

**INSO**

**581**

**2nd.Revision**

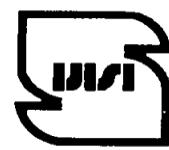
**2015**



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

**Iranian National Standardization Organization**



استاندارد ملی ایران

**۵۸۱**

تجدید نظر دوم

**۱۳۹۳**

**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

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ 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 موسسهٔ 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، صاحب نظران 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 منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرفکنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیر دولتی حاصل می‌شود . پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع 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 ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده 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 نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ 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)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین‌المللی الکترونیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> 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 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 ملی تواند 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 زیست محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسائل 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 یکاهای کالیبراسیون (واسنجی) وسائل 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 Métrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

**کمیسیون فنی تدوین استاندارد  
«بتن - ساخت و عمل آوری آزمونهای بتن در آزمایشگاه - آیین کار»**

**سمت و / یا نمایندگی**

اداره کل نظارت بر اجرای استانداردهای  
صنایع غیرفلزی

**رئیس:**

عباسی رزگله، محمد حسین  
(کارشناس مهندسی مواد)

**دبیر:**

اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی  
ارشد، بهمن  
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

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

شرکت بنیاد بتن آذرآبادگان  
امیری، احمد  
(کارشناس مهندسی عمران)

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک اداره کل  
راه و شهرسازی آذربایجان شرقی  
تقیزادیه، نادر  
(کارشناس ارشد زمین شناسی)

کارشناس  
حیدرپور، هادی  
(کارشناس مهندسی عمران)

اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی  
رووا، افشین  
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

بتنآماده لطفی  
ظہوری، رضا  
(کارشناس مهندسی عمران)

بتنآماده آذران  
عادالی، حسین  
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

شرکت تکین ساز آزما  
مشاور، عاطف  
(کارشناس مهندسی عمران)

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر  
مشکآبادی، کامبیز  
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

آزمایشگاه جهاد تحقیقات سهند

موسوی، محمد

(کارشناس مهندسی عمران)

شرکت اتحاد بناب

مهردادی، مهدی

(کارشناس مهندسی عمران)

## فهرست مندرجات

صفحه

عنوان

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

## پیش گفتار

استاندارد «بتن- ساخت و عمل آوری آزمونهای بتن در آزمایشگاه - آینکار» 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 فرآوردهای 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 موقع 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 عملآوری آزمونهای بتن در آزمایشگاه - آینکار

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

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

این آینکار، الزامات استاندارد برای آماده‌سازی مواد، اختلاط بتن، ساخت و عملآوری آزمونهای بتن تحت شرایط آزمایشگاهی را ارائه می‌کند.

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

- تعیین نسبت‌های اختلاط بتن مورد استفاده در پروژه؛
- ارزیابی مخلوطها و مواد مختلف؛
- همبستگی با آزمونهای غیر مخرب؛
- تهیی آزمونهایی 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 اینمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی‌کند، بنابراین وظیفه کاربر این استاندارد است که موارد اینمنی و اصول بهداشتی را رعایت و قبل از استفاده، محدودیت‌های اجرایی آن را مشخص کند.

یادآوری- نتایج آزمون بتن حاصل از آزمونهای ساخته و عملآوری 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 عملآوری آزمونهای ضروری است. بسیاری از آزمایشگاه‌های انجام دهنده این آزمون، به صورت مستقل بازرگانی 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 ۴۶۰۴، 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	<b>وسایل</b>
۱-۳	<b> قالب‌ها</b>
۱-۱-۳	<b> کلیات</b>

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 بلورین ریز 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 آزمونه‌ها بهصورت عمودی، قالب‌ها باید مطابق با الزامات بند ۱-۳ و استاندارد ASTM C470/C470M باشند.

۲-۲-۳ قالب‌های افقی برای آزمونه‌های 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 آزمونه‌های خزشی که کرنش‌سنجهایی به‌طور محوری در آن تعییه 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 آزمونه باشد. در صورت ضرورت، لبه‌های سوراخ باید برای حفظ پایداری ابعادی تقویت شود. به‌غیر از مواردی که برای ایجاد سطوح انتهایی صاف، آزمونه‌ها کلاهک‌گذاری 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 کرنش‌سنجه از کناره صفحه وجود داشته باشد. تدارکات لازم باید برای جایابی دقیق کرنش‌سنجه 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 آزمونه

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. حداقل انحراف از سطح مقطع اسمی نباید بیش از ۳mm باشد. به استثنای آزمونهای خمی، قالب‌ها نباید بیش از ۲mm از طول اسمی اختلاف داشته باشند. قالب‌های خمی 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 و ASTM C231/C231M، ASTM C143/C143M، ASTM C138/C138M را برآورد می‌کند.

#### ۵-۳ چکش

باید از یک چکش با سر پلاستیکی یا چرم شده با وزن Kg(۰,۶±۰,۲) 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 لرزانیده می‌شود، بیشتر باشد. بسامد لرزاننده باید حداقل در هر دو سال یا هر زمانی که سازنده پیشنهاد کند، با سرعت سنج 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.

#### ۶-۳-۲ 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 به صورت 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 میلزni مورد استفاده برای قالب‌گیری آزمونه‌ها

آزمونه‌های استوانه‌ای		
تعداد ضربه‌ها در هر لایه	قطر میله تراکم mm	قطر استوانه mm
۲۵	۱۰ ± ۲	۱۵۰ تا ۷۵
۲۵	۱۶ ± ۲	۱۵۰
۵۰	۱۶ ± ۲	۲۰۰
۷۵	۱۶ ± ۲	۲۵۰
آزمونه‌های تیری و منشوری		
تعداد ضربه‌ها در هر لایه	قطر میله تراکم mm	مساحت سطح فوقانی آزمونه cm <sup>2</sup>
۲۵	۱۰ ± ۲	۱۶۰ یا کمتر
یک ضربه در هر ۷cm <sup>2</sup> از سطح	۱۰ ± ۲	۳۱۰ تا ۱۶۵
یک ضربه در هر ۱۴cm <sup>2</sup> از سطح	۱۶ ± ۲	۳۲۰ یا بیشتر
استوانه‌های افقی خرش		
تعداد ضربه‌ها در هر لایه	قطر میله تراکم mm	قطر استوانه mm
۵۰ ضربه (۲۵ ضربه در امتداد هر دو طرف محور استوانه)	۱۶ ± ۲	۱۵۰

### ۷-۳ ابزارهای کوچک

ابزارها و وسایلی نظیر بیلچه‌ها، سطل‌ها، ماله‌ها، تخته‌ماله‌ها، ماله‌های لبه‌پهن، شمشه، فیلر، چمچه‌ها، خط‌کش‌ها، 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 تشت 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 پیمانه با بیلچه یا ماله را فراهم سازد یا در صورت اختلاط با دستگاه، تشت باید کل پیمانه تخلیه شده از مخلوط‌کن را در خود جای داده و امکان اختلاط مجدد آن در تشت با ماله یا بیلچه وجود داشته باشد.

### ۱۰-۳ تجهیزات الک‌کردن به روش تر

در صورتی که الک‌کردن به روش تر موردنیاز است، تجهیزات مربوط باید مطابق با الزامات استاندارد ASTM C172/C172M باشد.

### ۱۱-۳ دستگاه اندازه‌گیری مقدار هوا

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

### ۱۲-۳ ترازوها

ترازوها مورد استفاده برای توزین پیمانه‌های مواد و بتن باید دارای دقیقی در حدود ۳٪ وزن اندازه‌گیری شده در گستره مورد کاربرد باشد.

یادآوری - به طور کلی بهتر است جرم‌های کوچک با ترازوها دارای ظرفیت بالا اندازه‌گیری نشوند. در بیشتر کاربردها، کم‌ترین جرمی که با یک ترازو اندازه‌گیری می‌شود، بهتر است از ۱۰٪. احذاکثر ظرفیت ترازو بیشتر باشد، در هر حال، این عدد بیشتر به مشخصات عملکردی ترازو و دقت موردنیاز توزین بستگی دارد. ترازوها قابل قبول برای اندازه‌گیری جرم مواد بتن ترجیحاً بهتر است دقیقی در حدود ۱۰٪ ظرفیت کلی ترازو را داشته باشند، ولی در هر صورت احتیاط ذکر شده در بالا رعایت شود. ترازوها رقومی دقیق از این قاعده مستثنی بوده و بهتر است دقت توزین آن ۱٪ باشد. دقت اندازه‌گیری جرم‌های کوچک از طریق تعیین اختلاف میان دو توزین یک جرم خیلی بزرگ با و بدون این جرم کوچک صورت می‌گیرد.

### ۱۳-۳ وسیله اندازه‌گیری دما

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

### ۱۴-۳ مخلوطکن بتن

مخلوطکن برقی بتن باید به صورت یک دیگ چرخان، مخلوطکن دور کج‌شونده، تاوه چرخان مناسب یا یک مخلوطکن پرهای چرخان که قادر به اختلاط کامل پیمانه‌ها با اندازه تعیین شده در اسلامپ موردنیاز است، باشد.

یادآوری - یک مخلوطکن تاوهای برای اختلاط بتن با اسلامپ کمتر از ۲۵mm معمولاً نسبت به مخلوطکن با دیگ چرخان مناسب‌تر است. سرعت دوران، درجه کج‌شدنی و ظرفیت اسمی مخلوطهای دور کج‌شونده، همیشه برای اختلاط بتن در آزمایشگاه مناسب نیست. کاهش سرعت دوران و کاهش زاویه کج‌شدنی از حالت افقی و استفاده از مخلوطکن با ظرفیت کمتر از ظرفیت اسمی سازنده مطلوب تشخیص داده شده است.

## ۴ آزمونه‌ها

### ۱-۴ آزمونه‌های استوانه‌ای

آزمونه‌های استوانه‌ای باید مطابق با الزامات مشخص شده در استانداردهای مرتبط باشند و الزامات بند ۴-۴ را نیز برآورده سازند. اگر ابعاد آزمونه‌ها در استانداردهای مرتبط مشخص نشده باشد، ابعاد آن باید طوری انتخاب شود که طول آزمونه 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.

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

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

#### ۲-۴ آزمونه‌های منشوری

آزمونه‌های تیری برای مقاومت خمشی، آزمونه‌های منشوری برای آزمون‌های يخ‌زدن 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.

#### ۳-۴ سایر آزمونه‌ها

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

#### ۴-۴ اندازه آزمونه نسبت به اندازه سنگدانه

قطر آزمونه استوانه‌ای یا حداقل ابعاد سطح مقطع آزمونه 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  $50\text{ mm}$  بزرگ‌تر باشد، به‌غیر از مواردی که به صورت دیگری مشخص شده است، نمونه باید مطابق با استاندارد ASTM C172/C172M با استفاده از الک  $50\text{ mm}$  به روش تر الک شود.

#### ۵-۴ تعداد آزمونه‌ها

تعداد آزمونه‌ها و تعداد پیمانه‌های آزمون بستگی به روش انجام آزمون و ماهیت برنامه آزمون دارد. به‌طور کلی در استانداردهای مرتبط در مورد تعداد آزمونه‌ها راهنمایی می‌شود. معمولاً سه آزمونه 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). آزمونه‌های موردنظر برای بررسی یک متغیر معین، بهتر است از سه پیمانه مجزا که در روزهای متفاوت مخلوط شده است، ساخته شوند. برای هر متغیر مورد تحقیق، بهتر است در هر روز مشخص تعداد مساوی از آزمونه‌ها ساخته شوند. در صورتی که ساخت حداقل یک آزمونه برای هر متغیر در یک روز مشخص امکان‌پذیر نباشد، اختلاط کل آزمونه‌ها 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

### ۱-۵ دما

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

### ۲-۵ 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  $50\text{ }\mu\text{m}$  (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.

### ۳-۵ سنگدانه‌ها

برای ممانعت از جداشده‌گی سنگدانه‌های درشت، آن‌ها را با توجه به اندازه‌های ایشان به قسمت‌های مجزا تقسیم کنید و برای هر پیمانه، 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  $60\text{ mm}$  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 به‌هم توصیه می‌شود.

۱-۳-۵ سنگدانه‌ریز را تا زمان استفاده در شرایط مرطوب نگهداری کنید تا از جداشده‌گی ذرات آن جلوگیری شود، مگر این که سنگدانه با دانه‌بندی یکنواخت با استفاده از قسم 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 پیمانه 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.

**۲-۳-۵** 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 پیمانه را با یکی از روش‌های زیر تعیین کنید:

**۲-۳-۵** ۱- 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 به ویژه برای سنگدانه‌های درشتی که باید در اندازه‌های مجزا پیمانه شوند، مفید است. بهدلیل خطر جدادشگی 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.

**۲-۳-۵** محدوده‌های مجزای دانه‌بندی سنگدانه را می‌توان به صورت جداگانه توزین و به مقدار موردنیاز پیمانه 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 جذب شده توسط سنگدانه‌ها را باید کم کنید. مقدار رطوبت سنگدانه‌ها را می‌توان مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۸۳ و استاندارد ASTM C70 تعیین کرد.

**۲-۳-۵** 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 جذب شده 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 به‌دلیل 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.

**۲-۳-۵** سنگدانه‌های ریز یا درشت را می‌توان به حالت اشباع با سطح خشک رساند و تا زمان پیمانه شدن برای استفاده در این شرایط نگهداری کرد. این روش معمولاً برای تهیه مواد با پیمانه‌های حجمی کوچک‌تر از  $0.7m^3$  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 سردشده 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 سخت‌شده 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 پیمانه موجود در مخلوط کن 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 پیمانه 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 مخلوط کن 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 پیمانه بتن می‌تواند اثرات مهمی روی خواص بتن مانند زمان گیرش و مقدار هوا داشته باشد. روش انتخابی نباید از یک پیمانه به پیمانه 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 پیمانه‌های ناهمسان بتن اثری روی پیمانه‌های بعدی نمی‌گذارند.

### ۶ روش انجام آزمون

#### ۶-۱ اختلاط بتن

##### ۶-۱-۱ کلیات

بتن را با یک مخلوط کن مناسب یا با دست مخلوط کنید، به طوری که اندازه پیمانه بتن ۱۰٪ بیشتر از مقدار موردنیاز برای قالب‌گیری آزمونهای باشد. روش‌های اختلاط دستی برای بتن هوادار یا بتن بدون اسلامپ کاربرد ندارند. اختلاط دستی بهتر است به پیمانه‌هایی با حجم  $0.007\text{m}^3$  یا کمتر محدود شود. روش‌های اختلاط در بندهای ۲-۱-۶ و ۳-۱-۶ 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 غیرکاربردی باشد، استفاده شود. برای اختلاط با دستگاه، استفاده از مخلوط کن‌های دارای دیگ چرخان مناسب است. ضروری است که ترتیب و روش اختلاط

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

#### ۲-۱-۶ اختلاط با دستگاه

قبل از شروع چرخش محلوت کن، 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). محلوت کن را راه اندازی کنید، سپس سنگدانه ریز، سیمان و آب را به محلوت کن در حال چرخش اضافه کنید. در صورتی که اضافه کردن سنگدانه ریز، سیمان و آب به محلوت کن در حال چرخش برای یک محلوت کن خاص یا یک آزمون خاص امکان پذیر نباشد، این مواد را می توانید در زمان توقف محلوت کن پس از اختلاط سنگدانه درشت و مقداری از آب، اضافه کنید (به یادآوری ۱ مراجعه کنید). پس از این که تمامی مواد به محلوت کن اضافه شدند، بتن را به مدت ۳min محلوت کنید، سپس آن را به مدت ۳min متوقف کنید و دوباره آن را به مدت ۲min محلوت کنید. در مدت توقف محلوت کن، دهانه آن را برای جلوگیری از تبخیر بپوشانید. در زمان تخلیه پیمانه، برای جبران ملات باقیمانده در محلوت کن احتیاط های لازم را در نظر بگیرید تا نسبت های آن به هم نخورد (به یادآوری ۲ مراجعه کنید). برای جلوگیری از جداسدگی، بتن باقیمانده در محلوت کن را در یک تشت تمیز و مرطوب بربیزید و با بیلچه یا ماله دوباره آن را محلوت کنید تا یکنواخت شود.

**یادآوری ۱**- کاربر باتجربه می تواند آب را به تدریج در مدت اختلاط اضافه کند تا اسلامپ مطلوب به دست آید.

**یادآوری ۲**- خارج کردن تمام ملات از محلوت کن دشوار است، برای جبران این مسئله، یکی از روش های زیر را می توان برای اطمینان از درستی نسبت های نهایی پیمانه به کار برد:

**الف- ملات زنی<sup>۱</sup> محلوت کن**، محلوت کن را بالا فصله قبل از اختلاط پیمانه مورد آزمون با پیمانه شبیه سازی شده، ملات زنی کنید. ملات چسبیده به دیواره محلوت کن پس از تخلیه آن جبران کننده کسری ملات پیمانه مورد آزمون خواهد بود.

**ب- محلوت پر ملات**، نسبت محلوت مورد آزمون را بیش از مقدار تعیین شده از قبل، در نظر بگیرید. به طور میانگین، ملات چسبیده به دیواره محلوت کن، کسری ملات محلوت مورد آزمون را جبران می کند. در این حالت، محلوت کن قبل از اختلاط محلوت مورد آزمون باید تمیز شود.

#### ۲-۱-۶ اختلاط دستی

پیمانه بتن را در یک تشت یا سطل فلزی نشت ناپذیر، تمیز (به یادآوری بند ۵-۵ مراجعه کنید) و مرطوب با ماله آجر چینی لبه پهن محلوت کنید. هنگامی که سنگدانه ها مطابق با بند های ۱-۲-۳-۵، ۴-۲-۳-۵ و ۳-۲-۳-۵ آماده سازی شوند، به ترتیب زیر عمل کنید:

**۱-۳-۱ سیمان**، مواد افزودنی پودری نامحلول (در صورت کاربرد) و سنگدانه ریز را بدون اضافه کردن آب به طور کامل محلوت کنید.

**۲-۳-۱ سنگدانه** درشت را اضافه کنید و کل پیمانه را بدون اضافه کردن آب محلوت نمایید تا این که سنگدانه درشت به طور یکنواخت در سراسر پیمانه توزیع شود.

۳-۱-۶ آب و مواد افزودنی محلول (در صورت کاربرد) اضافه کرده و پیمانه 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، پیمانه باید دور ریخته شده و پیمانه جدید ساخته شود، به طوری که عمل اختلاط برای انجام آزمون‌های روانی متوقف نشود.

#### ۴-۱-۶ بتن مخلوط شده

بخش‌هایی از پیمانه بتن مخلوط شده 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.

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

##### ۱-۲-۶ اسلامپ

اسلامپ هر پیمانه 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.

#### ۲-۲-۶ 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 ساخته شده 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.

#### ۳-۲-۶ بازدهی حجمی

در صورت نیاز، بازده حجمی هر پیمانه 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 پیمانه اصلی مخلوط کرد.

#### ۴-۲-۶ دما

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

#### ۳-۶ ساخت آزمون‌های

##### ۱-۳-۶ 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 آزمونهای از محل نگهداری از تکان دادن، ضربه زدن، کج کردن یا خراشیدن سطح آنها جلوگیری کنید.

#### ۶-۳-۲ بتن ریزی

بتن را با استفاده از کمچه، ماله لبه پهن 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 آزمونهای بتن موجود در ظرف اختلاط را با بیلچه یا ماله دوباره مخلوط کنید. برای اطمینان از توزیع متقارن بتن و به حداقل 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 غیرمعروف بتن را به قالب‌های پر نشده اضافه نکنید.

#### ۶-۳-۱ تعداد لایه‌ها

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

جدول ۲- تعداد لایه‌های موردنیاز برای آزمونهای آزمونهای

نوع آزمونهای	اندازه آزمونه	روش تراکم	تعداد لایه‌ها (با عمق تقریباً مساوی)
استوانه‌ای	۷۵ mm	میل زنی	۲
	۷۵ mm	میل زنی	۳
	۷۵ mm	میل زنی	۴
	۷۵ mm	لرزاندن	۲
منشورها و استوانه‌های افقی خوش	۹۰ mm	میل زنی	۲
	۹۰ mm	میل زنی	۳ یا بیشتر
	۹۰ mm	لرزاندن	۱
	۹۰ mm	لرزاندن	۲ یا بیشتر

#### ۶-۶ تراکم

##### ۱-۴-۶ روش‌های تراکم

آماده‌سازی مطلوب آزمونهای نیازمند استفاده از روش‌های تراکم مختلف است. روش‌های تراکم عبارتند از میل زنی 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 میل زنی یا لرزانده می‌شوند و بتن‌هایی با اسلامپ کمتر از ۲۵mm لرزانده 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 آزمونهای آزمون مربوط به این بتن‌ها در استاندارهای 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 پرشده است را با استفاده از یک سربار استوانهای با وزن Kg ۴/۵ در فاصله ۷۵mm از سطح بتن تحت لرزاننده بیرونی قرار دهید، در صورت استفاده از قالب‌های استوانهای با قطر ۱۵۰mm و طول ۷۵mm از یک سربار استوانهای با وزن Kg ۱ در فاصله ۵۰mm استفاده کنید. قطر سربار باید ۶mm کمتر از قطر داخلی قالب باشد. عمل تراکم بتن تحت لرزاننده بیرونی و سربار را تا وقتی که شیره بتن در اطراف سطح تحتانی سربار جمع شود، ادامه دهد.

#### ۲-۴ 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 به‌آرامی به جوانب بیرونی قالب ضربه بزنید تا حفره‌های ایجاد شده در اثر میل‌زنی پر شده و حباب‌های بزرگ محبوس شده، آزاد شوند. برای قالب‌های سبک وزن 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.

#### ۳-۴ لرزاندن

مدت لرزاندن را به‌طور یکنواخت برای انواع خاص بتن، لرزانده و قالب آزمونه حفظ کنید. مدت موردنیاز برای لرزاندن بستگی به کارپذیری بتن و کارایی لرزاننده دارد. عمل لرزاندن زمانی کفايت 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 ۱۰۸ فراتر می‌رود. لرزاندن اضافی می‌تواند سبب جداشده‌گی سنگدانه‌ها شود.

#### ۶-۴-۳-۶ لرزاندن درونی

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

#### ۶-۴-۳-۶ آزمونه‌های 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<sup>۱</sup> 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 آزمونه استوانه‌ای mm
۱	۱۰۰
۲	۱۵۰
۴	۲۲۵

#### ۶-۴-۳-۶ آزمونه‌های تیری یا منشوری و استوانه‌های افقی خزش

لرزاننده را در امتداد خط مرکزی طویل‌ترین بعد آزمونه یا در امتداد جوانب آن (بدون تماس با کرنش‌سنچ در حالت آزمونه‌های استوانه‌ای خزش) در فواصلی که بیش از ۱۵۰ mm نباشد، جاگذاری کنید. برای آزمونه‌ها عریض‌تر از ۱۵۰ mm، 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.

#### ۶-۴-۴ 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 ۶-۴-۱ 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 منزیومی پرداخت کنید. عمل پرداخت را با حداقل دست‌کاری انجام دهید، طوری که آزمونه با لبه یا کناره قالب هم‌سطح شود و هیچ پستی یا بلندی بزرگ‌تر از ۳mm روی آن باقی نماند.

## ۶-۱ آزمونه‌های 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 کلاهک‌گذاری کنید و اجازه دهید تا همراه با آزمونه عمل‌آوری و سخت شود.

## ۶-۲ استوانه‌های افقی خرش

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

## ۷ عمل‌آوری

### ۱-۷ عمل‌آوری اولیه

آزمونه‌ها را بلاfacسله 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 آزمونه‌ها، آن‌ها را بلاfacسله 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 به‌طوری 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 نگهداشت آن کمک می‌کند. تا زمان باز شدن قالب‌ها از تماس سطوح بیرونی قالب‌های مقواپی با گونی خیس یا سایر منابع آبی جلوگیری کنید تا آزمونه‌ها آسیبی نبینند. در مدت عمل‌آوری اولیه، حداقل و حداکثر دماهای محیطی را ثبت کنید.

## ۲-۷ باز کردن قالب‌ها

قالب آزمونه‌ها را  $h \pm 8\text{ mm}$  پس از قالب‌گیری، باز کنید. برای بتن‌هایی با زمان گیرش طولانی، قالب‌ها نباید تا  $24 \pm 4\text{ h}$  پس از گیرش نهایی باز شوند. در صورت لزوم، زمان‌های گیرش را مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۴۶ تعیین کنید.

### ۳-۷ محیط عمل آوری

آزمون‌ها از زمان قالب‌گیری تا لحظه آزمون باید در دمای  $(23\pm 2)^\circ\text{C}$  عمل آوری رطوبتی شوند (به یادآوری این بند مراجعه کنید). در ۴۸h اول عمل آوری، آزمون‌ها را باید در یک محیط بدون لرزش نگهداری کنید. برای عمل آوری 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 عمل آوری 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 عمل آوری کنید، به جز این که آن‌ها را باید بلا فاصله قبل از انجام آزمون به مدت حداقل ۲۰h در آب اشباع شده با کلسیم هیدروکسید در دمای  $(23\pm 2)^\circ\text{C}$  نگهداری کنید. در پایان دوره عمل آوری و خروج آزمونه از محلول اشباع شده تا اتمام آزمون مقاومت خمشی از خشک شدن سطح آزمونه باید جلوگیری کنید.

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

### ۸ دقت و اربی<sup>۱</sup>

۱-۸ داده‌های مورد استفاده برای تهیه بیانیه دقت برای انجام آزمون‌های مختلف موردنیاز در این استاندارد از برنامه نمونه تخصصی بتن<sup>۲</sup> آزمایشگاه مرجع سیمان و بتن به دست آمده است.

۲-۸ انحراف‌های معیار یک کاربر برای اندازه‌گیری اسلامپ، وزن واحد حجم، مقدار هوا و مقاومت فشاری ۷ روزه پیمانه‌های آزمایشی به ترتیب برابر  $\text{mm}^{17/8}$ ,  $\text{Kg/m}^3_{14,42}$ ,  $\%_{0,3}$ ,  $\text{MPa}_{1/4}$  تعیین شده است. بنابراین، نتایج آزمون‌هایی که به درستی روی دو پیمانه آزمایشی ساخته شده در یک آزمایشگاه انجام شده است، انتظار نمی‌رود به ترتیب بیش از  $\text{mm}_{50,8}$ ,  $\text{Kg/m}^3_{40,1}$ ,  $\%_{0,8}$ ,  $\text{MPa}_{3,95}$  متفاوت از یکدیگر باشند. این دقت‌ها برای پیمانه‌های آزمایشی ساخته شده در آزمایشگاه با نسبت‌های تعیین شده مواد و با نسبت آب به سیمان ثابت، کاربرد دارند. این مقادیر برای بتن هودار، بتن با اسلامپ کمتر از  $50\text{ mm}$  یا بیشتر از  $150\text{ mm}$  یا بتن ساخته شده با سنگدانه‌هایی با وزن غیرمعمول یا سنگدانه‌هایی با حداکثر اندازه اسمی بزرگتر از  $25\text{ mm}$  باید با احتیاط به کار 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 پیمانه‌های آزمایشی بهترتیب برابر  $mm$   $25/4$ ،  $Kg/m^3$   $22,42$ ،  $0,4\%$ ،  $MPa$   $2,4$  تعیین شده است. بنابراین، نتایج آزمون‌های درست انجام شده روی پیمانه‌های آزمایشی مجزا که در دو آزمایشگاه مختلف ساخته شده است، انتظار نمی‌رود بهترتیب بیش از  $mm$   $71,12$ ،  $Kg/m^3$   $64,1$ ،  $0,1\%$ ،  $MPa$   $6,76$  متفاوت از یکدیگر باشند. این دقت‌ها برای پیمانه‌های 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  $50mm$  یا بیشتر از  $150mm$  یا بتن ساخته شده با سنگدانه‌هایی با وزن غیرمعمول یا سنگدانه‌هایی با حداکثر اندازه اسمی بزرگتر از  $25mm$  باید با احتیاط به کار برده شود.

#### ۴-۸ اربی

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