جمهوری اسلامی ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

شمارهٔ استاندارد ایران

۵۸۱

بتن – ساخت و عمل آوري آزمونه‌هاي بتن در آزمايشگاه آيين كار

چاپ اول

آشنايي با مؤسسه استاندارد و تحقيقات صنعتي ايران

مؤسسه استاندارد و تحقيقات صنعتي ايران به موجب قانون، تنها مرجع رسمي كشور است كه عهده دار وظيفه تعيين، تدوين و نشر استانداردهاي ملي (رسمي) ميباشد.

تدوين استاندارد در رشته هاي مختلف توسط كميسيون هاي فني مركب از كارشناسان مؤسسه، صاحبنظران مراكز و مؤسسات علمي، پژوهشي، توليدي واقتصادي آگاه ومرتبط با موضوع صورت ميگيرد. سعي بر اين است كه استانداردهاي ملي، در جهت مطلوبيت ها و مصالح ملي وبا توجه به شرايط توليدي، فني و فن آوري حاصل از مشاركت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع شامل: توليدكنندگان ،مصرف كنندگان، بازرگانان، مراكز علمي و تخصصي و نهادها و سازمانهاي دولتي باشد.پيش نويس استانداردهاي ملي جهت نظرخواهي براي مراجع ذينفع واعضاي كميسيون هاي فني مربوط ارسال ميشود و پس از دريافت نظرات وپيشنهادها در كميته ملي مرتبط با آن رشته طرح ودر صورت تصويب به عنوان استاندارد ملي (رسمي) چاپ و منتشر مي شود.

پيش نويس استانداردهايي كه توسط مؤسسات و سازمانهاي علاقمند و ذيصلاح و با رعايت ضوابط تعيين شده تهيه مي شود نيز پس از طرح و بررسي در كميته ملي مربوط و در صورت تصويب، به عنوان استاندارد ملي چاپ ومنتشرمي گردد. بدين ترتيب استانداردهايي ملي تلقي مي شود كه بر اساس مفاد مندرج در استاندارد ملي شماره ((۵)) تدوين و در كميته ملي مربوط كه توسط مؤسسه تشكيل ميگردد به تصويب رسيده باشد.

مؤسسه استاندارد و تحقيقات صنعتي ايران از اعضاي اصلي سازمان بين المللي استاندارد ميباشد كه در تدوين استانداردهاي ملي ضمن توجه به شرايط كلي ونيازمنديهاي خاص كشور، از آخرين پيشرفتهاي علمي، فني و صنعتي جهان و استانداردهاي بين المللي استفاده مي نمايد.

مؤسسه استاندارد و تحقيقات صنعتي ايران مي تواند با رعايت موازين پيش بيني شده در قانون به منظور حمايت از مصرف كنندگان، حفظ سلامت و ايمني فردي وعمومي، حصول اطمينان از كيفيت محصولات و ملاحظات زيست محيطي و اقتصادي، اجراي بعضي از استانداردها را با تصويب شوراي عالي استاندارد اجباري نمايد. مؤسسه مي تواند به منظور حفظ بازارهاي بين المللي براي محصولات كشور، اجراي استاندارد كالاهاي صادراتي و درجه بندي آنرا اجباري نمايد.

همچنين بمنظور اطمينان بخشيدن به استفاده كنندگان از خدمات سازمانها و مؤسسات فعال در زمينه مشاوره، آموزش، بازرسي، مميزي و گواهي كنندكان سيستم هاي مديريت كيفيت ومديريت زيست محيطي، آزمايشگاهها و كاليبره كنندگان وسايل سنجش، مؤسسه استاندارد اينگونه سازمانها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأييد صلاحيت ايران مورد ارزيابي قرار داده و در صورت احراز شرايط لازم، گواهينامه تأييد صلاحيت به آنها اعطا نموده و بر عملكرد آنها نظارت مي نمايد. ترويج سيستم بين المللي يكاها ، كاليبراسيون وسايل سنجش تعيين عيار فلزات گرانبها و انجام تحقيقات كاربردي براي ارتقاي سطح استانداردهاي ملي از ديگر وظايف اين مؤسسه مي باشد.

كميسيون استاندارد " بتن ـ ساخت و عمل آوري آزمونه‌هاي بتن در آزمايشگاه ـ آئين كار "

رئيس	سمت يا نمايندگي
بيات ، غلامرضا(دكتري كامپيوتر)	پژوهشگاه مواد و انرژي
اعضا	
آقائي ، عليرضا(دكتري مواد)	پژوهشگاه مواد و انرژي
رئيسي ، بابك(دكتري مواد)	پژوهشگاه مواد و انرژي
زمانيان ، علي(فوق ليسانس مهندسي پزشكي)	دانشگاه صنعتي امير كبير ـ دانشكده مهندسي پزشكي
سالاريان ، رضا(فوق ليسانس مهندسي مواد)	پژوهشگاه مواد و انرژي
مقصودي پور ، امير(دكتري مواد)	پژوهشگاه مواد و انرژي
نور محمدي ، ژامك(فوق ليسانس مهندسي پزشكي)	دانشگاه صنعتي امير كبير ـ دانشكده مهندسي پزشكي

دبير	
مضطرزاده ، فتح اله(دكتراي مواد)	پژوهشگاه مواد و انرژي دانشگاه صنعتي امير كبير ـ دانشكده مهندسي پزشكي

فهرست مندرجات **صفحه**

	پيشگفتار	ب
۱	هدف و دامنة كاربرد	۱
۲	مراجع الزامي	۱
۳	وسايل لازم	۳
۴	نمونه برداري	۷
۵	آماده كردن آزمونه	۹
۶	روش هاي آزمون	۱۳
۷	دقت و انحراف	۲۴

پيش گفتار

استاندارد " بتن ـ ساخت و عمل آوري آزمونه‌هاي بتن در آزمايشگاه ـ آئين كار " نخستين بار در سال ۱۳۷۰ تهيه شد. اين استاندارد براساس پيشنهادهاي رسيده و بررسي و تأييد كميسيون‌هاي مربوط براي اولين بار مورد تجديدنظر قرار گرفت و در يكصد و نهمين كميته ملي استاندارد ساختمان و مصالح ساختماني مورخ ۸۳/۱۰/۷ مورد تأييد قرار گرفته است، اينك به استناد بند يك مادة ۳ قانون اصلاح قوانين و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقيقات صنعتي ايران مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ به عنوان استاندارد ملي ايران منتشر مي‌شود.

براي حفظ همگامي و هماهنگي با تحولات و پيشرفتهاي ملي و جهاني در زمينة صنايع، علوم و خدمات، استانداردهاي ملي ايران در مواقع لزوم تجديدنظر خواهد شد و هرگونه پيشنهادي كه براي اصلاح و تكميل اين استاندارد ارائه شود در تجديدنظر بعدي مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراين براي مراجعه به استانداردهاي ملي ايران بايد همواره از آخرين تجديدنظر آنها استفاده كرد.

در تهيه و تدوين اين استاندارد سعي شده است كه ضمن توجه به شرايط موجود و نيازهاي جامعه، در حد امكان بين اين استاندارد و استانداردهاي بين المللي و استاندارد ملي كشورهاي صنعتي و پيشرفته هماهنگي ايجاد شود.

منابع و مآخذي كه براي تهيه اين استاندارد به كار رفته به شرح زير است :

استاندارد ملي ايران به شماره ۵۸۱ سال ۱۳۷۰ بتن ـ روش ساختن و به عمل آوردن نمونه‌ها در آزمايشگاه براي آزمون هاي فشاري و خمشي

ASTM C 192-2002 : Standard practice for making and curing concrete test specimens in the laboratory .

بتن ـ ساخت و عمل آوري آزمونه‌هاي بتن در آزمايشگاه ـ آئين كار

۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوين اين استاندارد تعيين روش ساخت و عمل آوري آزمونه‌هاي بتن، در آزمايشگاه و تحت شرايط كنترل دقيق مواد مي‌باشد.

۱-۲ اين استاندارد شرايط تهيه بتن كه مي‌تواند از طريق كوبيدن يا لرزاندن متراكم شوند را دربر مي‌گيرد.

۱-۳ اين استاندارد براي بتن‌هايي كه سنگدانه‌هاي آنها جذب آب زياد دارند ، شامل نمي‌شود.

۲ مراجع الزامي

مدارك الزامي زير حاوي مقرراتي است كه در متن اين استاندارد به آنها ارجاع داده شده است بدين ترتيب آن مقررات جزئي از اين استاندارد محسوب مي شود. در مورد مراجع داراي تاريخ چاپ و / يا تجديدنظر، اصلاحيه ها و تجديدنظرهاي بعدي اين مدارك مورد نظر نيست. معهذا بهتر است كاربران ذينفع اين استاندارد، امكان كاربرد آخرين اصلاحيه ها و تجديدنظرهاي مدارك الزامي زير را مورد بررسي قرار دهند. در مورد مراجع بدون تاريخ چاپ و / يا تجديدنظر، آخرين چاپ و / يا تجديدنظر آن مدارك الزامي ارجاع داده شده موردنظر است.

استفاده از مراجع زير براي كاربرد اين استاندارد الزامي است :

۲-۱ استاندارد ملي ايران به شماره ۳۵۲۰ سال ۱۳۷۳ بتن تازه ـ تعيين مقدار هواي موجود

۲-۲ استاندارد ملي ايران به شماره ۳۲۰۳ سال ۱۳۷۱ بتن تازه ـ آزمايش رواني (اسلامپ)

۲-۳ استاندارد ملي ايران به شماره ۳۲۰۱ سال ۱۳۷۰ بتن تازه ـ روش نمونه برداري

۲-۴ استاندارد ملي ايران به شماره ۳۸۲۳ سال ۱۳۷۵ بتن تازه ـ روش تعيين اندازه‌گيري مقدار هواي موجود (روش حجمي)

۲-۵ استاندارد ملي ايران به شماره ۶۰۴۴ سال ۱۳۸۱ بتن آماده ـ ويژگي‌ها

۲-۶ استاندارد ملي ايران به شماره ۴۹۸۰ سال ۱۳۷۸ سنگدانه‌هاي ريز ـ روش آزمون تعيين وزن مخصوص انبوهي و جذب آب

۲-۷ استاندارد ملي ايران به شماره ۴۹۸۲ سال ۱۳۷۸ سنگدانه‌هاي درشت ـ روش آزمون تعيين وزن مخصوص انبوهي و جذب آب

۲-۸ استاندارد ملي ايران به شماره ۳۲۰۲ سال ۱۳۷۰ بتن آماده ـ رواداري و قابليت كاربرد نمونه‌هاي آزمايشي

۲-۹ استاندارد ملي ايران به شماره ۳۸۲۱ سال ۱۳۷۵ بتن ـ آزمون وزن مخصوص ، بازدهي و هواي موجود (روش وزني)

۲-۱۰ *ASTM C 617-98 (2003) : Standard practice for capping cylindrical concrete speciments .*

۲-۱۱ *ASTM C 125-2003 : Standard terminology relating to concrete and concrete aggregates .*

۲-۱۲ *ASTM C 330-2004 : Standard specification for lightweight aggregates for structural concrete .*

۲-۱۳ *ASTM C 448-1999 : Standard test methods for abrasion resistance of porcelain enamels .*
۲-۱۴ *ASTM E 171-2002 : Standard specification for standard atmospheres for conditioning and testing flexible barrier materials .*
۲-۱۵ *ASTM C 555-2004 : Standard test methods for total evaporable moisture content of aggregate by drying .*
۲-۱۶ *ASTM C 70-2001 : Standard test methods for surface moisture in fine aggregate .*
۲-۱۷ *ASTM C 138-2001 : Standard test methods for density (unit weight) , veild , and air content (gravimetric) of concrete .*
۲-۱۸ *ASTM C 1064-2004 : Standard test methods for temperature of freshly mixed hydraulic cement concrete .*
۲-۱۹ *ASTM C 617-2003 : Standard practice for capping cylindrical concrete specimens .*
۲-۲۰ *ASTM C 511-2003 : Standard specification for mixing rooms , moist cabinets , moist rooms , and water storage tanks used in the testing of hydraulic cements and concretes .*
۲-۲۱ *ASTM C 192-2002 : Standard practice for making and curing concrete test speciments in the laboratory .*
۲-۲۲ *ASTM C 39-2003 : Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete speciments .*

۳ وسایل لازم

۳-۱ قالب ها

۳-۱-۱ کلیات : قالب‌ها و وسایل باز و بسته کردن که در تماس با بتن هستند باید از جنس فولاد، آهن ریختگي یا سایر مواد غیر قابل جذب و غیر قابل واکنش ، سیمانهاي پرتلند و هیدرولیك مي‌باشد. قالب‌ها باید ازنظر ابعاد و تغییرات ابعادي با ویژگي‌هاي مورد نیاز در روش مطابقت داشته باشند. قالب‌ها باید ویژگي‌هاي ابعادي و شکل خود را در حین شرایط سرویس دهي حفظ کنند. هم چنین باید در حین استفاده، مانع عبور آب از خود باشند که این بوسیله قابلیت حفظ آبي که در آنها ریخته مي‌شود تشخیص داده مي‌شود.

یك آب بند مناسب مثل گریس‌هاي غلیظ، رس مدل سازي یا واکس میکروبلورین باید هنگامي که جلوگیري از نشتي آب در درزها مدنظر است مورد استفاده قرار گیرد. نر و مادگي‌هاي مناسب جهت اتصال محکم قالب به صفحه زیرین مورد نیاز است. قالب‌هایي که مجدداً استفاده مي‌شوند باید کمي با

روغن‌هاي مخصوص (رهاساز) يا با يك ماده چرب كننده غير واكنش پذير و مناسب قبل از استفاده چرب شوند.

۳-۱-۲ قالب‌هاي استوانه‌اي

قالب‌هاي مورد نياز براي جايدهي بتن در قالب به صورت عمودي بايد با ويژگي‌هاي بند ۳-۱-۱ و استاندارد بند ۲-۸ مطابقت داشته باشند.

۳-۱-۲-۱ قالب‌هاي افقي براي آزمونه‌هاي استوانه‌اي خزش

قالب‌هاي افقي بايد با ويژگي‌هاي بند ۳-۱-۱ مطابقت داشته باشند. هم چنين شكل و ابعاد آنها بايد استاندارد بند ۲-۸ مطابقت داشته باشد. از قالب‌هاي افقي فقط براي آزمونه‌هاي خزش كه حاوي نشان دهنده كرنش است استفاده مي‌شود. نشان دهنده كرنش بطور محوري درون بتن محاط شده است.

قالب‌هاي استوانه‌اي خزش را در حالتي كه به طور افقي قرار گرفته‌اند، پر كنيد. بر روي قالب‌هاي استوانه‌اي خزش يك سوراخ به موازات محور قالب وجود دارد كه اين سوراخ در طول قالب ادامه دارد. به طوري كه بتن از آنجا به داخل قالب ريخته مي‌شود. پهناي سوراخ نصف قطر آزمونه است. اگر لازم باشد لبه‌هاي سوراخ را مي‌توان تقويت كرد تا ازنظر ابعادي پايدار باقي بماند. براي اينكه لازم نباشد سطوح انتهايي آزمونه‌ها صاف شود يا پوشش داده شود قالب‌ها بايد داراي دو صفحه انتهايي ضخيم با ضخامت ۲/۳۵ ميلي‌متر و سطوح صاف ماشين كاري شده باشند همواري سطوح بايد مطابق با استاندارد بند ۲-۱۹ باشند.

توصيه مي‌شود صفحه‌هاي انتهايي محكم به قالب وصل گردند. سطوح داخلي هر صفحه انتهايي بايد داراي سه برجستگي به طول تقريبي ۲/۵ ميلي متر باشند تا صفحه‌ها بطور محكم در بتن جاي گيرند. يك صفحه زيري بايد از يك گوشه داخل سوراخ شود تا به سيم سربي گيج كرنش، اجازه خروج آزمونه از كناره صفحه را بدهد. بهتر است بطور دقيق محل گيج كرنش ايجاد شود. همه سوراخ‌هاي مورد نياز بايد تا جاي ممكن كوچك باشند تا مزاحمت آنها براي اندازه‌گيري‌هاي بعدي كرنش كمينه گردد و همه سوراخ‌ها بايد آب بندي شده باشند.

۳-۱-۲-۲ قالب‌هاي منشوري و تيري

اين دسته از قالبها بايد مستطيل شكل باشند (بجز موارد ويژه) و ابعادشان براي تهيه آزمونه‌هايي با اندازه‌هاي طراحي شده مناسب باشد. سطوح داخلي قالب‌ها بايد صاف و عاري از دندانه باشد. كناره‌ها، پايين و انتهاها نسبت به يكديگر بايد داراي زاويه‌هاي صاف باشند و سطوح آنها صاف و راست و عاري از تاب باشد. بيشينه اختلاف از سطح مقطع اسمي نبايد بيش از ۳/۲ ميلي‌متر براي قالب‌هاي با عمق يا پهناي بيشتر از ۱۵۲ ميلي متر و از ۱/۶ ميلي متر براي قالب‌هاي با عمق يا پهناي كمتر از ۱۵۲ ميلي متر باشد. بجز براي آزمونه‌هاي مقاومت خمشي قالبها نبايد بيشتر از ۱/۶ ميلي متر از طول اسمي اختلاف داشته باشند. آزمونه‌هاي مقاومت خمشي نبايد بيش از ۱/۶ ميلي متر از طول مورد نياز كوچكتر باشند اما مي‌توانند بلندتر باشند.

۳-۲ كوبه

در اين روش دو اندازه براي كوبه معرفي شده است :

الف ـ كوبه‌هاي بلند با قطر ۱۶ ميلي متر و تقريباً طول ۶۱۰ ميلي متر

ب ـ كوبه‌هاي كوتاه با قطر ۱۰ ميلي متر و تقريباً طول ۳۰۵ ميلي متر

هر دو نوع آنها بايد فولادي مستقيم و گرد با حداقل يك سر گرد شده به شكل نوك نيمه كروي و با همان قطر ميله مي‌باشند (هر دو انتها نيز اگر لازم باشد مي‌توانند گرد باشند).

۳-۳ چكش

يك چكش با سر پلاستيكي به وزن ۳۰±۶۰۰ گرم .

۳-۴ لرزاننده ها

لرزاننده‌هاي دروني، استوانه‌هاي صلب يا انعطاف پذيري هستند كه ترجيحاً با موتور الكتريكي كار مي‌كنند. بايد فركانس لرزشي آن ۷۰۰۰ لرزه بر دقيقه يا بيشتر در حين استفاده باشد. قطر خارجي يا داخلي عضو لرزان بايد حداقل ۱۹ ميلي متر و حداكثر ۳۸ ميلي متر باشد. مجموع طول استوانه و عضو لرزان بايد از حداكثر عمق قسمتي كه لرزانيده شده ۷۵ ميلي متر بيشتر باشد.

لرزاننده‌هاي بيروني ممكن است دو نوع باشند : ميزي يا تخته‌اي. توصيه مي‌شود فركانس لرزاننده‌هاي بيروني برابر و يا بيشتر از ۳۶۰۰ لرزه بر دقيقه باشد. در لرزاننده‌هاي ميزي و تخته‌اي بايد قالب محكم با انبرك به دستگاه متصل گردد.

يادآوري - تكان‌هاي لرزاننده كه به ميز يا تخته اعمال مي‌شود مي‌تواند توسط يك وزنه خارج از مركز روي محور يك موتور الكتريكي يا يك محور مجزا كه بوسيله موتور مي‌چرخد باشد.

۳-۵ ابزار كوچك

ابزارها و لوازم كوچك مورد نياز عبارتند از : بيل، سطل، ماله، سوهانهاي چوبي، ماله‌هاي سرگرد، شمشه يا صاف كننده سطح بتن، گيج حساسه، كمچه، خط كش‌ها و كاسه‌هاي فلزي براي مخلوط كردن .

۳-۶ اسلامپ

دستگاه اندازه‌گيري اسلامپ بايد مطابق با استاندارد بند ۲-۲ باشد.

۳-۷ ظرف تهيه آزمونه و مخلوط كردن

كف ظرف بايد صاف بوده و از جنس فلزات سنگين ، نفوذ ناپذير در برابر آب باشد. هم چنين بايد عمقي مناسب و گنجايش كافي براي راحت مخلوط كردن مواد توسط بيل يا ماله را داشته باشد. چنانچه مخلوط كردن بوسيله ماشين انجام شود، ظرف بايد مواد تخليه شده از مخلوط كن را در خود جاي داده و قابليت دوباره مخلوط كردن آنها با بيل و ماله را داشته باشد.

۳-۸ تجهيزات الك كردن به روش تر

در صورتي كه الك كردن به روش تر مورد نياز است، وسايل لازم بايد مطابق با استاندارد بند ۲-۳ باشد.

۳-۹ دستگاه اندازه‌گيري ميزان هوا

اين دستگاه براي اندازه‌گيري ميزان هوا بايد مطابق با استانداردهاي بند ۲-۱ و ۲-۴ بطور همزمان باشد.

۳-۱۰ ترازوها

ترازوها مورد استفاده جهت توزين پيمانه‌هاي مواد و بتن بايد داراي دقت ۰/۳ درصد وزني در هر محدوده از وزن‌هاي توزين شونده ، باشد.

يادآوري - بطور كلي مقادير كم نبايد با ترازوهاي ظرفيت بالا توزين شود. در بيشتر كاربردها كمترين مقداري كه توسط يك ترازو بايد وزن شود ، معادل بيش از ۱۰ درصد حداكثر ظرفيت ترازو است اما اين عدد خيلي به ويژگي‌هاي ترازو و دقت مورد نياز در توزين بستگي دارد. ترازوهاي مناسب براي توزين مواد بتني ترجيحاً بايد دقت در حدود ۰/۱ درصد ظرفيت كلي ترازو را داشته باشد ولي در هر صورت احتياط قبلي بايد رعايت شود. اما ترازوهاي ديجيتال دقيق از قاعده فوق مستثني هستند و بايد با دقت ۰/۰۰۱ درصد عمل كنند. دقت توزين مقادير كم بايد از طريق توزين يك مقدار زياد با و بدون آن مقدار كم صورت گرفته و سپس اختلاف آن دو عدد به دست آورده شود.

۳-۱۱ مخلوط كن بتن

مخلوط كن مي‌تواند يك مخلوط كن استوانه‌اي چرخنده، مخلوط كن يكور شونده يا هر طرف چرخنده يا مخلوط كن‌هاي با بيلچه چرخنده مناسب براي مخلوط كردن پيمانه‌هاي تهيه شده با اسلامپ مورد نياز ، باشد.

يادآوري - يك مخلوط كن تاوه‌اي براي بتن با اسلامپ كمتر از (۲۵/۴ ميلي متر) نسبت به مخلوط كن استوانه‌اي چرخنده مناسب‌تر است. سرعت چرخش، درجه كج شدن و ظرفيت يك مخلوط كن كج شو هميشه براي بتن‌هاي آزمايشگاهي مناسب نيست. ممكن است مخلوط كني قابليت استفاده با سرعت چرخش، زاويه كج شدن و ظرفيتي كمتر از آن چيزي كه سازنده پيش بيني كرده را داشته باشد.

۴ نمونه برداري

۴-۱ آزمونه‌هاي استوانه اي شكل

استوانه‌ها براي آزمونهايي نظير مقاومت خمشي ، مدول الاستيسيته ، خزش و مقاومت كششي برزيلي ممكن است با اندازه‌هاي مختلف حداقل قطر ۵۰ ميلي متر و طول ۱۰۰ ميلي متر تهيه شوند.
در موارد ديگر ابعاد بايد مطابق با بند ۴-۴ و روش آزمون مربوطه تعيين گردد.
آزمونه‌هاي استوانه‌اي براي آزمونهاي غير از خزش بايد قالب گيري شده و اجازه داده شود تا در جهت محور عمودي استوانه بماند تا سخت شود. آزمونه‌هاي استوانه‌اي براي آزمون خزش ممكن است در جهت محور عمودي يا افقي استوانه بتن ريزي شوند و در همان جهت باقي بمانند تا سخت شوند.

۴-۲ آزمونه‌هاي منشوري شكل

آزمونه‌هاي تيري شكل براي مقاومت خمشي، آزمونه‌هاي مكعبي شكل براي مقاومت فشاري، آزمونه‌هاي منشوري شكل براي سيكل يخبندان، پيوستگي، تغييرات طولي، تغييرات حجمي و غيره بايد به موازات محور طويل‌ترشان جادهي شوند، مگر اينكه موارد ديگري در روش آزمون در تحقيق مورد نياز بوده باشد و در اين صورت بايد ابعاد مطابق با نيازمندي‌هاي روش آزمون ويژه باشد.

۴-۳ آزمونه‌هاي ديگر

شكل و اندازه‌هاي آزمونه‌ها براي آزمون‌هاي ويژه را مي‌توان طراحي و قالب‌گيري كرد. البته اين امر بايد مطابق با روش عمومي نشان داده شده در آن آزمون خاص صورت گيرد.

۴-۴ اندازه آزمونه برحسب اندازه سنگ دانه ها

قطرآزمونه‌هاي استوانه‌اي يا حداقل ابعاد سطح مقطع عمودي ديگر آزمونه‌ها بايد حداقل سه برابر حداكثر اندازه اسمي سنگدانه‌هاي درشت در بتن باشد.

يادآوري - بطوركلي حداكثر اندازه دانه اسمي به اندازه‌اي گفته مي‌شود كه ۱۵ درصد دانه‌ها روي آن الك باقي بمانند.

سنگدانه‌هاي خيلي درشت با فراواني كم بايد در حين مخلوط كردن يا قالب گيري آزمونه جدا شوند. هنگامي كه در تهيه بتن سنگدانه‌هايي بزرگتر از اندازه‌هاي مناسب قالب‌ها و تجهيزات بخواهد مورد استفاده قرار گيرد، بتن مورد آزمون را به روش تر الک كنيد.

۵-۴ تعداد آزمونه‌ها

تعداد آزمونه‌ها و تعداد پيمانه‌هاي آزمون بستگي به كار عملي و نوع آزمون دارند. معمولاً سه آزمونه يا بيشتر براي هر سن و شرايط آزمون قالب گيري مي‌شود مگر اينكه موارد ديگر مشخص شده باشد.

يادآوري - براي آزمونه‌هاي مقاومت فشاري معمولاً سن‌هاي ۷ و ۲۸ روز و براي آزمونه‌هاي مقاومت خمشي ۱۴ و ۲۸ روز بكار مي‌رود. آزمونه‌هاي شامل انواع سيمان پرتلند معمولاً در ۱، ۳، ۷ و ۲۸ روز آزمون مي‌شوند. براي سن‌هاي طولاني‌تر هم براي مقاومت فشاري و هم خمشي ۳ و ۶ ماه و يكسال بكار مي‌رود. سن‌هاي آزمون ديگري ممكن است براي انواع آزمونه‌هاي ديگر بكار روند.

آزمونه‌هايي كه به منظور تعيين يك متغير مفروض تهيه شده‌اند بايد از سه پيمانه مجزا ساخته شوند. چنانچه ساخت حداقل يك آزمونه براي هر متغير در يك روز معين غير ممكن باشد، مخلوط كردن سري كاملي از آزمونه‌ها بايد در كمترين روزهاي ممكن پايان پذيرد و ساخت يكي از مخلوطها بايد به عنوان استاندارد مقايسه در تمام روزها تكرار شود.

۵ آماده كردن آزمونه

۱-۵ دما

قبل از اختلاط بتن، دماي مواد اوليه را به دماي اطاق و در محدوده ۲۰ تا ۳۰ درجه سلسيوس برسانيد.

۲-۵ سيمان

محل ذخيره سيمان بايد خشك و در مخزني ضد رطوبت و ترجيحاً فلزي باشد. سيمان بايد بطور كامل مخلوط شده باشد تا موجودي يكنواختي براي آزمونها مهيا باشد. بايد از الك شماره ۲۰ (μm ۸۵۰) يا الكي ريزتر عبور داده تا همه كلوخه‌ها جدا شوند و بعد روي يك ورق پلاستيكي يا پارچه‌اي ضد آب دوباره مخلوط شده و به مخزن باز گردانده شوند.

۵-۳ سنگدانه ها

براي جلوگيري از جدا شدن سنگدانه‌هاي درشت آنها را از سنگدانه‌هاي اوليه جدا كنيد و براي هر پيمانه مجدداً با نسبت‌هاي مناسب آنها را مخلوط كنيد تا دانه بندي مورد نياز بدست آيد.

يادآوري - بندرت مي‌توان سنگدانه‌هاي درشت را در يك اندازه منفرد پيمانه كرد. سنگدانه‌هاي كوچكتر از ۶۳ ميلي‌متر را بايد به دو تا پنج اندازه طبقه بندي كرد. اگر درصد سنگدانه‌هاي بين دو الك بيش از ۱۰ درصد كل سنگدانه‌ها باشد نسبت چشمه اندازه‌هاي الك درشت به الك ريز نبايد بيش از دو باشد. در غير اينصورت بهتر است يك الك اضافه شود.

چنانچه سنگدانه‌هاي ريز به محدوده هاي مختلف تقسيم شود در اينصورت آنها را در محيط مرطوب تا زمان استفاده نگهداري كنيد تا از جدا شدن ذرات آن از يكديگر جلوگيري شود مگر اينكه سنگدانه‌ها با دانه‌بندي اصلي اوليه با قوطي مقسم با سوراخهاي مناسب، به اندازه پيمانه‌هاي مورد نياز در هر آزمون، تقسيم شده باشند. اگر دانه‌بندي‌هاي غير معمول براي مطالعه مورد نياز باشد در اينصورت سنگدانه‌هاي ريز ممكن است نيازمند خشك كردن و جداسازي در اندازه‌هاي مختلف باشد به عنوان مثال در اين مورد اگر مقدار كلي سنگدانه‌هاي ريز مورد نياز بيش از آن چيزي باشد كه در دانه‌بندي اوليه موجود است در اينصورت مي‌توان به مقدار مورد نياز از سنگدانه‌هاي تقريباً يك اندازه جداسازي شده وزن و مخلوط كرد تا به دانه‌بندي مطلوب رسيد. هنگامي كه مقدار كلي سنگدانه‌هاي ريز كه بدون جداسازي و دانه بندي قرار است استفاده شوند، براي مصرف تا پايان آزمون كافي باشد مي‌توان آنها را بطور كامل مخلوط كرده و در محيط مرطوب نگهداري كرد و سپس به همان صورت به مكان مورد نياز انتقال داد. وزن مخصوص و جذب آب سنگدانه‌ها مطابق با استانداردهاي بند ۲-۶ و ۲-۷ مي‌توانند تعيين گردند.

قبل از اختلاط سنگدانه‌ها، آنها را طوري آماده كنيد كه از وضعيت رطوبت يكنواخت و معين آنها مطمئن شويد. سپس وزن مورد نياز سنگدانه‌ها براي استفاده در هر پيمانه بوسيله يكي از روش‌هاي زير تعيين مي‌شود :

سنگدانه‌هاي با جذب آب كم (كمتر از ۱/۰ درصد) در شرايط اتاق خشك (با كم كردن مقدار آبي كه بتن گيرش نكرده شده جذب خواهد كرد) ممكن است وزن شوند. اين روش به ويژه براي سنگدانه‌هاي درشتي كه بايد در اندازه هاي مجزا پيمانه شوند مفيد است. به دليل خطر جدا شدن سنگدانه‌هاي ريز (در حالت خشک) اين روش فقط وقتي براي آنها مي‌تواند به كار رود كه آنها در اندازه هاي مختلف، مجزا و دانه‌بندي شده باشند.

يادآوري - هنگام استفاده از سنگدانه‌هاي با جذب آب كم قرار گرفته در شرايط اتاق خشك، مقدار آبي كه بوسيله سنگدانه‌ها قبل از گيرش بتن جذب خواهد شد مي‌تواند برابر ۸۰ درصد اختلاف بين جذب آب ۲۴ ساعته سنگدانه‌ها كه براساس استانداردهاي بند ۲-۶ و ۲-۷ تعيين مي‌شود، فرض شود. مقدار آب موجود در حفره‌هاي سنگدانه در حالت اتاق خشك براساس استاندارد بند ۲-۱۵ تعيين مي‌شود.

اين روش به ويژه براي سنگدانه‌هاي درشتي كه بايد در اندازه‌هاي مجزا پيمانه شوند سودمند است. بدليل خطر جدا شدن سنگدانه‌هاي ريز در حالت خشك، اين روش فقط وقتي براي آنها مي‌تواند بكار رود كه آنها در اندازه‌هاي مختلف، مجزا و دانه بندي شده باشند.
سنگدانه‌هاي با اندازه دانه‌هاي مجزا شده را مي‌توانيد جداگانه به مقدار مورد نياز پيمانه، وزن كنيد. سپس آنها را دوباره در يك ظرف با وزن خالص معلوم مخلوط كرده و به مدت ۲۴ ساعت پيش از استفاده در آب غوطه‌ور كنيد. پس از غوطه‌وري، آب اضافي را ، به آهستگي سرريز كنيد و وزن مخلوط سنگدانه و آب را تعيين كنيد. مقدار رطوبت سنگدانه‌ها را مي‌توان براساس استانداردهاي بند ۲-۱۵ و ۲-۱۶ تعيين كنيد.
بهتر است سنگدانه‌ها را به گونه‌اي خيس كنيد و نگه داري نماييد، كه از آب اشباع شده باشند. همچنين محتوي رطوبت سطحي آنها نيز به گونه‌اي باشند، كه سطح آنها ديگر آب جذب نكند. بنابراين مي‌توان سنگدانه‌ها را ۲۴ ساعت قبل از استفاده نگهداريد. هنگامي كه از اين روش استفاده شود، مقدار رطوبت سنگدانه‌ها بايد با استفاده از محاسبات كمّي مناسب سنگدانه‌هاي مرطوب تعيين شود. مقدار رطوبت سطحي موجود بايد به عنوان بخشي از مقدار مورد نياز آب مخلوط به حساب آيد. رطوبت سطحي در سنگدانه‌هاي ريز مي‌توان براساس استانداردهاي بند ۲-۱۵ و ۲-۱۶ تعيين كرد. اين روش براي سنگدانه‌هاي درشت به دليل دشوار بودن تعيين دقيق مقدار رطوبت كلي آنها كمتر استفاده مي‌شود. در صورت استفاده از اين روش براي سنگدانه‌هاي درشت، به منظور اطمينان از دستيابي به دانه‌بندي مناسب بايد كسر سنگدانه‌ها با اندازه ذرات مختلف جداگانه حمل شوند.
سنگدانه‌هاي ريز يا درشت ممكن است در شرايط اشباع شده ولي با سطح خشك رسانده شوند و تا وقتي كه براي استفاده توزين شوند نگاهداري شوند. اين حالت معمولاً براي تهيه مواد با پيمانه‌هايي كوچكتر از ۰/۰۰۷ متر مكعب ازنظر حجم بكار مي‌رود.

يادآوري - از خشك شدن سنگدانه‌ها در طي توزين و استفاده بايد جلوگيري كنيد.

۵-۴ سنگدانه‌هاي سبك

مقدار رطوبت سنگدانه‌هاي سبك در حين مخلوط كردن ممكن است اثرات مهمي روي رفتار بتن تازه مخلوط شده و بتن سخت شده مثل كاهش اسلامپ، مقاومت فشاري و مقاومت در برابر سيكل‌هاي يخبندان داشته باشد.

يادآوري - اين استاندارد ، سنگدانه‌هاي سبك، سرباره كوره بلند سرد شده در هوا و سنگدانه‌هاي طبيعي حفره‌دار با تخلخل زياد را به دليل جذب آب زيادشان، در بر نمي‌گيرد.

۵-۵ افزودني ها

افزودني‌هاي پودري شكل كه نامحلول هستند و حاوي نمك‌هاي نم گير نيستند و قرار است به مقدار كم به بتن اضافه مي‌شوند، بايد قبل از اضافه شدن به بتن با بخشي از سيمان مخلوط شوند تا از توزيع يكنواخت و كامل آن در بتن اطمينان حاصل شود. فقط مواد كاملاً نامحلولي كه به بيش از ۱۰ درصد وزن سيمان اضافه مي‌شوند همانند پوزولانها بايد مثل سيمان انتقال يابند و به همان روش به پيمانه اضافه شوند. افزودني‌هاي پودر شده‌اي كه خيلي زياد نامحلول هستند اما شامل نمك‌هاي نم گير هستند باعث گلوله‌اي شدن سيمان مي‌شوند و بايد با سنگدانه‌هاي ريز مخلوط شوند.

چنانچه از افزودني‌هاي مايع و يا محلول در آب استفاده شود، بايد آب اضافي ايجاد شده در اثر افزودن اين محلول‌ها از آب اوليه كم گردد.

افزودني‌هاي ناهمخوان به شكل غليظ، مثل محلول‌هاي كلريد كلسيم و هوازاها و كند كننده‌هاي گيرش خاص نبايد قبل از اضافه شدن به بتن با يكديگر مخلوط شوند. زمان، ترتيب و روش اضافه كردن چنين افزودني‌هايي به پيمانه بتن مي‌تواند اثرات مهمي روي رفتارهاي بتن مثل زمان گيرش و مقدار هوا داشته باشد. روش انتخاب شده بايد از يك پيمانه به پيمانه ديگر تغيير نكند و شباهت خوبي به روش عملي كارگاهي داشته باشد.

يادآوري - تجهيزات مخلوط كردن و قطعات فرعي آنها بايد بطور كامل تميز شوند تا افزونه‌ها و افزودني‌هاي شيميايي مورد استفاده در پيمانه‌هاي غير مشابه بتن روي پيمانه‌هاي بعدي اثر نگذارند.

۶ روش‌هاي آزمون

۶-۱ اختلاط بتن

۶-۱-۱ كليات

بتن را در مخلوط كن مناسب يا دستي مخلوط كنيد به گونه‌اي كه اندازه پيمانه بتن ۱۰ درصد بيش از مقدار مورد نياز براي پر كردن قالب آزمونه باشد. روش مخلوط كردن دستي براي بتن‌هاي با افزودني هوازا يا بتن‌هايي كه اسلامپ قابل اندازه‌گيري ندارند و خيلي خشك هستند قابل بكارگيري نيست. مخلوط كردن دستي فقط به پيمانه‌هايي با حجم ۰/۰۰۷ مترمكعب يا كمتر محدود مي‌شود. انواع روش‌هاي مخلوط كردن در بندهاي ۶-۱-۲ و ۶-۱-۳ آمده است. با اين همه، روش‌هاي ديگري ممكن است در حالت‌هاي ويژه و يا كاربردي و يا هنگامي كه روش ارائه شده در اينجا غير قابل بكارگيري باشد مورد استفاده قرار گيرد. يك مخلوط كن گردنده نيز مي‌تواند مناسب باشد. اين مخلوط كن ماشيني از آنجايي مهم است كه بخواهيم ترتيب و روش مخلوط كردن از يك پيمانه به پيمانه ديگر يكنواخت باشد و اثري روي مطالعه نداشته باشد.

۶-۱-۲ اختلاط ماشيني

پيش از شروع به چرخيدن مخلوط كن سنگدانه‌هاي درشت را به همراه مقداري از آب مخلوط و اگر افزودني‌هاي محلول مورد نياز هستند (مطابق بند ۵-۵)، اضافه كنيد. در صورت امكان افزودني‌ها را در آب مخلوط كرده و قبل از اضافه كردن پخش كنيد. پس از شروع به مخلوط كردن به ترتيب سنگدانه‌هاي ريز، سيمان و آب را به مخلوط كن اضافه كنيد. در صورتي كه مخلوط كردن سنگدانه‌هاي ريز و سيمان و آب در حين كار كردن مخلوط كن براي مخلوطهاي خاص يا آزمونهاي خاص امكان‌پذير نباشد، اين مواد را مي‌توانيد حين خاموش بودن مخلوط كن و پس از مخلوط كردن سريع سنگدانه‌هاي درشت و كمي آب اوليه، اضافه كنيد. پس از اينكه همه اجزاء بتن به مخلوط كن اضافه شدند، بمدت سه دقيقه مواد را مخلوط كنيد. سپس مخلوط كن را خاموش كنيد و بعد مجدداً دو دقيقه ديگر، مواد را مخلوط كنيد. درب بالا يا پايين مخلوط كن براي جلوگيري از تبخير آب بايد بسته شوند.

تخليه همه ملات از مخلوط كن كار سختي است. براي جبران اين مشكل يكي از دو روش زير مي‌تواند استفاده شود تا از درست بودن پيمانه مخلوط شده نهايي اطمينان حاصل شود :

۶-۱-۲-۱ چرب كردن دستگاه مخلوط كن

قبل از مخلوط كردن پيمانه آزمونه اصلي، ملاتي مشابه مخلوط نهايي ولي بدون سنگدانه‌هاي درشت در مخلوط كن بريزيد تا به جداره‌هاي ظرف بچسبد هم چنين مي‌توانيد اولين بتن مخلوط شده را دور بريزيد، چون ملات آن جدا شده و به جداره چسبيده است.

۶-۱-۲-۲ مخلوط پر ملات

آزمونه اوليه را به گونه‌اي انتخاب كنيد كه مقدار ملات آن بيش از مقدار مورد نظر باشد. اين مقدار ملات اضافي بايد حدود مقدار ملاتي باشد كه به جداره‌هاي مخلوط كن مي‌چسبد. در اين روش اولين بتن مخلوط شده هم مورد استفاده قرار خواهد گرفت. البته اگر تمامي آزمونه‌ها پر ملات انتخاب شوند پس از هر بار مخلوط كردن بايد مخلوط كن را تميز كنيد. براي حذف جدايش، بتن مخلوط شده با دستگاه بايد در ظرفي نم‌دار و تميز ، با بيلچه يا ماله دوباره مخلوط شود.

۶-۱-۳ اختلاط دستي

پيمانه بتن را در يك ظرف يا سطل فلزي نم دار تميز و بدون سوراخ، بوسيله يك ماله با لبه پهن مخلوط كنيد. هنگامي كه سنگدانه‌ها را مطابق بند ۵-۳ آماده كرديد، مخلوط كردن را به ترتيب مراحل زير انجام دهيد :

الف ـ سيمان و افزودني‌هاي پودري نامحلول (اگر بايد مصرف شوند) و سنگدانه‌هاي ريز را بدون اضافه كردن آب كاملاً مخلوط كنيد.

ب ـ سنگدانه‌هاي درشت را بدون آب به پيمانه اضافه كنيد و عمل مخلوط كردن را تا زماني كه توزيع همگني در پيمانه حاصل نشده است، ادامه دهيد.

پ ـ آب و افزودني‌هاي محلول در آب (اگر مصرف مي‌شوند) را به مخلوط حاصله اضافه كنيد و عمل مخلوط كردن را ادامه دهيد تا بتن كاملاً همگن حاصل شود. چنانچه در مخلوط كردن تأخيري

صورت گيرد، بايد براي دستيابي به رواني مناسب، مجدداً آب به مخلوط اضافه كنيد. بنابراين آزمونه قبلي را دور بيندازيد و آزمونه جديدي مجدداً ساخته و عمليات فوق را دوباره انجام دهيد.

۶-۱-۴ بتن مخلوط شده

مقادير مورد نياز از بتن مخلوط شده و آماده را براي تهيه آزمونه‌هاي قالب گيري شده جدا كنيد، به گونه‌اي كه اين آزمونه‌ها نماينده واقعي بتن باشند. در صورتي كه عمل مخلوط كردن مجدد بتن و يا ساخت آزمونه قالب ريزي شده انجام نمي‌شود روي اين بتن‌هاي آماده را بايد پوشاند تا از تبخير آب آنها جلوگري شود.

۶-۲ اسلامپ ، ميزان هوا ، بازدهي بتن و دما

۶-۲-۱ اسلامپ

اسلامپ هر پيمانه بتن مخلوط شده بايد بلافاصله پس از مخلوط كردن مواد براساس استاندارد بند ۲-۲ اندازه‌گيري شود.

۶-۲-۲ ميزان هوا

ميزان هوا هنگامي كه مورد نياز باشد بايد براساس استانداردهاي بند ۲-۱ و ۲-۴ اندازه‌گيري شود. روش ارائه شده در استاندارد بند ۲-۴ نبايد براي بتن‌هايي كه با سنگدانه‌هاي سبك وزن، سرباره كوره بلند سرد شده در هوا و سنگدانه‌هاي با تخلخل بالا ساخته شده‌اند بكار روند. بتن تهيه شده پس از اندازه‌گيري ميزان هوا، بايد دور ريخته شود.

۶-۲-۳ بازدهي بتن

بازدهي هر پيمانه از بتن (در صورت نياز) بايد براساس استاندارد بند ۲-۹ تعيين كنيد. بتن استفاده شده براي اسلامپ و بازدهي بتن را مي‌توان دوباره به مخلوط برگردانده و مجدداً آن را با پيمانه اصلي مخلوط كرد.

۶-۲-۴ دما

دماي هر پيمانه بتن براساس استاندارد بند ۲-۱۸ اندازه‌گيري مي‌شود.

۶-۳ آماده كردن آزمونه

۶-۳-۱ محل قالب ها

قالب‌هايي كه بزودي جهت بتن ريزي استفاده خواهند شد بايد ۲۴ ساعت قبل به محل ساخت بتن آورده شوند. اما اگر قالب‌ها قرار نيست كه بزودي استفاده شوند بايد بلافاصله پس از تخليه به انبار ذخيره قالب‌ها برده شوند. محل قالب‌ها بايد روي سطحي صاف و عاري از هرگونه ارتعاش و به هم خوردگي باشد. بايد از تكان دادن ، ضربه زدن، كج كردن و يا خراشيدن سطح آنها در حين انتقال به انبار خودداري شود.

۶-۳-۲ جايدهي بتن

بتن را با استفاده از كمچه ، ماله پهن و يا بيلچه درون قالب بريزيد. پيمانه‌هاي برداشته شده از بتن سرپر باشند و بايد مطمئن شد كه يك پيمانه پر نماينده خوبي براي كل بتن موجود در مخلوط كن مي‌باشد. ممكن است مجبور به دوباره مخلوط كردن بتن در ظرف مخلوط كن بوسيله بيلچه يا ماله

شويد در اين صورت بايد از جدا شدگي ذرات در حين پر كردن قالب جلوگيري كرد. ماله يا كمچه را روي لبه‌هاي بالايي قالب حركت دهيد تا بتن اضافي در سطح قالب تميز شود تا شكل هندسي منظم قطعه حفظ شده و جدا شدگي ذرات سنگدانه درشت در قالب به حداقل برسد. نهايتاً بتن را بوسيله كوبه پخش كنيد و پس از آن شروع به متراكم كردن كنيد. در جايدهي لايه نهايي بايد سعي شود كه مقداري بتن طوري اضافه شود كه بعد از متراكم سازي قالب كاملاً پر باشد. از ريختن بتني غير از بتن اصلي در قالب پر نشده خودداري كنيد.

۶-۳-۲-۱ تعداد لايه ها

تعداد لايه‌ها يا مراحل بتن ريزي و تراكم در قالب‌ها با توجه به شكل آنها در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

جدول شماره ۱- تعداد لايه‌هاي مورد نياز براي پر كردن قالب‌ها

نوع آزمونه	اندازه (ميلي متر)	روش تراكم	تعداد لايه	عمق متوسط هر لايه (ميلي متر)
استوانه‌اي	تا ۳۰۰	ميله زني	۳ لايه	۱۰۰
	بالاي ۳۰۰	ميله زني	به قدر لازم	–
	تا ۴۶۰	لرزاندن	۲ لايه	عمليترين اندازه ۲۰۰
	بالاي ۴۶۰	لرزاندن	۳ يا بيشتر	–
آزمونه‌هاي منشوري و خزش استوانه‌اي	تا ۲۰۰	ميله زني	۲ لايه	–
	بالاي ۲۰۰	ميله زني	۳ يا بيشتر	۱۰۰
	تا ۲۰۰	لرزاندن	۱ لايه	–
	بالاي ۲۰۰	لرزاندن	۲ يا بيشتر	عمليترين اندازه ۲۰۰

۶-۴ متراكم كردن بتن

۶-۴-۱ روش‌هاي متراكم سازي

روش‌هاي مختلفي براي آماده سازي آزمونه‌ها جهت انجام روش‌هاي متراكم سازي وجود دارد كه عبارتند از ميله زني، لرزاندن دروني يا بيروني .

انتخاب روش تراكم مبتي بر اسلامپ است كه بر اين اساس در خود استاندارد روش متراكم سازي گفته شده كه روش براي چه كارهايي ترجيح داده مي‌شود. بتن‌هايي با اسلامپ بالاي ۷۵ ميلي متر ميله زني مي‌شوند. بتن‌هاي با اسلامپ ۷۵-۲۵ ميلي متر ميله زني يا لرزانده مي‌شوند. بتن‌هاي با اسلامپ زير ۲۵ ميلي متر لرزانده مي‌شوند. از لرزاندن داخلي نبايد براي استوانه‌هاي با قطر كوچكتر از ۱۰۰ ميلي متر و منشورها يا ميله‌هاي با پهنا و عمق كمتر از ۱۰۰ ميلي متر استفاده كرد.

يادآوري - بتن با مقدار آب كم كه قابليت متراكم شدن با روشهاي مطرح شده در اين استاندارد را ندارد مطرح نشده است. شرايط چنين آزمونه‌هايي و روش‌هاي آزمون آنها در استانداردهاي مربوطه آمده است. بعضي از اين بتن‌ها از طريق اعمال لرزاننده بيروني به همراه اعمال فشار اضافي در سطح بتن به منظور جابه‌جايي سنگدانه‌هاي درشت و

متراكم شدن بتن، قابل تهيه هستند. براي چنين مخلوطهايي روش زير بايد اجرا شود : در قالب‌هاي استوانه‌اي حدود نصف آن مواد ريخته و استوانه‌اي توپر روي سطح بتن قرار مي‌گيرد بعد تحت لرزاندن بيروني قرار مي‌گيرد. مثلاً ۱۵۰ از ۳۰۰ ميلي متر قالب پر شده يك وزنه ۴/۵ كيلوگرمي به ارتفاع ۷۵ ميلي‌متر روي آن قرار مي‌گيرد. وزنه مي‌تواند قالبي كوچكتر باشد كه قطر آن حدود ۶ ميلي متر از قطر داخلي قالب اصلي كوچكتر است. اگر قالب اصلي ارتفاع ۱۵۰ ميلي متري داشته باشد مقدار ۷۵ ميلي متر آن پر شده بعد قالبي به ارتفاع ۵۰ ميلي متر به وزن ۱/۱ كيلوگرم روي آن قرار مي‌دهيم. تا وقتي كه شيره بتن در اثر لرزاندن خارج شود و دور انتهايي وزنه را بگيرد بايد عمل لرزاندن را ادامه داد.

۶-۴-۲ ميله زني

بتن را بصورت لايه‌اي مطابق با جدول شماره ۱ درون قالب قرار دهيد. ميله زني هر لايه را به تعداد ضربه‌ها و اندازه ميله‌ها مطابق با جدول شماره ۲ كامل كنيد. لايه انتهايي را تا عمق آن ميله زني كنيد. ضربه‌ها را بطور يكنواخت در سطح مقطع قالب پخش كنيد و براي هر لايه، ميله تا عمق ۱۲ ميلي متر در لايه زيري بتن، نفوذ كند البته در صورتي كه عمق لايه كمتر از ۱۰۰ ميلي متر باشد، ولي براي لايه‌هاي ضخيم‌تر از ۱۰۰ ميلي متر ميله حدود ۲۵ ميلي متر در لايه زيري نفوذ كند. سپس كناره‌هاي بيروني قالب را ۱۰ تا ۱۵ بار به آرامي با چكش ضربه بزنيد تا حفره‌هاي باقي مانده از عمل لرزاندن بسته شود و حبابهاي بزرگ حبس شده، رها شود. چنانچه از قالب‌هاي سبك وزن ، يك بار مصرف، استفاده مي‌كنيد بايد با دست باز به كناره‌هاي آن ضربه بزنيد. زيرا كه ضربه زدن با چكش ممكن است آنرا خراب كند. بعد از ميله زني بتن را در طول كناره‌ها و انتهاي قالب‌هاي ميله‌اي و منشوري ماله بكشيد.

جدول شماره ۲- قطر ميله و تعداد ميله زني استفاده شده براي قالب گيري آزمونه‌هاي مختلف

استوانه ها		
قطر استوانه‌ها (ميلي متر)	**قطر ميله (ميلي متر)**	**تعداد ضربه‌ها بر يك لايه**
۵۰-۱۵۰	(۳/۸)	۲۵
۱۵۰	(۵/۸)	۲۵
۲۰۰	(۵/۸)	۵۰
۲۵۰	(۵/۸)	۷۵
تيرها و منشورها		
سطح ويژه آزمونه ها (سانتي مترمربع)	**قطر ميله (ميلي متر)**	**تعداد ضربه‌ها بر يك لايه**
زير ۱۶۰	(۳/۸)	۲۵
۱۶۰-۳۱۰	(۳/۸)	يك ضربه براي هر ۷ سانتي‌مترمربع از سطح
بيشتر از ۳۲۰	(۵/۸)	يك ضربه براي هر ۱۴ سانتي‌مترمربع ازسطح
استوانه‌هاي خزش عمودي		
قطر استوانه‌ها (ميلي متر)	**قطر ميله (ميلي متر)**	**تعداد ضربه‌ها بر يك لايه**

۱۵۰	۱۶	کلاً ۵۰ ضربه، هر طرف ۲۵ ضربه

۶-۴-۳ لرزاندن

عوامل مؤثر در طي عمل لرزاندن ، كارايي بتن و راندمان لرزاننده است. معمولاً لرزاندن مؤثر به گونه‌اي است كه سطح بتن نسبتاً صاف شود. عمل لرزاندن را تا دست يابي به تراكم مناسب ادامه دهيد. لرزاندن زياد ممكن است سبب جدايش ذرات شود. در اين روش ابتدا قالب‌ها را پر كنيد و سپس توسط لرزاننده‌هاي مناسب، به تعداد لايه‌هاي مورد نياز طوري كه تقريباً لايه‌ها مساوي هم باشند بلرزانيد. همه بتن يك لايه را قبل از شروع به لرزاندن در قالب بريزيد. لايه آخر را طوري كه بيش از ۴ ميلي متر اضافه نباشد بتن ريزي كنيد. سطح را در طي لرزاندن كه لرزاننده بيروني استفاده مي‌شود و يا بعد از لرزاندن كه لرزاننده دروني يا بيروني بكار مي‌رود پرداخت كنيد. در حالتي كه عمل پرداخت بعد از لرزاندن صورت مي‌گيرد فقط مقدار كافي بتن با ماله اضافه كنيد و حدود ۳ ميلي متر بيش از گنجايش قالب پر كنيد. سپس آن را روي سطح پخش كنيد و اضافه آن را جمع كنيد.

۶-۴-۳-۱ لرزاندن دروني

قطر استوانه يا ديواره بيروني لرزاننده‌هاي دروني بايد بيشتر از يك سوم پهناي قالب در مورد قالب‌هاي منشوري و ميله‌اي نباشد. در مورد قالب‌هاي استوانه‌اي نسبت قطر سيلندر به قطر عضو لرزاننده بايد بيشتر از چهار باشد. در حين عمل تراكم بتن با لرزاننده بايد از خورد لرزاننده به ديواره‌ها و كف قالب و ضربه زدن به تجهيزات داخل قالب مثل كرنش سنج جلوگيري كرد. عمل لرزاندن خوب وقتي حاصل مي‌شود كه هيچ حباب هوايي در داخل آزمونه باقي نماند.

۶-۴-۳-۲ لرزاندن دروني آزمونه‌هاي استوانه‌اي

لرزاندن در سه نقطه مختلف براي هر لايه بتن ريزي بايد اعمال شود. لرزاننده بايد از لايه‌اي كه در حال لرزاندن است عبور كند و تقريباً ۲۵ ميلي متر به لايه زيري آن نيز نفوذ كند. بعد از اينكه هر لايه لرزانيده شد حدود ۱۰ تا ۱۵ بار، به آرامي با چكش به بيرون قالب ضربه بزنيد تا حفره‌هاي باقي مانده از عمل لرزاندن بسته شده و حبابهاي بزرگ حبس شده رها گردد.

۶-۴-۳-۳ لرزاندن دروني آزمونه‌هاي ميله‌اي ، منشوري و استوانه‌هاي خزش افقي

عمل لرزاندن بايد در فاصله‌هاي بيش از ۱۵۰ ميلي متر از كناره‌ها يا وسط بلندترين طول قالب يا نزديك كرنش سنج در مورد استوانه‌هاي خزش انجام شود. براي آزمونه‌هاي پهن‌تر از ۱۵۰ ميلي متر لرزاندن بايد در دو نقطه انجام شود. بايد به محور لرزاننده اجازه داد تا ۲۵ ميلي متر در عمق لايه نفوذ كند. بعد از اينكه هر لايه لرزانيده شد حدود ۱۰ تا ۱۵ بار ضربه‌هايي به ارامي با چكش به بيرون قالب بزنيد تا حفره‌هاي باقي مانده از عمل لرزاندن بسته شده و حبابهاي بزرگ حبس شده رها گردد.

۶-۴-۴ لرزاندن بيروني

هنگامي كه از لرزاننده بيروني استفاده مي‌شود بايد مطمئن شد كه قالب محكم به اجزاء يا سطح لرزاننده بسته شده است.

۶-۴-۵ پرداخت

پس از عمليات تراكم، حتي در حين لرزاندن، آزمونه را مي‌توانيد پرداخت كاري كنيد. بتن اضافي را برداشته و توسط ماله سطح بتن را با روشهاي استاندارد پرداخت نماييد.. چنانچه هيچ گونه پرداختي مشخص نشده باشد، بايد سطح آزمونه را با تخته ماله يا ماله منيزيومي پرداخت كنيد. پرداخت كاري بايد با حداقل دستكاري انجام شود طوري كه سطح آزمونه با لبه و كناره قالب هم سطح شود و هيچ پستي و بلندي بيش از ۳/۲ ميلي متر روي آن باقي نماند.

۶-۴-۵-۱ آزمونه‌هاي استوانه‌اي

بعد از تراكم، سطح بالايي آزمونه را توسط ميله كوبيدن تا جايي كه رواني بتن اجازه دهد شمشه كشي كنيد و يا با ماله چوبي يا ماله پرداخت كنيد. در صورت لزوم سطح بالايي آزمونه استوانه‌اي تازه ساخته شده را با يك لايه نازك از خمير سفت سيمان پرتلند مطابق با استاندارد بند ۲-۱۰ پوشش دهيد تا اين خمير با آزمونه سخت و عمل آورده شود.

۶-۴-۵-۲ آزمونه‌هاي استوانه‌اي خزش افقي جا داده شده

بعد از تراكم سطح آزمونه را با ماله يا ماله چوبي شمشه كشي كنيد و سپس براي شكل دادن دهانه آزمونه بطور متحد المركز با ديگر قسمت‌هاي آن از حداقل ماله كشي استفاده كنيد. در انتها براي رسيدن به حداكثر دقت درشكل شعاعي دهانه‌آزمونه، ازيك شمشه‌منحني شكل‌استفاده‌كنيد و دهانه را پرداخت كنيد.

۶-۶ عمل آوري

۶-۶-۱ پوشش دادن بعد از پرداخت

سطح آزمونه را بلافاصله بعد از پرداخت براي جلوگيري از خشك شدن ملات آزمونه با يك صفحه غيرجاذب و غير واكنش‌گر، يا يك ورق سفت پلاستيكي با دوام و نفوذ ناپذير بپوشانيد. از كرباس يا گوني كنفي خيس نيز مي‌توانيد براي پوشاندن آزمونه استفاده كنيد. در اين صورت بايد تا پايان زمان خارج كردن آزمونه از قالب، گوني خيس باقي بماند. قراردادن يك ورق پلاستيكي روي گوني نيز قابليت حفظ رطوبت را افزايش مي‌دهد. بايد از خيس شدن سطوح خارجي قالب‌هاي مقوايي در اثر تماس با گوني براي ۲۴ ساعت اول پس از قالب گيري استوانه‌ها جلوگيري كرد. آب ممكن است سبب انبساط اين قالبها و ايجاد خطر براي آزمونه در محدوده زماني اوليه شود.

۶-۶-۲ خارج كردن از قالب

آزمونه‌ها را پس از ۸±۲۴ ساعت از قالب خارج كنيد.

۶-۶-۳ محيط عمل آوري

در صورتي كه در استاندارد روش ديگري براي عمل آوري مطرح نشده باشد بايد آزمونه‌ها از زمان قالب‌ريزي تا لحظه آزمون در ۱/۷±۲۳ درجه سلسيوس به صورت مرطوب عمل آوري شوند.

يادآوري ـ دماي داخلي ماسه مرطوب ، كرباس خيس و يا مواد مشابه ديگر مادامي كه تبخير در حال وقوع است از دماي محيط اطراف كمتر است.

در ۴۸ ساعت اول ، آزمونه‌ها را بايد در محيط بدون لرزش نگاهداري كنيد. عمل آوري مرطوب را مي‌توان با غوطه‌وري آزمونه در آب اشباع از آهك و يا نگاهداري آزمونه در اتاق يا محفظه مرطوب مطابق با استاندارد بند ۲-۱۲ ايجاد كرد. كه در اين حالت بايد از تماس قطعه با آب و يا از چكيدن آب بر روي قطعه جلوگيري كنيد.

۶-۶-۴ آزمونه‌هاي مقاومت خمشي

آزمونه مقاومت خمشي را مطابق با بندهاي (۶-۶-۱) و (۶-۶-۲) عمل آوري كنيد. حداقل ۲۰ ساعت قبل از انجام آزمون بايد آزمونه در محلول اشباع آب آهك و در دماي ۲±۲۳ درجه سلسيوس قرار گيرد. بعد از پايان دوره عمل آوري و خروج آزمونه از آب آهك تا پايان انجام آزمون مقاومت خمشي، از خشك شدن سطح آزمونه بايد ممانعت كنيد.

يادآوري - مقدار نسبتاً كم خشك شدن سطح آزمونه‌هاي مقاومت خمشي باعث كاهش خيلي زياد مقاومت كششي و در نتيجه كاهش مقاومت خمشي بطور مشخص مي‌شود.

۷ دقت و انحراف

۷-۱ داده‌هاي لازم براي ايجاد دقت در آزمون‌هاي مختلف اين استاندارد

از «برنامه آزمونه مرجع بتن آزمايشگاه مرجع سيمان و بتن» بدست مي‌آيد. آناليز اين داده‌ها براي دقت اندازه‌گيري يك آزمايشگر و يا چند آزمايشگاه در جدول شماره ۳ آمده است.

جدول شماره ۳- مقادير دقت مربوط به ساخت پيمانه‌هاي آزمايشي بوسيله استاندارد بند ۲-۲۱ و روش آزمون با روش مناسب

ويژگي	روش آزمون	دقت داده‌هاي حاصل از چند آزمايشگاه		دقت داده‌هاي حاصل از يك آزمايشگاه	
		S ۱	*D2S*	S ۱	*D2S*
اسلامپ (ميلي متر)	استاندارد بند ۲-۲	۲۵/۴	۷۱/۱۲	۱۷/۷۸	۵۰/۸
وزن مخصوص (كيلوگرم برمترمكعب)	استاندارد بند ۲-۹	۲۲/۴۲۶	۶۴/۰۷۴	۱۴/۴۱۶	۴۰/۰۴۶
ميزان هوا (به درصد حجمي) (بتن بدون هوا)	استاندارد بند ۲-۴	۰/۴	۱/۱	۰/۳	۰/۸
مقاومت فشاري هفت روزه (مگاپاسكال)	استاندارد بند ۲-۲۲	۲/۳۹۲	۶/۷۶۳	۱/۳۹۹	۱/۹۵۷

۷-۲ انحراف معيار داده‌هاي حاصل از يك آزمايشگاه

اسلامپ، وزن مخصوص، ميزان هوا و مقاومت فشاري هفت روزه پيمانه‌هاي آزمايشي مطابق با جدول ۳ به ترتيب برابر ۱۷/۷۸ ميلي متر، ۱۴/۴۱۶ كيلوگرم بر مترمكعب، ۰/۳ درصد حجمي و ۱/۳۹۹ مگاپاسكال مي‌باشد. بنابراين نتايج آزمون روي دو پيمانه آزمايشي كه در همان آزمايشگاه بطور مناسب انجام شده‌اند نبايد اختلافشان به ترتيب بيش از ۵۰/۸ ميلي متر ، ۴۰/۰۴۶ كيلوگرم بر مترمكعب، ۰/۸ درصد حجمي و ۳/۹۵۷ مگاپاسكال باشد. اين دقت‌ها براي پيمانه‌هاي آزمايشي با نسبت‌هاي مواد و آب به سيمان ثابت قابل كاربرد هستند. در استفاده از اين مقادير براي بتن‌هاي هوادار، بتن با اسلامپ كمتر از ۵۰ ميلي متر يا بيشتر از ۱۵۰ ميلي متر و يا بتن ساخته شده با سنگدان‌هايي با وزن غير معمول يا سنگدانه‌هايي با اندازه بيشينه اسمي بزرگتر از ۲۵ ميلي متر بايد احتياط كرد.

۷-۳ انحراف معيار داده‌هاي حاصل از چند آزمايشگاه

اسلامپ، وزن مخصوص، ميزان هوا و مقاومت فشاري هفت روزه پيمانه‌هاي آزمايشي به ترتيب برابر

۲۵/۴ ميلي متر، ۲۲/۴۲۶ كيلوگرم بر مترمكعب، ۰/۴ درصد حجمي و ۲/۳۹۲ مگاپاسكال است. بنابراين نتايج آزمون روي يك پيمانه آزمايشي كه در آزمايشگاه مختلف بطور مناسب انجام شده است نبايد اختلافشان به ترتيب بيش از ۷۱/۱۲ ميلي متر، ۶۴/۰۷۴ كيلوگرم بر مترمكعب، ۱/۱ درصد حجمي و

۶/۷۶۳ مگاپاسكال باشد. اين دقت‌ها براي پيمانه‌هاي آزمايشي با نسبت‌هاي مواد و آب به سيمان ثابت قابل كاربرد هستند. در استفاده از اين مقادير براي بتن‌هاي هوادار، بتن با اسلامپ كمتر از ۵۰ ميلي متر يا بيشتر از ۱۵۰ ميلي متر و يا بتن ساخته شده با سنگدانه‌هايي با وزن غير معمول يا سنگدانه‌هايي با اندازه بيشينه اسمي بزرگتر از ۲۵ ميلي متر بايد احتياط كرد.

ISLAMIC REPUBLIC OF IRAN

Institute of Standards and Industrial Research of Iran

ISIRI NUMBER

۵۸۱

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

۱st. Revision