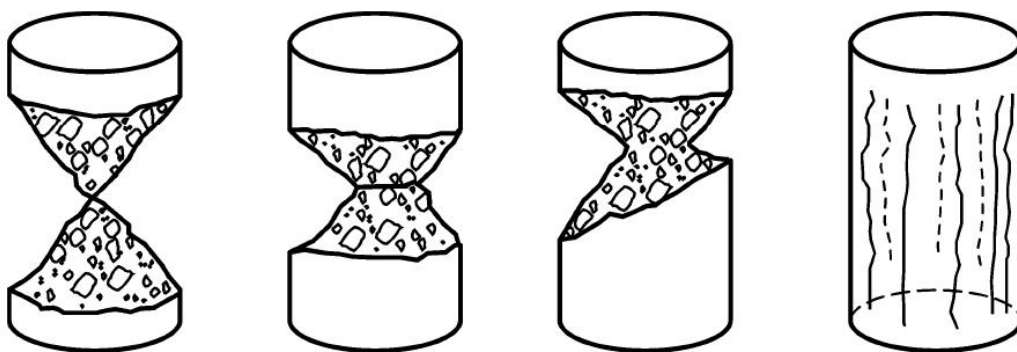
یادآوری- تمام چهار وجه جانبی، تقریباً به طور مساوی ترک خورده اند. عموماً سطوح در تماس با فک های دستگاه آزمون آسیب کمی می بینند.

شکل ۱- گسیختگی های مناسب آزمون های مکعبی

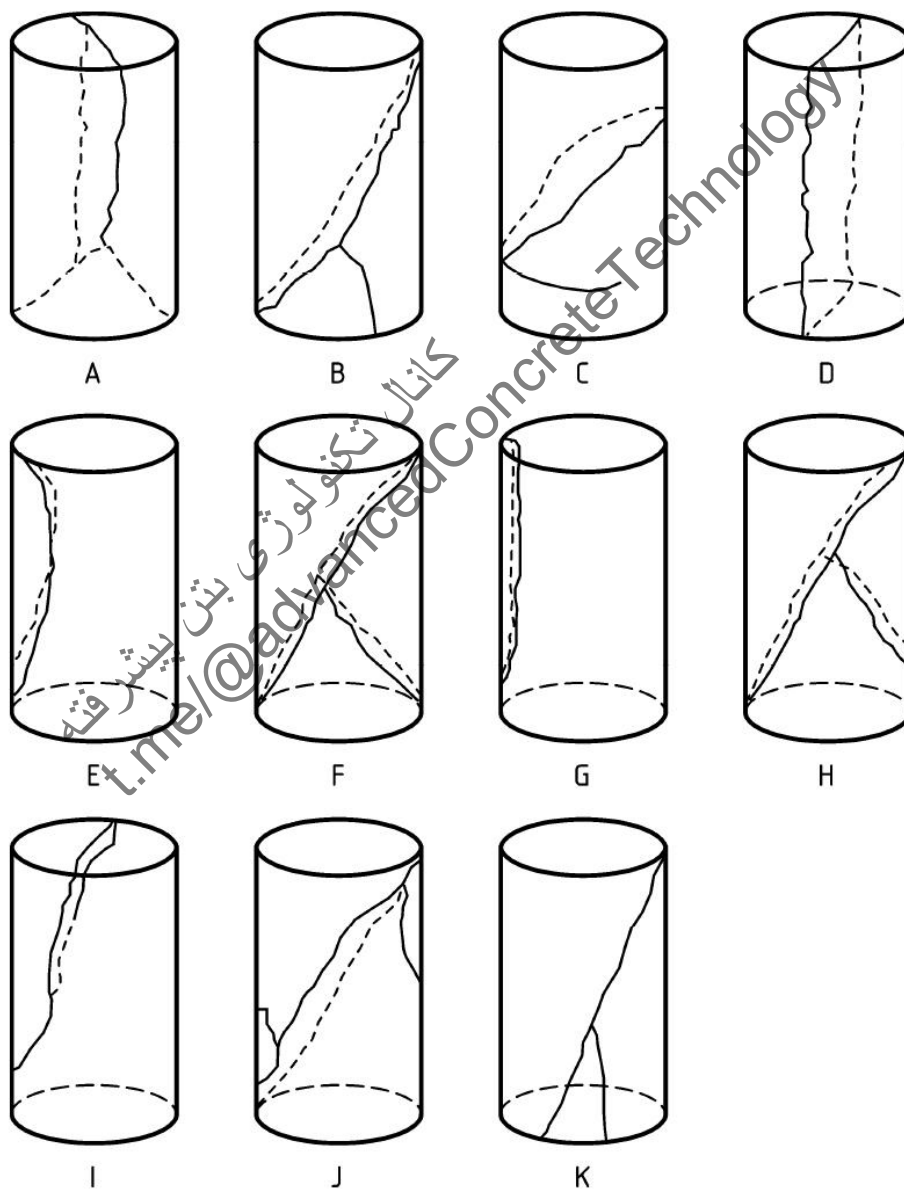


یادآوری-: T ترک کششی

شکل ۲- برخی از الگوهای گسیختگی نامناسب آزمون های مکعبی



شکل ۳- گسیختگی مناسب آزمون‌های استوانه‌ای



شکل ۴- برخی از الگوهای گسیختگی نامناسب آزمون‌های استوانه‌ای

در جدول ۱ داده‌های دقت برای اندازه‌گیری‌های مقاومت فشاری بتن سخت شده، به صورت درصد‌های میانگین مقاومت فشاری دو آزمون مکعبی بیان و تفاوتشان با تکرارپذیری (r) یا تجدیدپذیری (R) مقایسه شده است.

جدول ۱- داده‌های دقت اندازه‌گیری‌های مقاومت فشاری آزمون‌های مکعبی

روش آزمون		تکرارپذیری		تجدیدپذیری	
		S _r %	r %	S _R %	R %
آزمون‌های مکعبی ۱۰۰ میلی‌متری		۳٫۲	۹٫۰	۵٫۴	۱۵٫۱
آزمون‌های مکعبی ۱۵۰ میلی‌متری		۳٫۲	۹٫۰	۴٫۷	۱۳٫۲
یادآوری ۱- داده‌های دقت براساس آزمونی که شامل ۱۶ کاربر بوده بدست آمده است. بتن‌ها با استفاده از سیمان پرتلند معمولی، ماسه و سنگدانه‌های درشت دانه ۱۰ میلی‌متری و ۲۰ میلی‌متری ساخته شده‌اند. یادآوری ۲- اختلاف بین نتایج دو آزمون که توسط یک کاربر بر روی یک نمونه با استفاده از لوازم یکسان در کوتاه‌ترین فاصله زمانی ممکن انجام شده است نباید بیش از یک‌بار در ۲۰ مورد آزمون صحیح انجام شده، از میزان عدد تکرارپذیری (r) بیشتر باشد. یادآوری ۳- نتایج آزمون بر روی نمونه یکسان به دست آمده در کوتاه‌ترین فاصله زمانی ممکن توسط دو کاربر که هرکدام از لوازم خود استفاده کرده‌اند، نباید بیش از یک‌بار در ۲۰ مورد آزمون صحیح انجام شده، از میزان عدد تجدیدپذیری (R) اختلاف داشته باشد. یادآوری ۴- برای آگاهی بیشتر درباره دقت و تعاریف واژه‌های آماری به کاربرده شده، [۱] را ببینید.					

در جدول ۲ داده‌های دقت برای اندازه‌گیری‌های مقاومت فشاری بتن سخت شده، به صورت درصد‌های میانگین مقاومت فشاری سه آزمون استوانه‌ای بیان و تفاوتشان با تکرارپذیری (r) یا تجدیدپذیری (R) مقایسه شده است.

جدول ۲- داده‌های دقت اندازه‌گیری‌های مقاومت فشاری آزمون‌های استوانه‌ای

روش آزمون		تکرارپذیری		تجدیدپذیری	
		S _r %	r %	S _R %	R %
آزمون‌های استوانه‌ای		۲٫۹	۸٫۰	۴٫۱	۱۱٫۷
یادآوری ۱- داده‌های دقت بر روی آزمون‌های استوانه‌ای با قطر ۱۶۰ میلی‌متر و ارتفاع ۳۲۰ میلی‌متر براساس نتایج حاصل از ۸۹ آزمایشگاه که در این آزمون مشارکت داشته‌اند به دست آمده است. یادآوری ۲- بتن‌ها با استفاده از سیمان پرتلند معمولی، ماسه و سنگدانه ۲۰ میلی‌متری ساخته شده‌اند. مقدار میانگین مقاومت فشاری ۳۸٫۸۷ MPa است. یادآوری ۳- داده‌های دقت فقط شامل روش آزمون تعیین مقاومت فشاری است.					

پیوست الف

(الزامی)

اصلاح آزمون‌ها

الف-۱ کلیات

هنگامی که لازم است اندازه آزمون کاهش داده شود، باید با ساییدن یا اره کردن انجام شود. سطوحی از آزمون که بار به آن‌ها اعمال می‌شود (سطوح بارگذاری) باید با ساییدن یا کلاhek گذاری آماده شوند (جدول الف را ببینید).

جدول الف-۱- محدودیت‌های روش‌های اصلاح آزمون

روش اصلاح آزمون	محدودیت براساس مقاومت اندازه گیری شده (پیش‌بینی شده)
ساییدن	بدون محدودیت
ملات سیمان کلسیم آلومینات	تا تقریباً ۵۰ MPa
مخلوط گوگرد	تا تقریباً ۵۰ MPa
کلاhek فولادی ^۱	بدون محدودیت
در موارد اختلاف، روش ساییدن روش ترجیح است.	

یادآوری- روش‌های دیگر اصلاح آزمون در صورت معتبر بودن نسبت به روش ساییدن، می‌تواند استفاده شود.

الف-۲ ساییدن

آزمون‌های عمل‌آوری شده در آب را برای ساییدن از آب خارج کنید. آزمون‌ها را بیش از یک ساعت خارج از آب نگهداری نکنید. آزمون‌ها را قبل از آزمون یا ساییدن دوباره، دست‌کم یک ساعت در آب غوطه‌ور کنید.

الف-۳ کلاhek گذاری با سیمان کلسیم آلومینات

قبل از کلاhek گذاری، مطمئن شوید سطح آزمون‌ای که می‌خواهید کلاhek گذاری کنید مرطوب، تمیز و عاری از هرگونه ذرات سست است. کلاhek باید تا حد امکان نازک بوده، نباید ضخامت آن بیشتر از پنج میلی‌متر باشد. گرچه انحرافات کوچک موضعی مجازند.

مواد کلاhek گذاری، ملاتی تشکیل شده از سه قسمت وزنی سیمان کلسیم آلومینات، یک قسمت وزنی ماسه نرم (ریز) (اکثر آن عبوری از الک ۳۰۰ میکرونی طبق استاندارد بند ۲-۷) است. از سیمان‌های دیگر منطبق با استاندارد بند ۲-۳ به شرطی که در زمان آزمون، مقاومت ملات دست‌کم برابر با مقاومت بتن باشد، می‌توان استفاده کرد.

آزمونه را از یک سر روی صفحه فلزی افقی قرار دهید. حلقه‌ای فولادی که ابعادی به اندازه آزمونه دارد و رویه بالایی آن تراشیده شده است را به سر بالایی آزمونه که نیاز به کلاhek گذاری دارد، محکم کنید. به گونه‌ای که رویه بالایی حلقه فولادی، افقی و از بلندترین بخش سطح بتن بالاتر باشد.

درون حلقه را با ماده کلاhek گذاری پر کنید تا سطح محدبی بالای حلقه تشکیل شود. سپس با صفحه کلاhek گذاری شیشه‌ای که با لایه نازکی از روغن قالب اندود شده، ماده کلاhek گذاری را با حرکت دورانی صفحه شیشه‌ای فشار دهید تا صفحه شیشه‌ای به‌طور کامل با رویه حلقه تماس پیدا کند.

آزمونه را با حلقه و صفحه کلاhek گذاری در محلی با رطوبت نسبی بیشتر یا مساوی ۹۵٪ و دمای (20 ± 5) درجه سلسیوس قرار دهید. هنگامی که ملات به اندازه‌ای سخت شد تا در اثر جابه‌جایی آسیب نبیند، صفحه شیشه‌ای و حلقه کلاhek گذاری را بردارید.

یادآوری - در زمان آزمون باید مقاومت کلاhek دست کم به اندازه مقاومت آزمونه باشد.

الف-۴ کلاhek گذاری با روش مخلوط گوگرد

قبل از کلاhek گذاری، مطمئن شوید سطح آزمونه‌ای که می‌خواهید کلاhek گذاری کنید خشک، تمیز و عاری از هرگونه ذرات سست است.

کلاhek باید تا حد امکان نازک باشد و نباید ضخامت آن بیشتر از پنج میلی‌متر باشد، گرچه انحرافات کوچک موضعی مجازند. معمولاً مخلوط‌های گوگرد کلاhek گذاری آماده، مناسب هستند در غیر این صورت مواد کلاhek گذاری را می‌توان با مخلوط کردن نسبت‌های وزنی برابری از گوگرد و ماسه سیلیسی نرم (ریز) (اکثر آن عبوری از الک ۲۵۰ میکرونی و مانده بر روی الک ۱۲۵ میکرونی طبق استاندارد بند ۲-۷) تهیه کرد. مقدار کمی حداکثر تا ۲٪ کربن سیاه می‌توان اضافه کرد.

مخلوط را تا دمای پیشنهادی تولید کننده یا تا دمایی که در حین هم‌زدن مداوم، غلظت مطلوبی برای مخلوط به‌دست آید، حرارت دهید. برای اطمینان از همگنی مخلوط و جلوگیری از تشکیل رسوب در ته ظرف ذوب، مخلوط را دائماً هم‌بزنید.

یادآوری ۱- اگر عملیات کلاhek گذاری باید به‌طور مکرر انجام شود، توصیه می‌شود از دو ظرف ذوب که دمای آن با ترموستات کنترل می‌شود، استفاده کنید.

یادآوری ۲- میزان مخلوط در ظرف ذوب نباید بیش از حد کم شود، در این صورت خطر تشکیل بخار گوگرد و اشتعال آن افزایش می‌یابد.

هشدار- باید سامانه^۱ مکش دود در هنگام ذوب کردن روشن باشد، تا تمام بخار گوگرد که از هوا سنگین‌تر است را خارج کند. دقت کنید، دمای مخلوط در محدوده مشخص شده نگه داشته شود تا خطر آلودگی کاهش یابد.

مخلوط گوگرد مذاب را روی صفحه یا قالب کلاهک گذاری ریخته، آزمون را از یک سر به صورت عمودی پایین آورده درون ظرف مخلوط گوگرد مذاب قرار دهید. اجازه دهید تا مخلوط سخت شده سپس این کار را برای سر دیگر آزمون تکرار کنید. برای اطمینان از موازی بودن سطوح کلاهک گذاری شده آزمون از قاب کلاهک گذاری استفاده کنید. برای جدا شدن آسان صفحات کلاهک گذاری و قالب‌ها، آن‌ها را با روغن معدنی آغشته کنید.

یادآوری ۳- در صورت نیاز مواد کلاهک گذاری اضافی را از لبه‌های آزمون پاک کنید.

آزمون را بررسی کنید و مطمئن شوید که مواد کلاهک گذاری به هر دو سر آزمون چسبیده است. در صورتی که لایه کلاهک گذاری تو خالی به نظر می‌رسد کلاهک را برداشته، دوباره کلاهک گذاری را انجام دهید. ۳۰ دقیقه پس از کلاهک گذاری، آزمون مقاومت فشاری را بر روی آزمون انجام دهید.

الف-۵ کلاهک گذاری آزمون‌های استوانه‌ای با روش کلاهک فولادی

الف-۵-۱ آماده سازی

این روش در شکل الف-۱ نشان داده شده است.

قبل از کلاهک گذاری، مطمئن شوید سطح آزمون‌ای که می‌خواهید کلاهک گذاری کنید تمیز و عاری از هرگونه ذرات سست است.

ماسه مورد استفاده باید ماسه سیلیسی نرم (ریز) اکثر آن عبوری از الک ۲۵۰ میکرونی و مانده بر روی الک ۱۲۵ میکرونی طبق استاندارد بند ۲-۷ باشد.

الف-۵-۲ وسایل

الف-۵-۲-۱ کلاهک‌های فولادی

شکل و ابعاد کلاهک‌های فولادی در شکل الف-۲ نشان داده شده است.

- مقاومت ارتجاعی فولاد به کار رفته برای کلاهک‌های فولادی باید دست کم ۴۰ مگاپاسکال باشد.

- رواداری ابعاد کلاهک ۰/۱ میلی‌متر است.

- هر کلاهک باید دارای سوراخی برای دمیدن هوای فشرده باشد. هنگام قرار دادن آزمون و آزمون کردن آن، این سوراخ باید با درپوشی مسدود گردد.

الف-۵-۲-۲ قاب کلاهک گذاری

کلاهک گذاری شامل موارد زیر است (شکل الف-۳ را ببینید):

- از وسیله‌ای راهنما برای اطمینان از اینکه رواداری قائم بودن سطح جانبی آزمون و سطح تماس کلاهک در

قاب ۰/۵ میلی‌متر، و رواداری هم محور بودن هر کلاهک و آزمون ۰/۵ میلی‌متر است، استفاده کنید؛

- دو گیره برای بستن کلاهک در وسط صفحه افقی قاب؛

- ابزار مکانیکی برای قفل کردن کلاhek ماسه در مقابل گیره‌ها؛
- ابزاری برای نگه داشتن آزمون درون غلاف آزمون؛
- برای اطمینان از توزیع یکنواخت و تراکم ماسه درون کلاhek‌ها، لرزاننده‌ای در زیر صفحه افقی قاب نصب شده است؛
- مجموعه‌ای جداکننده برای جلوگیری از انتقال لرزش به قسمت نگه‌دارنده و حصول اطمینان از قرارگیری نسبتاً صحیح بین آزمون و دو کلاhek.

الف-۵-۲-۳ دستگاه دمنده هوای فشرده، برای آزاد کردن کلاhek‌ها.

الف-۵-۲-۴ بالن، برای نگه‌داری پارافین.

الف-۵-۲-۵ صفحه داغ، دارای ترموستات برای ذوب کردن پارافین در دمای (110 ± 10) درجه سلسیوس.

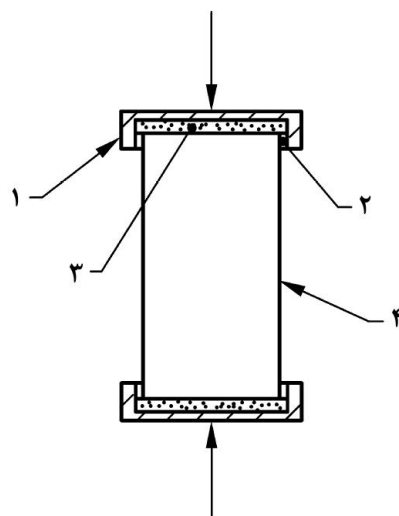
الف-۵-۲-۶ ظرف مدرج، برای اندازه‌گیری حجمی از ماسه متناظر با ارتفاع (10 ± 2) میلی‌متر در کلاhek.

الف-۵-۲-۷ موم پارافین با نقطه انجماد (60 ± 10) درجه سلسیوس.

الف-۵-۳ روش کار

قاب کلاhek‌گذاری را در روی سطح کار، بصورت افقی قرار دهید. یکی از کلاhek‌های فولادی را روی قاب قرار داده، در جای خود قفل کنید. حجم مورد نیازی از ماسه را در وسط کلاhek بدون پخش‌شدگی بریزید. پس از پاک کردن سطوح تکیه‌گاهی، آزمون را در روی کپه‌ای از ماسه قرار داده، در جای خود محکم کرده، لرزاننده را به مدت (5 ± 2) ثانیه روشن کنید. مطمئن شوید که غلتک‌های راهنما به درستی در مقابل آزمون قرار گرفته‌اند. موم پارافین را در کناره‌های کلاhek بریزید و اجازه دهید تا سفت شود. آزمون را از جای خود باز کرده، به صورت وارونه روی سطح کار بگذارید. این کار را برای کلاhek دوم نیز انجام دهید. هنگام چاب‌جایی آزمون، سطح زیر کلاhek را نگه‌دارید. پس از پایان آزمون مقاومت فشاری، کلاhek‌های فولادی را از باقی‌مانده آزمون با دمیدن هوا از سوراخ تعبیه شده برای این کار جدا کنید.

یادآوری- پیشنهاد می‌شود برای محدود کردن مقدار گرد و غبار هنگام باز کردن کلاhek‌های فولادی از دو سر آزمون گسیخته شده، آن را با پوشش مناسبی بپوشانید.



۱: کلاهک فولادی

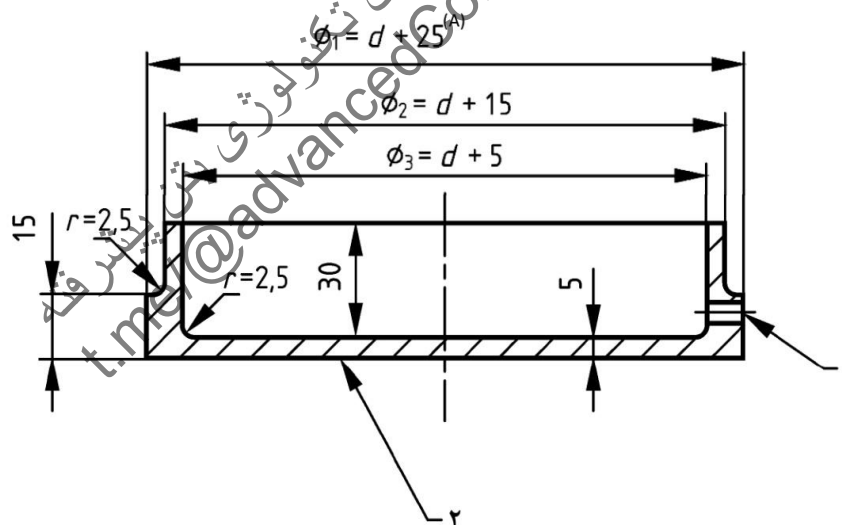
۲: پارافین

۳: ماسه

۴: آزمون

شکل الف ۱- کلاهک گذاری به روش کلاهک فولادی

ابعاد به میلی متر است.



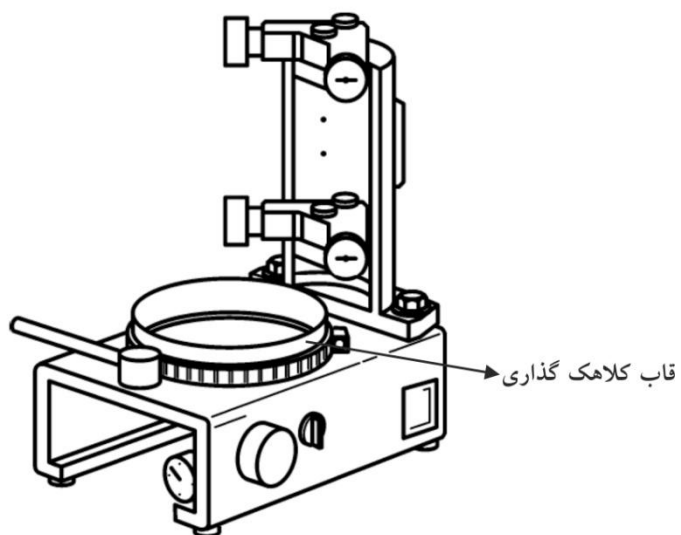
۱: سوراخ دمیدن هوای فشرده برای آزاد کردن جعبه

۲: سطح در تماس با صفحه (تختی سطح $d/100$)

A: حداقل ۲۵ میلی متر

d: قطر انتخابی آزمون

شکل الف ۲- جزئیات کلاهک فولادی



شکل الف ۳- دستگاه کلاهک گذاری

کانال تکنولوژی بتن پیشرفته
t.me/advancedConcreteTechnology

پیوست ب (الزامی)

روش آزمون برای آزمونه‌هایی که ابعاد آن مطابق رواداری اندازه انتخابی
بیان شده در استاندارد بند ۲-۱ نمی‌باشد.

ب-۱ اصول

قبل از آزمون مقاومت فشاری، ابعاد آزمونه را در چند محل اندازه‌گیری کرده، میانگین آن‌ها را محاسبه کنید. مساحت مقطع عرضی و جوهی که بار به آن‌ها اعمال می‌شود را محاسبه کنید. آزمونه طبق بند ۶ آزمون می‌شود مگر اینکه الزامات اضافی مربوط به صفحات دستگاه آزمون، صفحات کمکی یا بلوک‌های پرکننده (فاصله دهنده) وجود داشته باشد.

ب-۲ وسایل

کولیس‌ها یا خط‌کش‌های مناسب که توانایی اندازه‌گیری ابعاد آزمونه را تا دقت ۰/۵٪ ابعاد آزمونه داشته باشد.

ب-۳ روش انجام آزمون

ب-۳-۱ آزمونه‌های مکعبی

ب-۳-۱-۱ هریک از ابعاد آزمونه را در راستاهای عمود بر هم (محورهای x ، y ، z)، خطوطی که در شکل‌های ب ۱ و ب ۲ نشان داده شده، با دقت ۰/۵٪ ابعاد مربوطه اندازه‌گیری کنید. اگر هریک از ابعاد به اندازه ۳٪ بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از اندازه انتخابی باشد، آزمونه‌ها را رد کرده یا مطابق پیوست الف اصلاح کنید.

ب-۳-۱-۲ مقادیر میانگین (x_m ، y_m) را از شش اندازه‌گیری در هر جهت روی جوه بارگذاری محاسبه کرده تا نزدیک‌ترین یک میلی‌متر بعد بیان کنید.

ب-۳-۱-۳ مساحت وجه بارگذاری آزمونه مکعبی را طبق معادله (ب ۱) محاسبه کرده تا نزدیک‌ترین یک میلی‌متر مربع گزارش کنید.

$$A_c = x_m \times y_m \quad (\text{ب } ۱)$$

که در آن:

A_c مساحت سطح بارگذاری به میلی‌متر مربع؛

x_m مقدار میانگین شش اندازه‌گیری در جهت محور x به میلی‌متر؛

y_m مقدار میانگین شش اندازه‌گیری در جهت محور y به میلی‌متر.

ب-۳-۲ آزمون‌های استوانه‌ای یا مغزه‌گیری شده

ب-۳-۲-۱ سه بار قطر آزمون‌های استوانه‌ای را در هر دو سر آزمون و در محل‌هایی که با یکدیگر زاویه ۶۰ درجه دارند با دقت ۰/۵٪ بعد اندازه‌گیری کنید (شکل ب ۳ را ببینید). ارتفاع آزمون‌های استوانه‌ای یا مغزه‌گیری شده با دقت ۰/۵٪ بعد در سه محل با زاویه ۱۲۰ درجه نسبت به هم اندازه‌گیری کنید (شکل ب ۴ را ببینید). اگر هریک از ابعاد به اندازه ۳٪ بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از اندازه انتخابی باشد، آزمون‌ها را رد کرده یا طبق پیوست الف تنظیم کنید.

ب-۳-۲-۲ قطر میانگین (d_m) سطح بارگذاری آزمون‌های استوانه‌ای یا مغزه‌گیری شده را از شش اندازه‌گیری انجام شده محاسبه کرده، تا نزدیک‌ترین یک میلی‌متر بعد گزارش کنید.

ب-۳-۲-۳ مساحت سطح بارگذاری آزمون‌های استوانه‌ای یا مغزه‌گیری شده را طبق معادله (ب ۲) محاسبه کرده تا نزدیک‌ترین یک میلی‌متر مربع گزارش کنید.

$$A_c = \frac{\pi \times d_m^2}{4} \quad (\text{ب } ۲)$$

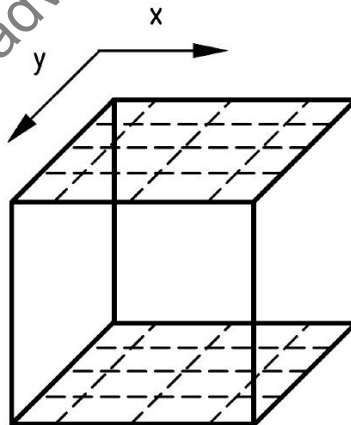
که در آن:

A_c مساحت سطح بارگذاری به میلی‌متر مربع؛

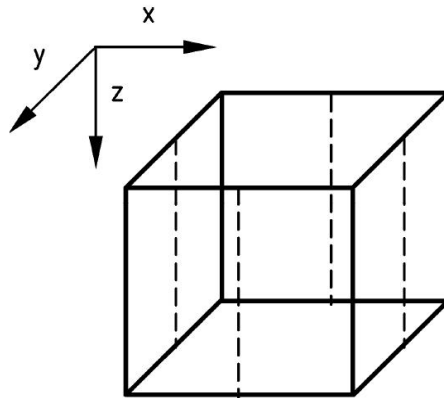
d_m قطر میانگین به میلی‌متر.

ب-۳-۳ آزمون مقاومت فشاری

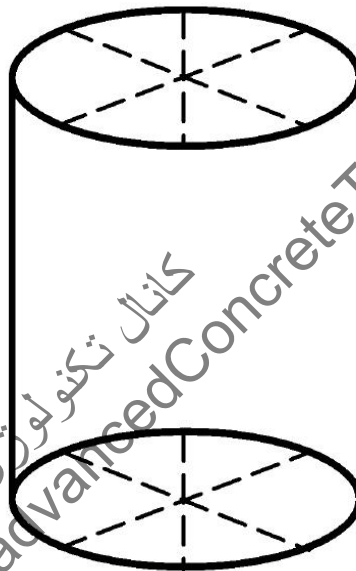
آزمون‌ها را طبق بند ۶ آزمون کنید، با این تفاوت که ابعاد صفحات دستگاه آزمون، صفحات کمکی یا بلوک‌های پرکننده (فاصله دهنده) باید بزرگ‌تر یا برابر با ابعاد سطوح در تمامی آزمون‌ها با آن‌ها باشد.



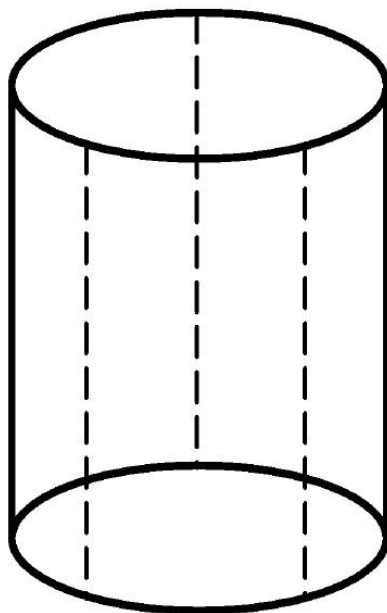
شکل ب ۱- خط‌چین‌ها، محل‌های اندازه‌گیری سطوح بارگذاری آزمون‌های مکعبی را نشان می‌دهد.



شکل ب ۲- خط چین‌ها، محل‌های اندازه‌گیری سطوح غیر بارگذاری آزمون‌های مکعبی را نشان می‌دهد.



شکل ب ۳- خط چین‌ها، محل‌های اندازه‌گیری قطر سطوح دو سر آزمون استوانه‌ای را نشان می‌دهد.



شکل ب ۴- خط چین‌ها محل‌های اندازه‌گیری ارتفاع آزمون‌ه استوانه‌ای را نشان می‌دهد.

کانال تکنولوژی بتن پیشرفته
t.me/@advancedConcreteTechnology

پیوست ج
(اطلاعاتی)

کتابنامه

- [1] ISO 5725-1, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 1:
General principles and definitions
[2] Series BS 1881, Testing concrete

کانال تکنولوژی بتن پیشرفته
t.me/@advancedConcreteTechnology