



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۵۸۱

تجدید نظر دوم

۱۳۹۳

INSO

581

2nd.Revision

2015

بتن - ساخت و عمل آوری آزمون‌های بتن
در آزمایشگاه - آیین کار

Concrete – Making and curing concrete
test specimens in the laboratory –
Code of Practice

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 ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای 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 آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها 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 - ساخت و عمل آوری آزمونه‌های بتن در آزمایشگاه - آیین کار»

رئیس:

عباسی رزگله، محمد حسین
(کارشناس مهندسی مواد)

سمت و / یا نمایندگی

اداره کل نظارت بر اجرای استانداردهای
صنایع غیرفلزی

دبیر:

ارشد، بهمن
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

امیری، احمد

(کارشناس مهندسی عمران)

شرکت بنیاد بتن آذربادگان

تقی‌زادیه، نادر

(کارشناس ارشد زمین شناسی)

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

حیدرپور، هادی

(کارشناس مهندسی عمران)

کارشناس

روا، افشین

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی

ظهوری، رضا

(کارشناس مهندسی عمران)

بتن آماده لطفی

عدالتی، حسین

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

بتن آماده آذران

مشاور، عاطف

(کارشناس مهندسی عمران)

شرکت تکین ساز آزما

مشک‌آبادی، کامبیز

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر

آزمایشگاه جهاد تحقیقات سهند

موسوی، محمد
(کارشناس مهندسی عمران)

شرکت اتحاد بناب

مهدی پور، مهدی
(کارشناس مهندسی عمران)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ه	پیش گفتار
و	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۳	۳ وسایل
۶	۴ آزمون‌ها
۸	۵ آماده‌سازی مواد
۱۰	۶ روش انجام آزمون
۱۶	۷ عمل‌آوری
۱۷	۸ دقت و اریبی

پیش گفتار

استاندارد «بتن- ساخت و عمل‌آوری آزمون‌های بتن در آزمایشگاه - آیین‌کار» 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 دومین بار مورد تجدید نظر قرار گرفت و در پانصد و هفتاد و چهارمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۹۳/۱۲/۱۲ تصویب شد. اینک این استاندارد 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.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۵۸۱: سال ۱۳۸۳ می‌شود.

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

ASTM C192/C192M: 2014, Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory

بتن - ساخت و عمل آوری آزمونه‌های بتن در آزمایشگاه - آیین کار

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش‌هایی برای ساخت و عمل آوری آزمونه‌های بتن متراکم شده با میلزنی یا ارتعاش در آزمایشگاه با کنترل دقیق مواد و شرایط آزمون است.

این آیین کار، الزامات استاندارد برای آماده‌سازی مواد، اختلاط بتن، ساخت و عمل آوری آزمونه‌های بتن تحت شرایط آزمایشگاهی را ارائه می‌کند.

در صورت کنترل شرایط آماده‌سازی آزمونه مطابق با این استاندارد، می‌توان از آزمونه‌ها برای ارائه اطلاعات زیر استفاده نمود:

- تعیین نسبت‌های اختلاط بتن مورد استفاده در پروژه؛
- ارزیابی مخلوط‌ها و مواد مختلف؛
- همبستگی با آزمون‌های غیر مخرب؛
- تهیه آزمونه‌هایی برای اهداف تحقیقاتی.

هشدار ۱- مخلوط‌های تازه حاوی سیمان هیدرولیکی سوزش‌آور است و در صورت تماس طولانی ممکن است باعث سوختگی‌های شیمیایی در پوست و بافت شود.

هشدار ۲- 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 و قبل از استفاده، محدودیت‌های اجرایی آن را مشخص کند.

یادآوری- نتایج آزمون بتن حاصل از آزمونه‌های ساخته و عمل آوری شده طبق شرایط این استاندارد، موارد کاربرد بسیاری دارد. از آن‌ها می‌توان به عنوان مبنایی برای آزمون پذیرش بتن مورد استفاده در پروژه، ارزیابی‌های تحقیقاتی و سایر مطالعه‌ها استفاده کرد. رعایت موارد احتیاطی و فنی در جابجایی مواد، اختلاط بتن، قالب‌گیری و عمل آوری آزمونه‌ها ضروری است. بسیاری از آزمایشگاه‌های انجام دهنده این آزمون، به صورت مستقل بازرسی و اعتباردهی شده‌اند. استاندارد ASTM C1077، وظایف، مسئولیت‌ها، حداقل الزامات صلاحیت فنی کارکنان آزمایشگاه و حداقل الزامات تجهیزاتی برای آزمون بتن و سنگدانه‌های بتنی را ارائه می‌کند.

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 ۶۰۴۶، بتن- تعیین زمان گیرش مخلوط‌های بتنی به‌وسیله مقاومت در برابر نفوذ- روش آزمون

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۲۶۸، بتن- تعیین دمای بتن حاوی سیمان هیدرولیکی تازه مخلوط شده- روش آزمون

۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۸۰، سنگدانه- تعیین چگالی، چگالی نسبی (وزن مخصوص) و جذب آب سنگدانه‌ریز- روش آزمون

۴-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۳۸۲۳، روش آزمون تعیین اندازه‌گیری مقدار هوای موجود در بتن تازه (روش حجمی)

۵-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۸۵، سنگدانه- سبکدانه برای بتن سازه‌ای- ویژگی‌ها

۶-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۰۴۰، اتاق اختلاط، محفظه رطوبت، اتاق رطوبت و حوضچه‌های آب مورد استفاده در آزمون سیمان هیدرولیکی و بتن‌ها- ویژگی‌ها

۷-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۸۳، روش تعیین رطوبت کل سنگدانه‌ها

2-8 ASTM C70, Test Method for Surface Moisture in Fine Aggregate

2-9 ASTM C125, Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates

2-10 ASTM C127, Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate

2-11 ASTM C138/C138M, Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete

2-12 ASTM C143/C143M, Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete

2-13 ASTM C172/C172M, Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete

2-14 ASTM C231/C231M, Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method

2-15 ASTM C470/C470M, Specification for Molds for Forming Concrete Test Cylinders Vertically

2-16 ASTM C494/C494M, Specification for Chemical Admixtures for Concrete

2-17 ASTM C617/C617, M Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens

2-18 ASTM C1077, Practice for Agencies Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Testing Agency Evaluation

2-19 ACI 211.3, Practice for Selecting Proportions for No-Slump Concrete

2-20 ACI 309R, Guide for Consolidation of Concrete

۳ وسایل

۱-۳ قالبها

۱-۱-۳ کلیات

قالبها و چفت و بست آنها که در تماس با بتن هستند، باید از فولاد، چدن یا سایر مواد غیر جاذبی که با بتن حاوی سیمانهای پرتلند یا هیدرولیکی واکنش نمی‌دهند، ساخته شوند. ابعاد و رواداری قالبها باید مطابق با الزامات مشخص شده در استاندارد مربوط باشند. قالبها باید بتوانند ابعاد و شکل خود را در شرایط کاربری حفظ کنند. نشت‌ناپذیری قالب در مدت استفاده باید از طریق قابلیت نگهداری آب ریخته شده در داخل آنها مشخص شود. روش‌های انجام آزمون نشت‌ناپذیری مطابق با استاندارد ASTM C470/C470M است. برای جلوگیری از نشتی آب از محل اتصالات قالب باید از یک آب‌بند مناسب نظیر گریس غلیظ، رس مدل‌سازی یا موم بلورین‌ریز استفاده شود. برای اتصال محکم قالبها به صفحات پایه باید وسایل معینی فراهم شود. قالبهای چندبار مصرف باید قبل از استفاده با روغن معدنی یا مواد رهاساز مناسب غیر واکنش‌گر پوشش داده شوند.

۲-۳ قالبهای استوانه‌ای

۱-۲-۳ برای قالب‌گیری آزمون‌ها به صورت عمودی، قالبها باید مطابق با الزامات بند ۱-۳ و استاندارد ASTM C470/C470M باشند.

۲-۲-۳ قالبهای افقی برای آزمون‌های استوانه‌ای خزش باید مطابق با الزامات بند ۱-۳ و الزامات تقارن و رواداری ابعادی استاندارد ASTM C470/C470M باشند. استفاده از قالبهای افقی فقط برای آزمون‌های خزشی که کرنش‌سنج‌هایی به‌طور محوری در آن تعبیه شده‌اند، مورد نظر است. قالبهای استوانه‌ای خزش در حالت افقی پر شده و باید دارای سوراخی برای ریختن بتن به موازات محور قالب باشند، این سوراخ در کل طول قالب ادامه دارد. عرض سوراخ باید نصف قطر آزمون باشد. در صورت ضرورت، لبه‌های سوراخ باید برای حفظ پایداری ابعادی تقویت شود. به‌غیر از مواردی که برای ایجاد سطوح انتهایی صاف، آزمون‌ها کلاهدک‌گذاری یا ساییده می‌شوند، قالبها باید با دو صفحه انتهایی فلزی ماشین‌کاری شده با حداقل ضخامت ۲۵mm ارائه شوند، سطح این صفحات باید مطابق با الزامات تختی و زبری استاندارد ASTM C617/C617M باشد. برای اتصال محکم دو صفحه انتهایی به قالب باید وسایل لازم فراهم شود. سطح داخلی هر یک از صفحات باید دارای حداقل سه برجستگی یا گل‌میخ با طول تقریبی ۲۵mm باشد تا صفحه به‌طور ثابت در بتن محکم شود. کنج داخلی یکی از صفحه‌ها باید سوراخ شود تا امکان خروج سیم رابط کرنش‌سنج آزمون از کناره صفحه وجود داشته باشد. تدارکات لازم باید برای جابجایی دقیق کرنش‌سنج انجام شود. تمامی سوراخ‌های موردنیاز باید تا حد امکان کوچک باشند تا تداخلی در اندازه‌گیری‌های بعدی کرنش ایجاد نکنند، سوراخها باید برای جلوگیری از نشت، آب‌بندی شوند.

۳-۳ قالبهای تیری و منشوری

قالبها باید به‌شکل مستطیلی بوده (مگر این که به‌صورت دیگری مشخص شده باشد) و ابعادشان برای آزمون

موردنظر کافی باشد. سطوح داخلی قالب‌ها باید صاف و عاری از دندانه باشند. جوانب، سطح تحتانی و دو انتهای قالب باید دارای زوایای قائم نسبت به یکدیگر بوده و سطوح آن‌ها باید مستقیم، راست و عاری از تاب باشند. حداکثر انحراف از سطح مقطع اسمی نباید بیش از ۳mm برای قالب‌هایی با عمق یا پهنای ۱۵۰mm یا بیشتر و برای قالب‌هایی با عمق یا پهنای کمتر نباید بیش از ۲mm باشد. به استثنای آزمون‌های خمشی، قالب‌ها نباید بیش از ۲mm از طول اسمی اختلاف داشته باشند. قالب‌های خمشی نباید بیش از ۲mm از طول موردنیاز کوچکتر باشند، اما می‌تواند بلندتر باشد.

۴-۳ میله تراکم

میله تراکم باید فولادی، راست، صاف و مدور بوده و قطر آن مطابق با الزامات جدول ۱ باشد. طول میله تراکم حداقل باید ۱۰۰mm بزرگتر از عمق قالب موردنظر برای میلزنی باشد، اما طول کلی آن نباید بیشتر از ۶۰۰mm باشد (به یادآوری این بند مراجعه کنید). انتهای کوبشی یا هر دو انتهای میله باید مدور یا نیم‌کره‌ای با همان قطر میله باشد.

یادآوری- یک میله با طول (۴۰۰ تا ۶۰۰)mm، الزامات استاندارد ملی ایران شماره ۳۸۲۳ و استانداردهای ASTM C31/C31M، ASTM C138/C138M، ASTM C143/C143M و ASTM C231/C231M را برآورد می‌کند.

۵-۳ چکش

باید از یک چکش با سر پلاستیکی یا چرم شده با وزن (0.2 ± 0.06) Kg استفاده شود.

۶-۳ لرزاننده‌ها

۱-۶-۳ لرزاننده‌های درونی

بسامد لرزاننده در حین عملیات باید حداقل ۹۰۰۰ نوسان در هر دقیقه باشد. قطر لرزاننده مدور نباید بیش از یک‌چهارم قطر قالب استوانه‌ای یا یک‌چهارم عرض قالب تیری یا منشوری باشد. لرزاننده‌های غیر مدور باید دارای محیطی برابر با محیط یک لرزاننده مدور مناسب باشند. مجموع طول استوانه لرزاننده و عضو لرزان باید حداقل ۷۵mm از عمق قسمتی که لرزاننده می‌شود، بیشتر باشد. بسامد لرزاننده باید حداقل در هر دو سال یا هر زمانی که سازنده پیشنهاد کند، با سرعت‌سنج ارتعاشی یا وسایل مناسب دیگر بررسی شود.

یادآوری- برای آگاهی از اندازه و بسامد لرزاننده‌های مختلف و روش بررسی بسامد آن‌ها به مدرک ACI 309R مراجعه کنید.

۲-۶-۳ لرزاننده‌های بیرونی

دو نوع از لرزاننده‌های بیرونی (میزی یا تخته‌ای) مجاز هستند. بسامد لرزاننده بیرونی باید حداقل ۳۶۰۰ نوسان در هر دقیقه باشد.

۳-۶-۳ در هر دو نوع از لرزاننده‌ها باید وسایل لازم برای محکم بستن قالب به دستگاه فراهم شود.

یادآوری- ضربه‌های ارتعاشی که به‌صورت مکرر به میز یا تخته لرزاننده اعمال می‌شود، می‌تواند از طریق وسایل الکترومغناطیسی یا یک وزنه خارج از مرکز روی محور یک موتور الکتریکی یا یک محور مجزا که با یک موتور می‌چرخد، ایجاد شود.

جدول ۱- قطر میله تراکم و تعداد میلزنی مورد استفاده برای قالب‌گیری آزمون‌ها

آزمون‌های استوانه‌ای		
تعداد ضربه‌ها در هر لایه	قطر میله تراکم mm	قطر استوانه mm
۲۵	10 ± 2	۱۵۰ تا ۷۵
۲۵	16 ± 2	۱۵۰
۵۰	16 ± 2	۲۰۰
۷۵	16 ± 2	۲۵۰
آزمون‌های تیری و منشوری		
تعداد ضربه‌ها در هر لایه	قطر میله تراکم mm	مساحت سطح فوقانی آزمون cm ²
۲۵	10 ± 2	۱۶۰ یا کمتر
یک ضربه در هر ۷cm ² از سطح	10 ± 2	۳۱۰ تا ۱۶۵
یک ضربه در هر ۱۴cm ² از سطح	16 ± 2	۳۲۰ یا بیشتر
استوانه‌های افقی خزش		
تعداد ضربه‌ها در هر لایه	قطر میله تراکم mm	قطر استوانه mm
۵۰ ضربه (۲۵ ضربه در امتداد هر دو طرف محور استوانه)	16 ± 2	۱۵۰

۷-۳ ابزارهای کوچک

ابزارها و وسایلی نظیر بیلچه‌ها، سطل‌ها، ماله‌ها، تخته‌ماله‌ها، ماله‌های لبه‌پهن، شمشه، فیلر، چمچه‌ها، خط‌کش - ها، دستکش‌های لاستیکی و کاسه‌های اختلاط فلزی باید فراهم شوند.

۸-۳ وسایل اسلامپ

وسایل اندازه‌گیری اسلامپ باید مطابق با الزامات استاندارد ASTM C143/C143M باشد.

۹-۳ تست نمونه‌برداری و اختلاط

کف تشت باید صاف بوده و از فلزات سنگین‌وزن، نشت‌ناپذیر و با عمق مناسب و گنجایش کافی باشد تا امکان اختلاط آسان کل پیمانان با بیلچه یا ماله را فراهم سازد یا در صورت اختلاط با دستگاه، تشت باید کل پیمانان تخلیه‌شده از مخلوط‌کن را در خود جای داده و امکان اختلاط مجدد آن در تشت با ماله یا بیلچه وجود داشته باشد.

۳-۱۰ تجهیزات الک کردن به روش تر

در صورتی که الک کردن به روش تر مورد نیاز است، تجهیزات مربوط باید مطابق با الزامات استاندارد ASTM C172/C172M باشد.

۳-۱۱ دستگاه اندازه گیری مقدار هوا

دستگاه اندازه گیری مقدار هوا باید مطابق با الزامات استاندارد ملی ایران شماره ۳۸۲۳ یا استاندارد ASTM C231/C231M باشد.

۳-۱۲ ترازوها

ترازوهای مورد استفاده برای توزین پیمانهای مواد و بتن باید دارای دقتی در حدود 0.3% وزن اندازه گیری شده در گستره مورد کاربرد باشد.

یادآوری- به طور کلی بهتر است جرم های کوچک با ترازوهای دارای ظرفیت بالا اندازه گیری نشوند. در بیشتر کاربردها، کمترین جرمی که با یک ترازو اندازه گیری می شود، بهتر است از 10% حداکثر ظرفیت ترازو بیشتر باشد، در هر حال، این عدد بیشتر به مشخصات عملکردی ترازو و دقت مورد نیاز توزین بستگی دارد. ترازوهای قابل قبول برای اندازه گیری جرم مواد بتن ترجیحاً بهتر است دقتی در حدود 0.1% ظرفیت کلی ترازو را داشته باشند، ولی در هر صورت احتیاط ذکر شده در بالا رعایت شود. ترازوهای رقومی دقیق از این قاعده مستثنی بوده و بهتر است دقت توزین آن 0.01% باشد. دقت اندازه گیری جرم های کوچک از طریق تعیین اختلاف میان دو توزین یک جرم خیلی بزرگ با و بدون این جرم کوچک صورت می گیرد.

۳-۱۳ وسیله اندازه گیری دما

وسیله اندازه گیری دما باید مطابق با الزامات استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۲۶۸ باشد.

۳-۱۴ مخلوط کن بتن

مخلوط کن برقی بتن باید به صورت یک دیگ چرخان، مخلوط کن دوار کج شونده، تاوه چرخان مناسب یا یک مخلوط کن پره ای چرخان که قادر به اختلاط کامل پیمانها با اندازه تعیین شده در اسلامپ مورد نیاز است، باشد.

یادآوری- یک مخلوط کن تاوه ای برای اختلاط بتن با اسلامپ کمتر از ۲۵mm معمولاً نسبت به مخلوط کن با دیگ چرخان مناسب تر است. سرعت دوران، درجه کج شدگی و ظرفیت اسمی مخلوط های دوار کج شونده، همیشه برای اختلاط بتن در آزمایشگاه مناسب نیست. کاهش سرعت دوران و کاهش زاویه کج شدگی از حالت افقی و استفاده از مخلوط کن با ظرفیت کمتر از ظرفیت اسمی سازنده مطلوب تشخیص داده شده است.

۴ آزمونها

۴-۱ آزمونهای استوانه ای

آزمونهای استوانه ای باید مطابق با الزامات مشخص شده در استانداردهای مرتبط باشند و الزامات بند ۴-۴ را نیز برآورده سازند. اگر ابعاد آزمونها در استانداردهای مرتبط مشخص نشده باشد، ابعاد آن باید طوری انتخاب شود که طول آزمون دو برابر قطر آن باشد و با الزامات بند ۴-۴ نیز مطابقت کند.

یادآوری - هنگام انجام مطالعه‌های مقایسه‌ای مطابق با استاندارد ASTM C494/C494M، برای مخلوط بتن شاهد و مخلوط بتن مورد آزمون بهتر است از استوانه‌ای با ابعاد مشابه استفاده شود. برای تعیین نسبت‌های اختلاط بتن پروژه، ابعاد استوانه مورد استفاده در آزمایشگاه ترجیحاً مشابه ابعاد مشخص شده در آزمون پذیرش باشد.

۴-۱-۱ آزمون‌های استوانه‌ای برای آزمون‌هایی غیر از خزش باید قالب‌گیری شده و اجازه داده شود تا استوانه در حالت عمودی باقی بماند تا سخت شود.

۴-۱-۲ آزمون‌های استوانه‌ای خزش را می‌توان در حالت عمودی یا افقی بتن‌ریزی کرد و باید اجازه داده شود تا در همان وضعیت بتن‌ریزی باقی بمانند تا سخت شوند.

۴-۲ آزمون‌های منشوری

آزمون‌های تیری برای مقاومت خمشی، آزمون‌های منشوری برای آزمون‌های یخ‌زدن و آب‌شدن، چسبندگی، تغییر طول، تغییر حجم و غیره باید در امتداد محور افقی‌شان قالب‌گیری شوند، مگر این که در روش آزمون موردنظر به صورت دیگری مشخص شده باشد که در این صورت ابعاد آن باید مطابق با الزامات مشخص شده در روش آزمون موردنظر باشد.

۴-۳ سایر آزمون‌ها

برای انجام آزمون‌های خاص می‌توان از آزمون‌هایی با ابعاد و شکل‌های دیگر استفاده کرد که بهتر است با روش‌های کلی ارائه شده در این استاندارد مطابقت داشته باشد.

۴-۴ اندازه آزمون نسبت به اندازه سنگدانه

قطر آزمون استوانه‌ای یا حداقل ابعاد سطح مقطع آزمون مستطیلی باید حداقل سه برابر حداکثر اندازه اسمی سنگدانه درشت (مطابق تعریف استاندارد ASTM C125) در بتن باشد. هنگامی که حداکثر اندازه اسمی سنگدانه درشت از ۵۰ mm بزرگتر باشد، به غیر از مواردی که به صورت دیگری مشخص شده است، نمونه باید مطابق با استاندارد ASTM C172/C172M با استفاده از الک ۵۰ mm به روش تر الک شود.

۴-۵ تعداد آزمون‌ها

تعداد آزمون‌ها و تعداد پیمان‌های آزمون بستگی به روش انجام آزمون و ماهیت برنامه آزمون دارد. به طور کلی در استانداردهای مرتبط در مورد تعداد آزمون‌ها راهنمایی می‌شود. معمولاً سه آزمون یا بیشتر برای هر سن و شرایط آزمون قالب‌گیری می‌شود، مگر این که به صورت دیگری مشخص شده باشد (به یادآوری این بند مراجعه کنید). آزمون‌های موردنظر برای بررسی یک متغیر معین، بهتر است از سه پیمان مجزا که در روزهای متفاوت مخلوط شده است، ساخته شوند. برای هر متغیر مورد تحقیق، بهتر است در هر روز مشخص تعداد مساوی از آزمون‌ها ساخته شوند. در صورتی که ساخت حداقل یک آزمون برای هر متغیر در یک روز مشخص امکان‌پذیر نباشد، اختلاط کل آزمون‌ها در صورت امکان بهتر است در تعداد روزهای کمتری انجام شود و در هر روز یک مخلوط استاندارد برای مقایسه تهیه شود.

یادآوری- معمولاً آزمون‌های مقاومت فشاری در سن‌های ۷ و ۲۸ روز و آزمون‌های مقاومت خمشی در سن‌های ۱۴ و ۲۸ روز انجام می‌شوند. آزمون‌های حاوی سیمان نوع III معمولاً در سن‌های ۱، ۳، ۷ و ۲۸ روز مورد آزمون قرار می‌گیرند. برای آزمون‌های مقاومت فشاری و خمشی در سن‌های دیرتر معمولاً از ۳ و ۶ ماه و یا یک‌سال استفاده می‌شود. سن‌های دیگر آزمون ممکن است برای سایر انواع آزمون‌ها موردنیاز باشد.

۵ آماده‌سازی مواد

۵-۱ دما

به‌غیر از مواردی که صرفاً دمای بتن مشخص می‌شود، قبل از اختلاط بتن، دمای مواد بتن را به دمای اتاق با گستره °C (۲۰ تا ۳۰) برسانید. در صورت مشخص کردن دمای بتن، روش موردنظر برای رساندن دمای بتن به آن مقدار باید توسط مشخص‌کننده تایید شود.

۵-۲ سیمان

سیمان را در محل خشک، در ظروف ضد رطوبت و ترجیحاً فلزی نگهداری کنید. سیمان باید به‌طور کامل مخلوط شده تا منبع تامین یکنواختی را برای کل آزمون‌ها فراهم کند. آن را باید از الک ۵۰µm (الک شماره ۲۰) یا ریزتر عبور داد تا همه کلوخه‌ها جدا شوند، سپس روی یک ورق پلاستیکی دوباره مخلوط نموده و به ظروف نگهداری نمونه بازگردانید.

۵-۳ سنگدانه‌ها

برای ممانعت از جداسازی سنگدانه‌های درشت، آن‌ها را با توجه به اندازه‌هایشان به قسمت‌های مجزا تقسیم کنید و برای هر پیمان، دوباره آن‌ها را با نسبت‌های مناسبی مخلوط کنید تا دانه‌بندی مطلوب به‌دست آید.

یادآوری- برای پیمانه کردن سنگدانه درشت به‌ندرت از یک محدوده دانه‌بندی مجزا استفاده می‌شود. معمولاً سنگدانه‌های کوچکتر از ۶۰mm را در ۲ تا ۵ محدوده مجزا طبقه‌بندی می‌کنند. اگر سنگدانه‌های بین دو الک بیش از ۱۰٪ کل سنگدانه‌ها باشد، بهتر است نسبت اندازه سوراخ الک بزرگتر به الک کوچکتر بیشتر از ۲ نباشد. در بیشتر اوقات، محدوده‌های دانه‌بندی نزدیک به هم توصیه می‌شود.

۵-۳-۱ سنگدانه‌ریز را تا زمان استفاده در شرایط مرطوب نگهداری کنید تا از جداسازی ذرات آن جلوگیری شود، مگر این که سنگدانه با دانه‌بندی یکنواخت با استفاده از مقسم دارای سوراخ‌های مناسب به محدوده‌های دانه‌بندی مجزا تقسیم شود. اگر برای مطالعه، نیاز به دانه‌بندی غیر معمول باشد، در این صورت سنگدانه‌ریز ممکن است نیازمند خشکاندن و جداسازی در محدوده‌های مجزا باشد. در این حالت برای مثال، اگر مقدار کلی سنگدانه‌ریز موردنیاز بیش از مقدار یک محدوده باشد، در این صورت برای هر پیمان مجزا می‌توان به مقدار موردنیاز از محدوده‌های دانه‌بندی مجزا انتخاب و مخلوط نمود تا به مقدار موردنظر رسید. هنگامی که مقدار کلی سنگدانه ریز تا اتمام آزمون کافی باشد، می‌توان آن‌ها را به‌طور کامل مخلوط کرده و در شرایط مرطوب

نگهداری نمود، سپس آن را به همان صورت به محل موردنظر انتقال داد. وزن مخصوص و جذب آب سنگدانه‌ها را مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۸۰ یا استاندارد ASTM C127 تعیین کنید.

۵-۳-۲ قبل از اختلاط سنگدانه‌ها در بتن، آن‌ها را طوری آماده‌سازی کنید که از شرایط رطوبت یکنواخت و معین آن‌ها اطمینان حاصل کنید. وزن سنگدانه مورد استفاده در پیمان‌ها را با یکی از روش‌های زیر تعیین کنید: ۵-۳-۱-۲-۳-۵ جرم سنگدانه‌های با جذب آب پایین (کمتر از ۱٪) را در شرایط اتاق خشک با کم کردن مقدار آبی که از بتن گیرش نیافته جذب خواهد کرد، تعیین کنید (به یادآوری این بند مراجعه کنید). این روش به‌ویژه برای سنگدانه‌های درشتی که باید در اندازه‌های مجزا پیمان‌ها شوند، مفید است. به دلیل خطر جداشدگی سنگدانه‌های ریز، این روش فقط زمانی برای آن‌ها به کار می‌رود که در محدوده‌های دانه‌بندی مجزا تقسیم شده باشند.

یادآوری- هنگام استفاده از سنگدانه‌های با جذب آب پایین در شرایط اتاق خشک، مقدار آبی که توسط سنگدانه‌ها قبل از گیرش کامل بتن جذب خواهد شد، می‌تواند برابر ۸۰٪ اختلاف میان جذب آب ۲۴h سنگدانه‌ها فرض شود که مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۸۰ یا استاندارد ASTM C127 تعیین می‌شود. مقدار آب موجود در خلل و فرج سنگدانه‌ها در شرایط اتاق خشک مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۸۳ تعیین می‌شود.

۵-۳-۲-۲-۲ محدوده‌های مجزای دانه‌بندی سنگدانه را می‌توان به صورت جداگانه توزین و به مقدار موردنیاز پیمان‌ها در داخل ظرف مخلوط کرده و آن‌ها را قبل از استفاده به مدت ۲۴ h در آب غوطه‌ور کنید. پس از غوطه‌وری، آب اضافی را به‌آهستگی سرریز کنید و وزن ترکیبی سنگدانه و آب اختلاط را تعیین کنید. مقدار آب جذب‌شده توسط سنگدانه‌ها را باید کم کنید. مقدار رطوبت سنگدانه‌ها را می‌توان مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۸۳ و استاندارد ASTM C70 تعیین کرد.

۵-۳-۲-۳-۳ سنگدانه را حداقل ۲۴h قبل از استفاده می‌توان به حالت اشباع رساند و در این شرایط نگهداری کرد، به‌گونه‌ای که رطوبت سطحی آن به حد کافی کم باشد تا از اتلاف رطوبت جلوگیری شود. هنگام استفاده از این روش، مقدار رطوبت سنگدانه را باید تعیین کنید تا امکان محاسبه مقادیر دقیق سنگدانه مرطوب فراهم شود. مقدار رطوبت سطحی موجود باید به عنوان بخشی از مقدار موردنیاز آب اختلاط به حساب آید. رطوبت سطحی سنگدانه‌ریز را می‌توان مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۸۳ و استاندارد ASTM C70 تعیین کرد، مقدار آب جذب‌شده را باید کم کنید. روش اشاره شده در اینجا (مقدار رطوبت با جذب آب اندکی افزایش می‌یابد) بیشتر برای سنگدانه‌ریز قابل استفاده است. این روش برای سنگدانه درشت به دلیل دشواری تعیین دقیق مقدار رطوبت، کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد، ولی در صورت کاربرد، به منظور حصول اطمینان از دستیابی به دانه‌بندی مناسب، هر محدوده دانه‌بندی باید به صورت جداگانه جابجا شود.

۵-۳-۲-۴ سنگدانه‌های ریز یا درشت را می‌توان به حالت اشباع با سطح خشک رساند و تا زمان پیمان‌ها شدن برای استفاده در این شرایط نگهداری کرد. این روش معمولاً برای تهیه مواد با پیمان‌های حجمی کوچک‌تر از $0.707m^3$ کاربرد دارد. از خشکاندن سنگدانه‌ها در مدت توزین و استفاده باید جلوگیری کنید.

۴-۵ سنگدانه‌های سبک

روش‌های مذکور در این استاندارد برای تعیین وزن مخصوص، جذب آب و آماده‌سازی سنگدانه‌ها مربوط به موادی با مقادیر جذب آب معمولی است. بنابراین استفاده از این روش‌ها برای سنگدانه‌های سبک، سرباره سرد شده در هوا و سنگدانه طبیعی متخلخل یا حفره‌دار به دلیل خاصیت جذب آب بالایشان دشوار است. مقدار رطوبت سنگدانه سبک در زمان اختلاط ممکن است اثرات مهمی روی خواص بتن تازه اختلاط و سخت شده مثل کاهش اسلامپ، مقاومت فشاری و مقاومت در برابر یخ‌زدن و آب‌شدن داشته باشد.

۵-۵ مواد افزودنی

مواد افزودنی پودری که به صورت کامل یا نسبتاً زیاد نامحلول بوده و حاوی نمک‌های نم‌گیر نیستند و در مقادیر کم اضافه می‌شوند، بهتر است قبل از اضافه کردن به پیمانان موجود در مخلوط‌کن با بخشی از سیمان مخلوط شوند تا از توزیع یکنواخت و کامل آن در بتن اطمینان حاصل شود. در صورتی که مقادیر مواد نامحلول مورد استفاده از ۱۰٪ جرم سیمان یا پوزولان‌ها بیشتر باشد، بهتر است از روش مشابه با سیمان برای جابجایی و افزودن آن به پیمانان استفاده کنید. مواد افزودنی پودری که به صورت نسبتاً زیاد نامحلول بوده و حاوی نمک‌های نم‌گیر هستند، باعث گلوله‌ای شدن سیمان می‌شوند و بهتر است با ماسه مخلوط شود. مواد افزودنی مایع یا محلول در آب بهتر است پس از حل کردن در آب اختلاط به مخلوط‌کن اضافه شوند. مقدار این محلول باید در محاسبه مقدار آب بتن در نظر گرفته شود. مواد افزودنی ناسازگار غلیظ مانند محلول‌های کلرید کلسیم و برخی از مواد افزودنی هوازا و کندگیر کننده نباید قبل از اضافه شدن به بتن با یکدیگر مخلوط شوند. زمان، ترتیب و روش اضافه کردن برخی از مواد افزودنی به پیمانان بتن می‌تواند اثرات مهمی روی خواص بتن مانند زمان گیرش و مقدار هوا داشته باشد. روش انتخابی نباید از یک پیمانان به پیمانان دیگر تغییر کند.

یادآوری- تجهیزات اختلاط و متعلقات آن‌ها باید به طور کامل تمیز شوند تا اطمینان حاصل شود که مواد افزودنی شیمیایی به کار رفته در پیمانان ناهمسان بتن اثری روی پیمانان بعدی نمی‌گذارند.

۶ روش انجام آزمون

۱-۶ اختلاط بتن

۱-۱-۶ کلیات

بتن را با یک مخلوط‌کن مناسب یا با دست مخلوط کنید، به طوری که اندازه پیمانان بتن ۱۰٪ بیشتر از مقدار مورد نیاز برای قالب‌گیری آزمون‌ها باشد. روش‌های اختلاط دستی برای بتن هوادار یا بتن بدون اسلامپ کاربرد ندارند. اختلاط دستی بهتر است به پیمانان‌هایی با حجم $0.7m^3$ یا کمتر محدود شود. روش‌های اختلاط در بندهای ۶-۱-۲ و ۶-۱-۳ ارائه شده است. اما از روش‌های دیگری نیز ممکن است برای شبیه‌سازی شرایط ویژه یا عملی یا هنگامی که روش‌های ارائه شده در این استاندارد غیر کاربردی باشد، استفاده شود. برای اختلاط با دستگاه، استفاده از مخلوط‌کن‌های دارای دیگ چرخان مناسب است. ضروری است که ترتیب و روش اختلاط

از یک پیمانانه به پیمانانه دیگر تغییر نکنند، مگر این که اثر چنین تغییراتی مطالعه شده باشد.

۶-۱-۲ اختلاط با دستگاه

قبل از شروع چرخش مخلوط‌کن، سنگدانه درشت و مقداری از آب اختلاط و در صورت نیاز مواد افزودنی محلول را طبق بند ۵-۵ به آن اضافه کنید. قبل از اضافه کردن مواد افزودنی، آن را در آب اختلاط حل کنید (در صورت امکان). مخلوط‌کن را راه‌اندازی کنید، سپس سنگدانه‌ریز، سیمان و آب را به مخلوط‌کن در حال چرخش اضافه کنید. در صورتی که اضافه کردن سنگدانه‌ریز، سیمان و آب به مخلوط‌کن در حال چرخش برای یک مخلوط‌کن خاص یا یک آزمون خاص امکان‌پذیر نباشد، این مواد را می‌توانید در زمان توقف مخلوط‌کن پس از اختلاط سنگدانه درشت و مقداری از آب، اضافه کنید (به یادآوری ۱ مراجعه کنید). پس از این که تمامی مواد به مخلوط‌کن اضافه شدند، بتن را به مدت ۳min مخلوط کنید، سپس آن را به مدت ۳min متوقف کنید و دوباره آن را به مدت ۲min مخلوط کنید. در مدت توقف مخلوط‌کن، دهانه آن را برای جلوگیری از تبخیر بپوشانید. در زمان تخلیه پیمانانه، برای جبران ملات باقی‌مانده در مخلوط‌کن احتیاط‌های لازم را در نظر بگیرید تا نسبت‌های آن به هم نخورد (به یادآوری ۲ مراجعه کنید). برای جلوگیری از جداشدگی، بتن باقی‌مانده در مخلوط‌کن را در یک تشت تمیز و مرطوب بریزید و با بیلچه یا ماله دوباره آن را مخلوط کنید تا یکنواخت شود.

یادآوری ۱- کاربر با تجربه می‌تواند آب را به تدریج در مدت اختلاط اضافه کند تا اسلالمپ مطلوب به دست آید.

یادآوری ۲- خارج کردن تمام ملات از مخلوط‌کن دشوار است، برای جبران این مسئله، یکی از روش‌های زیر را می‌توان برای اطمینان از درستی نسبت‌های نهایی پیمانانه به کار برد:

الف- ملات‌زنی^۱ مخلوط‌کن، مخلوط‌کن را بلافاصله قبل از اختلاط پیمانانه مورد آزمون با پیمانانه شبیه‌سازی شده، ملات‌زنی کنید. ملات چسبیده به دیواره مخلوط‌کن پس از تخلیه آن جبران‌کننده کسری ملات پیمانانه مورد آزمون خواهد بود.

ب- مخلوط پرملات، نسبت مخلوط مورد آزمون را بیش از مقدار تعیین شده از قبل، در نظر بگیرید. به‌طور میانگین، ملات چسبیده به دیواره مخلوط‌کن، کسری ملات مخلوط مورد آزمون را جبران می‌کند. در این حالت، مخلوط‌کن قبل از اختلاط مخلوط مورد آزمون باید تمیز شود.

۶-۱-۳ اختلاط دستی

پیمانانه بتن را در یک تشت یا سطل فلزی نشت‌ناپذیر، تمیز (به یادآوری بند ۵-۵ مراجعه کنید) و مرطوب با ماله آجرچینی لبه‌پهن مخلوط کنید. هنگامی که سنگدانه‌ها مطابق با بندهای ۵-۳-۲-۱، ۵-۳-۳-۲ و ۵-۳-۴ آماده‌سازی شوند، به ترتیب زیر عمل کنید:

۶-۱-۳-۱-۱-۳-۱ سیمان، مواد افزودنی پودری نامحلول (در صورت کاربرد) و سنگدانه ریز را بدون اضافه کردن آب به‌طور کامل مخلوط کنید.

۶-۱-۳-۲ سنگدانه درشت را اضافه کنید و کل پیمانانه را بدون اضافه کردن آب مخلوط نمایید تا این که سنگدانه درشت به‌طور یکنواخت در سراسر پیمانانه توزیع شود.

۶-۳-۱-۳ آب و مواد افزودنی محلول (در صورت کاربرد) اضافه کرده و پیمانانه را مخلوط کنید تا بتن همگنی با روانی مطلوب حاصل شود. اگر به دلیل وجود آب اضافی، عمل اختلاط برای تنظیم روانی به طول بیانجامد، پیمانانه باید دور ریخته شده و پیمانانه جدید ساخته شود، به طوری که عمل اختلاط برای انجام آزمون‌های روانی متوقف نشود.

۶-۱-۴ بتن مخلوط‌شده

بخش‌هایی از پیمانانه بتن مخلوط‌شده را برای تهیه آزمون‌های قالب‌گیری شده انتخاب کنید که معرف نسبت‌ها و شرایط واقعی بتن باشد. زمانی که عمل اختلاط مجدد بتن یا نمونه‌گیری آزمون‌ها انجام نمی‌شود، برای جلوگیری از تبخیر، روی بتن باید پوشانده شود.

۶-۲-۲ اسلامپ، مقدار هوا، بازدهی حجمی و دما

۶-۲-۱ اسلامپ

اسلامپ هر پیمانانه بتن را بلافاصله پس از اختلاط مطابق با استاندارد ASTM C143/C143M اندازه‌گیری کنید. یادآوری - آزمون اسلامپ برای بتن خشک با اسلامپ کمتر از ۶mm نامناسب است. برای اطلاع از روش‌های اندازه‌گیری روانی بتن بدون اسلامپ به مدرک ACI 211.3 مراجعه کنید.

۶-۲-۲ مقدار هوا

در صورت لزوم، مقدار هوا را مطابق با استانداردهای ASTM C171/C171M یا ASTM C231/C231M تعیین کنید. برای تعیین مقدار هوای بتن‌های ساخته‌شده با سنگدانه‌های سبک، سرباره کوره بلند سرد شده در هوا یا سنگدانه‌های متخلخل نباید از استاندارد ASTM C231/C231M استفاده شود. بتن مورد استفاده برای تعیین مقدار هوا را دور بریزید.

۶-۲-۳ بازدهی حجمی

در صورت نیاز، بازدهی حجمی هر پیمانانه بتن را مطابق با ASTM C138/C138M تعیین کنید. بتن مورد استفاده برای آزمون‌های اسلامپ و بازدهی حجمی را می‌توان به ظرف اختلاط بازگردانده و دوباره با پیمانانه اصلی مخلوط کرد.

۶-۲-۴ دما

دمای هر پیمانانه بتن را مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۲۶۸ تعیین کنید.

۶-۳ ساخت آزمون‌ها

۶-۳-۱ محل قالب‌گیری

آزمون‌ها را نزدیک محلی که به مدت ۲۴h در آن نگهداری خواهند شد، قالب‌گیری کنید، در صورت امکان پذیر نبودن آن، آزمون‌ها را بلافاصله پس از شمشه‌کشی به محل نگهداری انتقال دهید. قالب‌ها را روی یک سطح

صلب و بدون هر گونه ارتعاش و مزاحمت قرار دهید. هنگام انتقال آزمون‌ها به محل نگهداری از تکان دادن، ضربه‌زدن، کج‌کردن یا خراشیدن سطح آن‌ها جلوگیری کنید.

۲-۳-۶ بتن‌ریزی

بتن را با استفاده از کمچه، ماله لبه‌پهن یا بیلچه در قالب‌ها بریزید. موقع برداشت بتن از ظرف اختلاط، کمچه، ماله یا بیلچه را کاملاً پر کنید تا اطمینان حاصل شود که معرف کل پیمان‌ه بتن است. در صورت ضرورت برای جلوگیری از جداسدگی سنگدانه‌ها در مدت قالب‌گیری آزمون‌ها، بتن موجود در ظرف اختلاط را با بیلچه یا ماله دوباره مخلوط کنید. برای اطمینان از توزیع متقارن بتن و به‌حداقل رساندن جداسدگی سنگدانه درشت در قالب، کمچه یا ماله را نزدیک لبه فوقانی قالب حرکت دهید تا بتن تخلیه شود. قبل از شروع تراکم، برای توزیع بیشتر بتن در داخل قالب از میله تراکم استفاده کنید. در بتن‌ریزی لایه نهایی باید سعی شود که مقدار بتن بیشتری ریخته شود تا پس از تراکم، قالب کاملاً پر شود. نمونه‌های غیرمعرف بتن را به قالب‌های پر نشده اضافه نکنید.

۱-۲-۳-۶ تعداد لایه‌ها

آزمون‌ها را در تعداد لایه‌های نشان داده در جدول ۲ تهیه کنید.

جدول ۲- تعداد لایه‌های موردنیاز برای آزمون‌ها

تعداد لایه‌ها (با عمق تقریباً مساوی)	روش تراکم	اندازه آزمون	نوع آزمون
۲	میل‌زنی	۷۵ تا ۱۰۰	استوانه‌ای
۳	میل‌زنی	۱۵۰	
۴	میل‌زنی	۲۲۵	
۲	لرزاندن	۲۲۵ تا	
۲	میل‌زنی	۲۰۰ تا	منشورها و استوانه‌های افقی خزش
۳ یا بیشتر	میل‌زنی	بیشتر از ۲۰۰	
۱	لرزاندن	۲۰۰ تا	
۲ یا بیشتر	لرزاندن	بیشتر از ۲۰۰	

۴-۶ تراکم

۱-۴-۶ روش‌های تراکم

آماده‌سازی مطلوب آزمون‌ها نیازمند استفاده از روش‌های تراکم مختلف است. روش‌های تراکم عبارتند از میل‌زنی و لرزاندن درونی یا بیرونی. انتخاب روش تراکم مبتنی بر اسلامپ است، مگر این که در استانداردها بر اساس کار موردنظر، روش تراکم مشخص شود. معمولاً بتن‌هایی با اسلامپ مساوی یا بزرگتر از ۲۵mm میل‌زنی یا لرزنده می‌شوند و بتن‌هایی با اسلامپ کمتر از ۲۵mm لرزنده می‌شوند (به یادآوری این بند مراجعه کنید). از

لرزاندن درونی برای آزمون‌های استوانه‌ای با قطر کمتر از ۱۰۰mm و برای آزمون‌های تیری یا منشوری با پهنا یا عمق کمتر از ۱۰۰mm استفاده نکنید.

یادآوری- این استاندارد برای بتن حاوی مقادیر کم آب کاربرد ندارد زیرا با روش‌های ارائه شده در این استاندارد نمی‌توان آن را به درستی متراکم نمود. شرایط آزمون‌ها و روش‌های آزمون مربوط به این بتن‌ها در استانداردهای مرتبط آمده است. بعضی از این بتن‌ها را می‌توان با لرزاننده بیرونی و با اعمال نیروی اضافی روی سطح بتن برای جابجایی سنگدانه‌های درشت، متراکم ساخت. برای چنین مخلوط‌هایی روش‌های زیر را می‌توان به کار برد: قالب‌های استوانه‌ای با قطر ۱۵۰mm و طول ۳۰۰mm که از بتن پر شده است را با استفاده از یک سربر استوانه‌ای با وزن ۴٫۵ Kg در فاصله ۷۵mm از سطح بتن تحت لرزاننده بیرونی قرار دهید، در صورت استفاده از قالب‌های استوانه‌ای با قطر ۷۵mm و طول ۱۵۰mm از یک سربر استوانه‌ای با وزن ۱Kg در فاصله ۵۰mm استفاده کنید. قطر سربر باید ۶mm کمتر از قطر داخلی قالب باشد. عمل تراکم بتن تحت لرزاننده بیرونی و سربر را تا وقتی که شیره بتن در اطراف سطح تحتانی سربر جمع شود، ادامه دهید.

۶-۴-۲ میل‌زنی

بتن را در تعداد لایه‌های موردنیاز و با حجم تقریبی یکسان در قالب بریزید. هر لایه را با تعداد ضربه‌ها و اندازه میله تراکم مشخص شده در جدول ۱ و با انتهای مدور آن میل‌زنی کنید. لایه تحتانی را به‌طور کامل تا عمق آن میل‌زنی کنید. ضربه‌ها را به‌طور یکنواخت روی سطح مقطع قالب پخش کنید و برای هر لایه بالایی اجازه دهید تا میله در حدود ۲۵mm در لایه زیرین میل‌زنی شده نفوذ کند. پس از میل‌زنی هر لایه، با چکش ۱۰ تا ۱۵ بار به آرامی به جوانب بیرونی قالب ضربه بزنید تا حفره‌های ایجاد شده در اثر میل‌زنی پر شده و حباب‌های بزرگ محبوس شده، آزاد شوند. برای قالب‌های سبک‌وزن یک‌بار مصرف از ضربه دست استفاده کنید، زیرا ضربه‌زدن با چکش باعث آسیب آن‌ها می‌شود. پس از ضربه‌زدن، بتن ریخته شده روی جوانب بیرونی و قسمت‌های انتهایی قالب‌های تیری و منشوری را با ماله یا ابزار مناسب دیگر، بردارید.

۶-۴-۳ لرزاندن

مدت لرزاندن را به‌طور یکنواخت برای انواع خاص بتن، لرزانده و قالب آزمون حفظ کنید. مدت موردنیاز برای لرزاندن بستگی به کارپذیری بتن و کارایی لرزاننده دارد. عمل لرزاندن زمانی کفایت می‌کند که سطح بتن نسبتاً صاف شده و حباب‌های محبوس بزرگ هوا از سطح بتن خارج شود. عمل لرزاندن را فقط تا زمان دستیابی به تراکم مناسب بتن ادامه بدهید (به یادآوری این بند مراجعه کنید). قالب‌ها را در تعداد موردنیاز از لایه‌های با عمق تقریباً مساوی پر کنید و بلرزانید (مطابق جدول ۲). کل بتن هر لایه را قبل از شروع به لرزاندن در قالب بریزید. هنگام ریختن لایه نهایی دقت کنید تا پرشدگی اضافی آن بیش از ۶mm نباشد. در صورت استفاده از عمل پرداخت پس از لرزاندن، با یک ماله فقط به‌مقدار کافی بتن اضافه کنید به‌طوری که پرشدگی اضافی آن در حدود ۳mm باشد. آن را به داخل سطح فشار داده و سپس شمشه‌کشی کنید.

یادآوری- به‌طور کلی برای تراکم کافی هر لایه بتن با اسلامپ بزرگتر از ۷۵mm نیاز به لرزاندن به‌مدت بیش از ۵s نیست. برای بتن با اسلامپ پایین ممکن است به مدت زمان بیشتری مورد نیاز باشد، ولی در هر صورت مدت زمان لرزاندن برای هر لایه بندرت

از ۱۰s فراتر می‌رود. لرزاندن اضافی می‌تواند سبب جداسازی سنگدانه‌ها شود.

۱-۳-۴-۶ لرزاندن درونی

برای متراکم نمودن نمونه، لرزاننده را به آرامی در در آن جای دهید و دقت کنید لرزاننده با جوانب و کف قالب تماس نداشته باشد یا به اقلام تعبیه شده نظیر کرنش‌سنج‌ها ضربه نزند. زمانی که حباب‌های بزرگ هوا در نمونه از بین رفتند، لرزاننده را به آرامی بیرون بکشید.

۲-۳-۴-۶ آزمون‌های استوانه‌ای

تعداد جاگذاری‌های لرزاننده در جدول ۳ ارائه شده است. هنگامی که بیش از یک جاگذاری در هر لایه موردنیاز است، جاگذاری‌ها را به‌طور یکنواخت در داخل هر لایه توزیع کنید. اجازه دهید لرزاننده در حدود ۲۵ mm در داخل لایه زیرین نفوذ کند. پس از لرزاندن هر لایه، حداقل ۱۰ بار با چکش به جوانب بیرونی قالب ضربه بزنید تا حفره‌های باقی‌مانده پر شده و حباب‌های محبوس هوا آزاد شوند. برای قالب‌های فلزی یک‌بار مصرف یا مقوایی^۱ از ضربه دست استفاده کنید، زیرا ضربه‌زدن با چکش باعث آسیب آن‌ها می‌شود.

جدول ۳- تعداد جاگذاری‌های لرزاننده در هر لایه

تعداد جاگذاری‌ها در هر لایه	قطر آزمون‌های استوانه‌ای mm
۱	۱۰۰
۲	۱۵۰
۴	۲۲۵

۳-۳-۴-۶ آزمون‌های تیری یا منشوری و استوانه‌های افقی خزش

لرزاننده را در امتداد خط مرکزی طول‌ترین بعد آزمون یا در امتداد جوانب آن (بدون تماس با کرنش‌سنج در حالت آزمون‌های استوانه‌ای خزش) در فواصلی که بیش از ۱۵۰mm نباشد، جاگذاری کنید. برای آزمون‌ها عریض‌تر از ۱۵۰mm، لرزاننده را به‌طور متناوب در امتداد دو خط جاگذاری کنید. اجازه دهید استوانه لرزاننده در حدود ۲۵mm به داخل لایه زیرین نفوذ کند. پس از لرزاندن هر لایه، حداقل ۱۰ بار با چکش به جوانب بیرونی قالب ضربه بزنید تا حفره‌های باقی‌مانده در اثر لرزاندن پر شده و حباب‌های محبوس هوا آزاد شوند.

۴-۴-۶ لرزاندن بیرونی

هنگام استفاده از لرزاننده بیرونی، دقت کنید تا از محکم بسته شدن قالب به اجزاء یا سطح لرزاننده اطمینان حاصل کنید (به یادآوری بند ۱-۴-۶ مراجعه کنید).

۵-۶ پرداخت

پس از متراکم نمودن بتن (با استفاده از هر روشی)، سطح بتن را با تخته‌ماله یا ماله مطابق با روش مربوط، شمشه‌کشی کنید. اگر هیچ پرداختی مشخص نشده باشد، سطح بتن را با تخته‌ماله یا ماله منیزیومی پرداخت کنید. عمل پرداخت را با حداقل دست‌کاری انجام دهید، طوری که آزمون با لبه یا کناره قالب هم‌سطح شود و هیچ پستی یا بلندی بزرگتر از ۳mm روی آن باقی نماند.

۱-۵-۶ آزمون‌های استوانه‌ای

پس از متراکم نمودن بتن، سطح فوقانی آن را با شمشه‌کشی با میله تراکم تا جایی که روانی بتن اجازه دهد، یا با تخته‌ماله یا ماله پرداخت کنید. در صورت لزوم، سطح فوقانی استوانه‌های تازه ساخته شده را با لایه نازکی از خمیر سفت سیمان پرتلند مطابق با استاندارد ASTM C617/C617M کلاهدک‌گذاری کنید و اجازه دهید تا همراه با آزمون عمل‌آوری و سخت شود.

۲-۵-۶ استوانه‌های افقی خزش

پس از متراکم نمودن بتن، سطح آزمون را با ماله یا تخته‌ماله شمشه‌کشی کنید. برای شکل‌دهی بتن در دهانه هم‌مرکز با محور آزمون از حداقل ماله‌کشی استفاده کنید. برای شکل‌دهی دقیق دهانه از یک شمشه منحنی برابر با شعاع آزمون استفاده کنید و بتن موجود در دهانه را پرداخت کنید.

۷ عمل‌آوری

۱-۷ عمل‌آوری اولیه

آزمون‌ها را بلافاصله پس از پرداخت برای جلوگیری از تبخیر آب از بتن گیرش‌نیافته با یک صفحه غیرجاذب، غیر واکنش‌گر یا یک ورق سفت پلاستیکی نفوذناپذیر و بادوام بپوشانید. برای جلوگیری از اتلاف رطوبتی آزمون‌ها، آن‌ها را بلافاصله پس از پرداخت تا زمان باز کردن قالب‌ها زیر پوشش نگهداری کنید. یک روش مناسب یا ترکیبی از روش‌ها را برای جلوگیری از اتلاف رطوبت انتخاب کنید به طوری که رطوبت بتن را جذب نکرده و با آن واکنش نشان ندهد. هنگامی که از گونی خیس برای پوشش استفاده شود، گونی نباید با سطح بتن تازه تماس داشته باشد و باید دقت شود که رطوبت گونی‌ها تا زمان باز کردن قالب‌ها حفظ شود. قرار دادن یک ورق پلاستیکی روی گونی به مرطوب نگه‌داشتن آن کمک می‌کند. تا زمان باز شدن قالب‌ها از تماس سطوح بیرونی قالب‌های مقوایی با گونی خیس یا سایر منابع آبی جلوگیری کنید تا آزمون‌ها آسیبی نبینند. در مدت عمل‌آوری اولیه، حداقل و حداکثر دماهای محیطی را ثبت کنید.

۲-۷ باز کردن قالب‌ها

قالب آزمون‌ها را $(24 \pm 8)h$ پس از قالب‌گیری، باز کنید. برای بتن‌هایی با زمان گیرش طولانی، قالب‌ها نباید تا $(24 \pm 4)h$ پس از گیرش نهایی باز شوند. در صورت لزوم، زمان‌های گیرش را مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۶۰۴۶ تعیین کنید.

۳-۷ محیط عمل آوری

آزمون‌ها از زمان قالب‌گیری تا لحظه آزمون باید در دمای 23 ± 2 °C عمل‌آوری رطوبتی شوند (به یادآوری این بند مراجعه کنید). در ۴۸h اول عمل‌آوری، آزمون‌ها را باید در یک محیط بدون لرزش نگهداری کنید. برای عمل‌آوری رطوبتی آزمون‌های از قالب خارج شده، آب آزاد سطوح آن‌ها باید حفظ شود. این شرایط را می‌توان با استفاده از حوضچه‌های آب یا یک اتاق مرطوب مطابق با الزامات استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۰۴۰ ایجاد کرد. آزمون‌های استوانه‌ای بتن سبک سازه‌ای را مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۸۵ عمل‌آوری کنید.

یادآوری- در صورت وقوع تبخیر، دمای داخل ماسه مرطوب و زیر گونی خیس یا مواد مشابه همیشه پایین‌تر از دمای محیط اطراف است.

۴-۷ آزمون‌های مقاومت خمشی

آزمون‌های مقاومت خمشی را مطابق با بندهای ۱-۷ و ۲-۷ عمل‌آوری کنید، به جز این که آن‌ها را باید بلافاصله قبل از انجام آزمون به مدت حداقل ۲۰h در آب اشباع شده با کلسیم هیدروکسید در دمای 23 ± 2 °C نگهداری کنید. در پایان دوره عمل‌آوری و خروج آزمون از محلول اشباع‌شده تا اتمام آزمون مقاومت خمشی از خشک‌شدن سطح آزمون باید جلوگیری کنید.

یادآوری- خشک شدن سطح آزمون‌های مقاومت خمشی به مقدار نسبتاً کم، تنش‌های کششی خیلی زیادی را ایجاد می‌کند که به‌طور مشخص باعث کاهش مقاومت خمشی می‌شود.

۸ دقت و اریبی^۱

۸-۱ داده‌های مورد استفاده برای تهیه بیانیه دقت برای انجام آزمون‌های مختلف موردنیاز در این استاندارد از برنامه نمونه تخصصی بتن^۲ آزمایشگاه مرجع سیمان و بتن به‌دست آمده است.

۸-۲ انحراف‌های معیار یک کاربر برای اندازه‌گیری اسلامپ، وزن واحد حجم، مقدار هوا و مقاومت فشاری ۷ روزه پیمان‌های آزمایشی به‌ترتیب برابر ۱۷/۸ mm، $14/42 \text{ Kg/m}^3$ ، ۰/۳٪، $1/4 \text{ MPa}$ تعیین شده است. بنابراین، نتایج آزمون‌هایی که به درستی روی دو پیمان‌ه آزمایشی ساخته شده در یک آزمایشگاه انجام شده است، انتظار نمی‌رود به‌ترتیب بیش از ۵۰/۸ mm، $40/1 \text{ Kg/m}^3$ ، ۰/۸٪، $3/95 \text{ MPa}$ متفاوت از یکدیگر باشند. این دقت‌ها برای پیمان‌های آزمایشی ساخته شده در آزمایشگاه با نسبت‌های تعیین شده مواد و با نسبت آب به سیمان ثابت، کاربرد دارند. این مقادیر برای بتن هوادار، بتن با اسلامپ کمتر از ۵۰mm یا بیشتر از ۱۵۰mm یا بتن ساخته شده با سنگدانه‌هایی با وزن غیرمعمول یا سنگدانه‌هایی با حداکثر اندازه اسمی بزرگتر از ۲۵mm باید با احتیاط به‌کار برده شود.

1- Bias

2- Concrete proficiency Sample

۳-۸ انحراف‌های معیار چند آزمایشگاه برای اندازه‌گیری اسلامپ، وزن واحد حجم، مقدار هوا و مقاومت فشاری ۷ روزه پیمان‌های آزمایشی به ترتیب برابر $25,4 \text{ mm}$ ، $22,42 \text{ Kg/m}^3$ ، $0,4 \%$ ، $2,4 \text{ MPa}$ تعیین شده است. بنابراین، نتایج آزمون‌های درست انجام شده روی پیمان‌های آزمایشی مجزا که در دو آزمایشگاه مختلف ساخته شده است، انتظار نمی‌رود به ترتیب بیش از $71,12 \text{ mm}$ ، $64,1 \text{ Kg/m}^3$ ، $1,1 \%$ ، $6,76 \text{ MPa}$ متفاوت از یکدیگر باشند. این دقت‌ها برای پیمان‌های آزمایشی ساخته شده در آزمایشگاه با نسبت‌های تعیین شده مواد و با نسبت آب به سیمان مشخص، کاربرد دارند. این مقادیر برای بتن هوادار، بتن با اسلامپ کمتر از 50 mm یا بیشتر از 150 mm یا بتن ساخته شده با سنگدانه‌هایی با وزن غیرمعمول یا سنگدانه‌هایی با حداکثر اندازه اسمی بزرگتر از 25 mm باید با احتیاط به کار برده شود.

۴-۸ اریبی

روش‌های آزمون ذکر شده در بند ۳-۸ فاقد اریبی بوده زیرا مقادیر به دست آمده فقط براساس روش‌های مذکور تعیین می‌شوند.