پودمان ۵

آزمایشگاه خاک و بتن

استاندارد عملکرد

انجام عملیات آزمایش‌های مصالح ساختمانی مطابق دستورالعمل‌های استاندارد ملی ایران

مقدمه

مصالح مورد استفاده در ساختمان به‌صورت طبیعی یا مصنوعی بوده که از یک یا چند نوع ماده و به‌صورت درجا یا پیش‌ساخته تشکیل شده است. رعایت استانداردهای فنی و زیست محیطی دو اصل تفکیک‌ناپذیر در تولید و مصرف مصالح ساختمان است. در این راستا استانداردها و ضوابطی تعیین و تبیین شده و در جهت کنترل و تأیید مصالح و انطباق آنها با این استانداردها آزمایش‌هایی در نظر گرفته شده و شرایط و نحوه انجام آنها نیز توسط مراجع ذی‌صلاح تدوین گردیده است.

برای به‌دست آوردن اطلاعات کاملی از مصالح مورد استفاده در پروژه‌های ساختمانی و عمرانی، باید آزمایشات مختلفی بر روی آنها انجام داد. در این پودمان به برخی از آزمایشات رایج در خصوص مصالح ساختمانی، مصالح تشکیل دهنده بتن، بتن تازه و بتن سخت شده می‌پردازیم.

مطابق مفاد نشریهٔ ۵۵ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، مشخصات فیزیکی و مکانیکی مصالح باید منطبق با استانداردهای ایرانی مورد تدوین یا تجدید نظر شده باشد و تا زمانی که استاندارد ایرانی در برخی از موارد تعیین نشده باشد، در درجه اول استانداردهای سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO) و در صورت نبودن استاندارد بین‌المللی، به ترتیب استانداردهای آمریکا (ASTM)، بریتانیا (BS)، آلمان (DIN)، ملاک عمل قرار خواهد گرفت.

نمونه‌برداری از مصالح

منظور از نمونه‌برداری از مصالح، برداشت بخشی از کل مصالح، می‌باشد به‌طوری که نسبت و توزیع ذرات مورد آزمون در کل و بخش برداشته شده یکسان باشد و بتوان گفت که مشت نمونه خروار است.

در کارهای ساختمانی برای اطمینان از استفاده از مصالح استاندارد و تأمین مشخصات فنی قابل‌قبول، آزمون‌هایی بر روی آنها صورت می‌گیرد، که برای این کار نیاز به نمونه‌گیری از آنها وجود دارد.

معمولاً نمونه‌هایی از شن، ماسه، آجر، بلوک سیمانی یا سفالی، گچ، سیمان، آهک،مصالح چوبی، شیشه، پلاستیک‌های ساختمانی، میلگرد، سنگ، خاک، قیر، آسفالت، بتن و سایر مصالح طبیعی و مصنوعی برداشت می‌شود. در استانداردهای مختلف، برای هرکدام از مصالح، ترتیب و توالی نمونه‌برداری تعیین و ابلاغ شده است که کلیه عوامل شاغل در پروژه‌های ساختمانی و عمرانی ملزم به رعایت آن می‌باشند.

روش نمونه‌برداری

انتخاب روش نمونه‌برداری به طور معمول بر حسب شکل و حالت فیزیکی مصالح تعیین می‌شود که بر اساس یکی از روش‌های زیر صورت می‌پذیرد.

نمونه‌برداری تصادفی: در این روش کلیه مصالح برای ظاهر شدن در نمونه، شانس مساوی خواهند داشت. مقدار مناسب مصالح به طور تصادفی از محل‌های مختلف در سرتاسر محموله انتخاب می‌شود بدون آنکه هیچ‌گونه ملاحظه‌ای در مورد شرایط یا کیفیت مصالح انتخابی، صورت پذیرد.

نمونه‌بـرداری نماینـده: هنگامـی کـه نمونه‌بـرداری تصادفـی غیر عملـی و نامناسـب باشـد، روش نمونه‌برداری نماینـده بایـد مـورد اسـتفاده قـرار گیـرد. بـرای مثـال وقتی کـه مصالـح محمولـه بزرگی تشـکیل می‌دهنـد و یا دسترسـی بـه مقـدار محـدودی از محموله میسـر اسـت، از این روش اسـتفاده می‌شـود.

تقسـیم نمونـه: وقتـی نمونه‌هـا بیـش از مقدار مـورد نیاز بـرای آزمون باشـد کل نمونه‌هـا در کنـار یکدیگر قرار داده شـده و مقـدار نمونـه لازم به صورت تصادفی برداشـته شـود.

در این قسمت نحوه نمونه‌برداری از برخی از مصالح مطابق استاندارد ملی ایران ارائه می‌گردد.

آجر:

حداقـل تعـداد نمونـه لازم از هـر محمولـه ۱۵۰۰۰ عـددی یـا کمتـر از آن بـرای آزمون‌هـای مختلـف بـه تعـداد تعییـن شـده در جـدول روبـه‌رو خواهـد بـود.

حداقل نمونه‌های مورد نیاز	
نوع آزمون	تعداد نمونه
ویژگی‌های هندسی	۱۰
مقاومت فشاری	۱۰
جذب آب	۱۰
یخ زدگی	۵
نمک‌های محلول در آب	۵

نمونه‌برداری از میلگردهای ساختمانی:

تعـداد و تواتـر نمونه‌هـا باید بـه گونه‌ای باشـد که نتایج آزمایش‌هـای انجـام شـده بـرروی آنهـا معـرف کیفیت کل آرماتـور مصرفـی و حداقـل بـه میزان ذکر شـده در (الـف) تا (پ) زیر باشـند:

الف) به ازای هر ۵۰۰۰۰ کیلوگرم وزن میلگرد و کسر آن یک سری نمونه

ب) از هر قطر یک سری نمونه

پ) از هر نوع فولاد یک سری نمونه

هر نمونه شامل حداقل ۵ آزمونه (به طول ۱ متر) می‌باشد.

نمونه‌برداری از بتن:

مقصـود از هـر نمونه‌بـرداری از بتـن، تهیـه حداقـل دو آزمونـه یکسـان، کـه در زمـان و شـرایط یکسـانی تولیـد و نگهـداری شـده انـد، می‌باشـد. بـه عبـارت دیگـر، نمونه‌برداری عبـارت اسـت از میانگین نتایـج دو یا چنـد آزمونه مشـروط بـر آنکـه ایـن آزمونه‌هـا همزمان تهیه و در شـرایط یکسـان نمونـه گیـری و متراکم و عمل‌آوری شـده و تحـت آزمایـش قـرار گرفته باشـند. همچنین نتایـج آزمونه‌ها باید بـه اندازه کافی بـه یکدیگر نزدیک بـوده و بیش از حـد مشـخصی (۵ درصـد میانگیـن دو آزمونه) از یکدیگر دور نباشـد.

اگـر در مراحـل بیـن نمونـه گیـری تـا انجـام آزمایـش یک آزمونـه، وضعیتـی مغایر بـا شـرایط لازم به‌وجـود آید، نتیجـه آن آزمونـه قابـل اسـتناد نبوده و نبایـد در میانگین‌گیری وارد شـود. بنابرایـن اکیداً توصیه می‌شـود که در هـر بـار نمونه‌بـرداری، حداقـل ۳ آزمونـه به جـای ۲ آزمونه تهیه شـود.

برای دال‌ها و دیوارها، یک نمونه‌برداری از هر ۳۰ مترمکعب بتن یا ۱۵۰ متر مربع سطح

برای تیرها و کلاف‌ها، یک نمونه‌برداری از هر ۱۰۰ متر طول

برای ستون‌ها، یک نمونه‌برداری از هر ۵۰ متر طول

حداقل یک نمونه‌برداری از هر رده بتن در هر روز

حداقل ۶ نمونه‌برداری از کل هر سازه

نمونه آگاهی

در صورتی که آگاهی از کیفیت بتن در موعدهای خاصی مانند زمان بازکردن قالب‌ها وغیره ضرورت داشته باشد، علاوه بر آزمونه‌های متعارف ارزیابی مقاومت، آزمونه‌هایی از بتن گرفته می‌شوند و در موعدهای مورد نظر تحت آزمایش قرار می‌گیرند. این آزمونه‌ها به آزمونه‌های آگاهی موسوم‌اند. از جمله نمونه‌های آگاهی عبارت‌اند از ۳، ۴ و ۷ روزه.

نمونه شاهد

آزمونه شاهد به آزمونه‌ای گفته می‌شود که در کارگاه باقی می ماند تا در صورتی‌که نمونه ۲۸ روزه جواب نداد، مقاومت آنرا ۹۰ روزه بسنجند.

مصالح سنگی بتن

مصالح سنگی از درشت دانه تا ریزترین دانه‌ها به ترتیب با شن، ماسه، لای و رس نام‌گذاری می‌شوند.
حدود ۶۵ الی ۷۵ درصد حجم بتن را مصالح سنگی تشکیل می‌دهند. عمده مصالح سنگی مورد استفاده در بتن به دو دسته درشت دانه (شن) و ریز دانه (ماسه) تقسیم‌بندی می‌شوند چرا که مقادیر لای و رس در بتن با توجه به خصوصیات پروژه محدود می‌باشد.
دانه‌های کوچک‌تر از ۴/۷۶ میلی‌متر را ماسه و بزرگ‌تر از ۴/۷۶ تا ۶۳ میلی‌متر را شن می‌نامند. به‌صورت تقریبی مرز بین شن و ماسه ۵ میلی‌متر (الک نمره ۴) در نظر گرفته می‌شود.

اندازه الک‌های استاندارد:

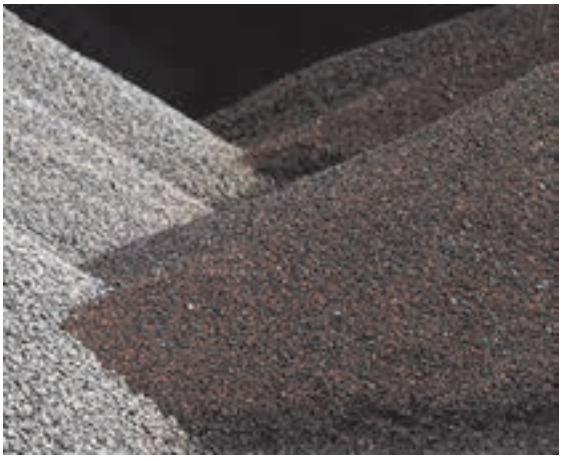
استاندارد ASTM، الک‌های درشت‌دانه را با اندازه داخلی چشمه‌های الک بر حسب اینچ و الک‌های ریزدانه که امکان اندازه‌گیری چشمه‌های آن وجود ندارد را با نمره الک معرفی می‌نماید. منظور از نمره الک، تعداد چشمه‌های الک در یک اینچ طولی آن می‌باشد. به‌طور مثال الک ۳ اینچ دارای چشمه‌هایی به ابعاد ۳ اینچ در ۳ اینچ معادل ۷۵ میلی‌متر در ۷۵ میلی‌متر می‌باشد و الک نمره ۱۰۰ دارای ۱۰۰ چشمه در هر اینچ طولی آن می‌باشد و در هر اینچ مربع آن دارای تعداد ۱۰۰×۱۰۰=۱۰۰۰۰ چشمه می‌باشد.
اندازه الک با اندازه چشمه‌های آن رابطهٔ مستقیم و با تعداد چشمه‌ها رابطه معکوس دارد و نمره الک با تعداد چشمه‌های آن رابطهٔ مستقیم و با اندازه چشمه‌ها رابطه معکوس دارد.

درشت‌دانه		ریزدانه	
نام الک	اندازهٔ سوراخ	نام الک	اندازهٔ سوراخ
۳ اینچ	۷۵ میلی‌متر	نمرهٔ ۴	۴/۷۵ میلی‌متر
$2\frac{1}{2}$ اینچ	۶۳ میلی‌متر	نمرهٔ ۸	۲/۳۶ میلی‌متر
۲ اینچ	۵۰ میلی‌متر	نمرهٔ ۱۶	۱/۱۸ میلی‌متر
$1\frac{1}{2}$ اینچ	۳۷/۵ میلی‌متر	نمرهٔ ۳۰	۶۰۰ میکرون
۱ اینچ	۲۵ میلی‌متر	نمرهٔ ۵۰	۳۰۰ میکرون
$\frac{3}{4}$ اینچ	۱۹ میلی‌متر	نمرهٔ ۱۰۰	۱۵۰ میکرون
$\frac{1}{2}$ اینچ	۱۲/۵ میلی‌متر	نمرهٔ ۲۰۰	۷۵ میکرون
$\frac{3}{8}$ اینچ	۹/۵ میلی‌متر		

نمونه‌برداری از مصالح سنگی

ترتیب و توالی نمونه‌برداری از مصالح سنگی بسته به نوع آزمایش مورد نظر متفاوت است. جهت برخی از آزمایش‌ها به ازای هر محموله وارده به کارگاه، هفته‌ای یک‌بار، روزانه یک‌بار و در صورت مشاهده موارد مشکوک و ... نیاز به تهیه نمونه‌های آزمایشگاهی خواهد بود.

مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۷۱۴۶ برای نمونه‌برداری از سنگ‌دانه‌ها از روش‌های استفاده از دستگاه مقسم و روش تربیع (چهار قسمتی) استفاده می‌شود.



شکل ۱ ▲

۱- دستگاه مقسّم مکانیکی

دستگاه مقسم باید دارای دهانه‌هایی به تعداد زوج باشد و حداقل تعداد دهانه‌ها ۸ عدد است. عرض دهانه‌ها به اندازه سنگ‌دانه‌ها بستگی دارد. مقسم باید مجهز به دو ظرف باشد که دو نیمه نمونه‌ها را پس از تقسیم در خود جای دهد. همچنین باید به یک قیف و یک تشت لبه صاف جهت ریختن مصالح در مقسم مجهز باشد.

وسایل مورد نیاز

وسیله توزین نظیر ترازو یا باسکول، دستگاه مقسم مکانیکی با ملحقات به‌طور کامل

شکل ۲ ▲ دستگاه مقسّم

روش انجام آزمایش

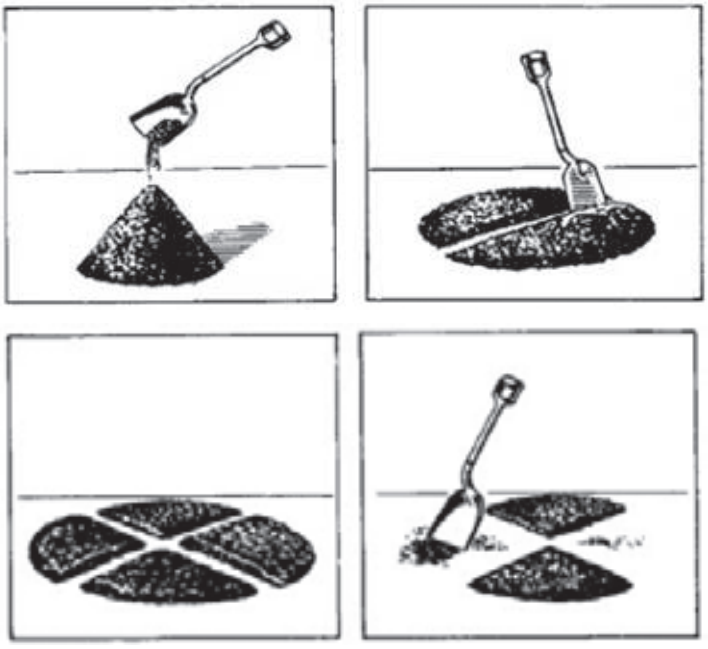
نمونه اولیه کاملاً خشک را توسط تشت به‌صورت یکنواخت درون قیف مقسم بریزید به طوری که تقریباً مقادیر مساوی از میان هر دهانه عبور کند و میزان ورود مصالح به‌دستگاه طوری باشد که عبور آزاد از میان دهانه‌ها به درون دستگاه امکان‌پذیر باشد.

نمونـه موجـود در یکـی از ظرف‌های دسـتگاه را دوباره به مقسـم وارد کنیـد و این کار را به تعـداد لازم تکرار کنید تـا نمونه به اندازه مشـخص شـده جهت آزمـون کاهش یابد.
برای انجام آزمایش از ۸۰ کیلوگرم مصالح نمونه ۵ کیلوگرمی تهیه کنید.

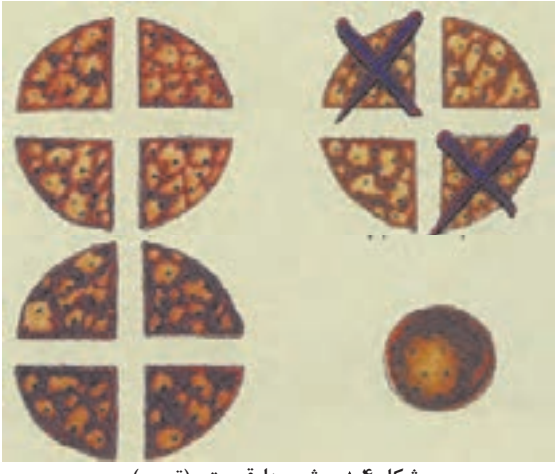
فعالیت عملی ۱

آزمایـش نمونه‌بـرداری از مصالـح سـنگی بـا دسـتگاه مقسّـم را بـا توجـه بـه دسـتورالعمل مربوطـه بـه کمک هنرآمـوز خـود انجـام دهید

۲- روش چهارقسمتی (تربیع)



شکل ۳ ▲ روش چهارقسمتی (تربیع)



شکل ۴ ▲ روش چهارقسمتی (تربیع)

وسایل مورد نیاز:
وسـیله توزیـن نظیـر تـرازو یا باسـکول، خاک‌انـداز لبه صـاف، بیلچـه یا مالـه، بـرس یا جـاروی کوچک

نحوه انجام آزمایش:
نمونـه اولیـه را روی یـک سـطح تخـت، تـراز، تمیـز و سـخت قـرار دهیـد کـه در آنجا مـواد هدر نـرود و مواد خارجـی بـه طور اتفاقـی به آن اضافه نشـود. مـواد را با سـه بار زیـرورو کـردن کل نمونه کاملاً مخلـوط کنید.

پس از زیرورو کردن، کل نمونه را با بیلچه به شکل یک توده مخروطی در آورید. به این ترتیب که هر بیلچه پر را روی مواد قبلی بریزید. توده مخروطی را به دقت به ضخامت و قطر یکنواخت تخت کنید. این کار را با یک بیلچه و با وارد آوردن فشار به قله مخروط انجام دهید به‌طوریکه نمونه اصلی حفظ گردد. قطر نمونه باید حدود ۴ یا ۸ برابر ضخامت آن باشد. توده تخت شده را با یک بیلچه یا ماله به چهار قسمت به ترتیبی تقسیم کنید که هر بخش یک چهارمی توده حاصل، حاوی موادی باشد که در ابتدا در آن بوده است. دو ربع زوج یا فرد را کنار بگذارید و محل‌های خالی شده را با برس تمیز کنید. به‌طور پیوسته مواد باقی مانده را مخلوط و چهار قسمتی کنید تا نمونه به اندازه مورد نظر کاهش یابد.

نکته

در صورتی که سطح ناهموار باشد نمونه آزمایشی را روی یک پارچه کتانی قرار دهید و با استفاده از بیلچه و یا با بالا آوردن گوشه‌های پارچه و ریختن نمونه به گوشه مقابل پارچه و غلطاندن، مواد را مخلوط کنید. برای انجام آزمایش از ۴۰ کیلوگرم مصالح، نمونه ۵ کیلوگرمی تهیه کنید.

فعالیت عملی ۲

آزمایش نمونه‌برداری از مصالح سنگی به روش چهارقسمتی (تربیع) را با توجه به دستورالعمل مربوطه به کمک هنرآموز خود انجام دهید.

تعیین درصد رطوبت سنگ‌دانه‌ها

این آزمایش برای تعیین درصد رطوبت قابل تبخیر در سنگ‌دانه به‌کار می‌رود. تعیین رطوبت سطحی و مقدار جذب آب دانه‌ها در بتن از این نظر لازم است که مقدار آب مصرفی در بتن کنترل شده و وزن صحیح مصالح و نسبت آب به سیمان در هنگام اختلاط بتن مشخص باشد.

چهار حالت مختلف رطوبت مصالح سنگی به شرح زیر می‌باشد:

خشک شده در کوره (Oven – dride): تمام منافذ درونی و بیرونی کاملاً خشک است.

خشک شده در هوا (Air – dride): در این حالت سطح سنگ‌دانه معمولاً خشک است و مقداری آب در منافذ آن وجود دارد.

اشباع با سطح خشک (Saturated – surface dry): در این حالت تمام منافذ پر از آب است، سطح سنگ‌دانه‌ها خشک است. این حالت از سنگ‌دانه‌ها به SSD معروف است.

اشباع یا مرطوب (Saturated): در این حالت علاوه بر اینکه تمام منافذ پر از آب است سطح دانه‌ها هم مرطوب است.

وسایل مورد نیاز:

ترازو با دقت ۰/۱ گرم، منبع گرما (Oven یا گرم‌چال)، ظرف نمونه، همزن

منبع گرما کوره الکتریکی (Oven) است مجهز به تهویه که بتواند دمای اطراف نمونه را در حدود ۱۱۰±۵درجهٔ سانتی‌گراد به‌طور ثابت نگه دارد.

شکل ۵ ▲ دستگاه گرم‌چال (Oven)

ظرف نمونه: ظرفی که نمونه در آن ریخته می‌شود باید از جنسی باشد که تحت تأثیر دما قرار نگیرد و گنجایش آن برای نمونه کافی بوده و خطر ریختن نداشته باشد. عمق ظرف از ۱/۵ برابر بعد جانبی ظرف، تجاوز نکند. در صورت استفاده از یک کورهٔ الکتریکی، ظرف باید غیرفلزی باشد.

نحوه انجام آزمایش مصالح سنگی درشت‌دانه:

نمونه‌برداری باید به‌نحوی انجام شود که نمایشگر مقدار رطوبت در دپوی مورد نظر باشد و قبل از وزن کردن نمونه باید از کاهش رطوبت آن جلوگیری شود.

ظرف مناسبی انتخاب نموده و آنرا با دقت وزن کرده و یادداشت نمایید. (A)

نمونه را در حالت طبیعی در ظرف ریخته با دقت وزن کنید. (B)

نمونه را با استفاده از کوره الکتریکی کاملاً خشک کنید و سپس وزن کنید. (C)

نمونه را بعد از خشک‌کردن و وزن‌کردن در محیط آزمایشگاه قرار داده تا دمای محیط را به خود بگیرد. سپس به مدت ۲۴ ساعت در حوضچه آب قرار داده و بعد از گذشت ۲۴ ساعت نمونه را خارج کرده و با حوله یا پارچه جاذب آب آنقدر خشک کنید تا سطح آن درخشان شود و به حالت اشباع با سطح خشک (SSD) برسد و سپس نمونه را وزن کنید. (D) درصد رطوبت طبیعی و جذب آب سنگ‌دانه‌ها از روابط زیر به‌دست می‌آید.

$$P = \frac{(B-C)}{(C-A)} \times ۱۰۰ \qquad E = \frac{(D-C)}{(C-A)} \times ۱۰۰$$

B : وزن ظرف و نمونه در حالت مرطوب (طبیعی)

C : وزن ظرف و نمونه خشک‌شده در کوره

A : وزن ظرف

D : وزن ظرف و نمونه در حالت SSD (اشباع با سطح خشک)

P : مقدار رطوبت طبیعی نمونه بر حسب درصد

E : مقدار جذب آب نمونه بر حسب درصد

اگر سنگ‌دانه‌ها دارای خلل و فرج باشند باعث می‌شود آب به روزنه‌های آن نفوذ کرده و کارائی بتن کاهش پیدا کند و همچنین مشکل یخ‌زدگی آب داخل خلل و فرج نیز به‌وجود می‌آید و در حالت کلی اگر جذب آب زیاد شود، عوارض و اشکالات زیر پدید می‌آید:

- چسبندگی مواد تشکیل‌دهندهٔ بتن کاهش پیدا می‌کند.
- مقاومت بتن در برابر یخ‌زدگی کاهش پیدا می‌کند.
- پایداری شیمیایی بتن کم می‌شود.
- مقاومت در برابر سایش کم می‌شود.

فعالیت عملی ۳

آزمایش تعیین درصد رطوبت مصالح درشت‌دانه را با توجه به دستورالعمل مربوطه به کمک هنرآموز خود انجام دهید.

وزن مخصوص سنگ‌دانه‌ها

نسبت وزن به حجم مصالح را وزن مخصوص مصالح می‌نامیم در مصالح ساختمانی وزن مخصوص به سه صورت بیان می‌شود.

وزن مخصوص مطلق، وزن مخصوص ظاهری و وزن مخصوص انبوهی

در طرح اختلاط بتن به روش وزنی از وزن مخصوص ظاهری استفاده می‌شود و در طرح اختلاط به روش حجمی، وزن مخصوص انبوهی کاربرد دارد.

وزن مخصوص مطلق: نسبت وزن مواد جامد نمونه به حجم بدون منفذ (حجم خالص مواد جامد) را وزن مخصوص مطلق می‌نامند.

وزن مخصوص ظاهری: اگر حجم مواد جامد به گونه‌ای در نظر گرفته شود که فقط منافذ غیر قابل نفوذ را در برگیرد، وزن مخصوص حاصل را وزن مخصوص ظاهری می‌نامند.

وزن مخصوص انبوهی: اگر حجم مواد جامد به نحوی در نظر گرفته شود که علاوه بر منافذ غیر قابل نفوذ، لوله‌های مویینه را هم در برگیرد وزن مخصوص حاصل را وزن مخصوص انبوهی می‌نامند.

این کمیت به‌صورت جرم بر واحد حجم، یعنی کیلوگرم بر مترمکعب (kg/m^3) یا گرم بر سانتیمتر مکعب (gr/cm^3) بیان می‌شود.

مصالح سنگی در محل نگهداری یا دپو معمولاً دارای رطوبت سطحی یا جذب شده می‌باشند. در حالی که در این آزمایش وزن مخصوص مصالح در حالت خشک تعیین می‌گردد. مقداری مصالح خشک شده در هوا را انتخاب کرده از الک شماره ۴ رد می‌کنیم. مصالح باقیمانده روی الک را به عنوان مصالح درشت‌دانه (شن) مورد استفاده قرار می‌دهیم. در این آزمایش چگالی به دو صورت متراکم و غیر متراکم محاسبه می‌شود.

آزمایش تعیین وزن مخصوص مصالح سنگی متراکم

وسایل مورد نیاز

مخزن استوانه‌ای، ترازو، بیل یا بیلچه مناسب، میله تراکم استاندارد

شکل ۶ ▲ آزمایش چگالی سنگ‌دانه‌ها

روش انجام آزمایش

ابتدا مخزن استوانه‌ای خالی را وزن کرده و مقدار به‌دست آمده به‌عنوان جرم ظرف خالی m۱ تعیین می‌شود. سپس مخزن را به‌طور کامل با آب پر کنید و آنرا وزن کنید تا جرم ظرف و آب m۲ تعیین شود.

از اختلاف دو مقدار m۲ و m۱، حجم استوانه به‌دست می‌آید.

در مرحله بعد، $\frac{۱}{۳}$ ارتفاع ظرف را با مصالح سنگی پر کرده، سطح مصالح را با انگشت یا میله صاف کنید. با ۲۵ ضربه توسط میله استاندارد با قطر ۱۶ میلی‌مترتمام سطح آنرا بکوبید تا دانه‌ها متراکم شوند. کوبیدن اولین لایه نباید به‌نحوی انجام شود که میله به شدت با کف ظرف برخورد کند. در مرحله بعد $\frac{۲}{۳}$ ارتفاع ظرف را پر کرده و صاف کردن سطح و تراکم را تکرار کنید، ظرف را پر کرده و مانند لایه اول و دوم دانه‌ها را بکوبید. ظرف پر شده را وزن کنید، تا جرم ظرف با دانه‌ها m۳ تعیین گردد.

از اختلاف دو مقدار m۳ و m۱، جرم دانه‌ها به‌دست می‌آید.

فعالیت عملی ۴

آزمایش چگالی سنگ‌دانه‌ها را با توجه به دستورالعمل مربوطه به کمک هنرآموز خود انجام دهید

آزمایش تعیین وزن مخصوص مصالح سنگی غیرمتراکم

وسایل مورد نیاز

مخزن استوانه ای، ترازو، بیل یا بیلچه مناسب

روش انجام آزمایش

مصالح خشک رد شده از الک نمره ۴ را به‌وسیله بیلچه از ارتفاع ۵ سانتی‌متر درون ظرف می‌ریزیم و بدون ضربه و ویبره‌کردن تمام ظرف را پر می‌کنیم. سطح مصالح را با دست صاف می‌کنیم. ظرف پر شده را وزن نموده، تا مقدار m_3 حاصل شود. از اختلاف دو مقدار m_3 و m_1، جرم دانه‌ها به‌دست می‌آید.

شکل ۷ ▲

محاسبات:

با داشتن جرم و حجم دانه‌ها مقدار چگالی (ρ) آن بر حسب kg/cm^3 به‌دست می آید.

$$M = m_3 - m_1$$

$$V = m_2 - m_1$$

$$\rho = \frac{M}{V}$$

فعالیت عملی ۵

آزمایش تعیین وزن مخصوص مصالح سنگی غیرمتراکم را با توجه به دستورالعمل مربوطه به کمک هنرآموز خود انجام دهید.

آزمایش دانه‌بندی

بـر حسـب تعریـف، آزمایـش دانه‌بنـدی عبارت‌اسـت از تعییـن درصـد وزنـی و توزیـع انـدازه دانه‌هـای سـنگی و ترسـیم منحنی آن.

اهمیـت پی‌بـردن بـه توزیـع انـدازه دانه‌هـا به‌قـدری اسـت کـه ایـن آزمایـش (دانه‌بنـدی) در اکثـر پروژه‌هـای عمرانـی و تحقیقاتـی بـه عنـوان یـک آزمایـش ضـروری انجام می‌شـود. دانه‌بندی مناسـب سـبب کاهـش فضای خالـی بیـن ذرات بتـن و در نتیجـه کاهـش مصرف سـیمان و آب و همچنیـن افزایش مقاومـت آن می‌گردد. روش انجـام آزمایـش دانه‌بنـدی، بـه انـدازهٔ دانه‌ها بسـتگی دارد.

آزمایش دانه‌بندی به سه روش عمده انجام می‌شود:

الف- الک ب- هیدرومتری پ- ترکیبی از هر دو

بـرای دانه‌بنـدی مصالـح سـنگی درشـت‌تر از الـک نمـره ۲۰۰ و بـرای مصالـح ریزتر از الـک نمره کمتـر از ۲۰۰، از روش هیدرومتـری اسـتفاده می‌شـود. در صورتـی کـه نمونه مـورد آزمایش شـامل ذرات ریز و درشـت‌تر از الک نمـرهٔ ۲۰۰ باشـد روش ترکیبـی اسـتفاده می‌شـود. با اسـتفاده از الـک نمره ۲۰۰ سـنگ‌دانه‌ها و فیلرهـا را از هم جـدا کـرده و بـرای هـر کـدام آزمایـش دانه‌بنـدی متناسـب انجـام می‌شـود. و در انتهـا نتایـج حاصل بـا یکدیگر تلفیق می‌شـوند.

بـا توجـه بـه اینکه در دانه‌های مورد اسـتفاده در بتن (شـن و ماسـه)، ذرات کمتـر از نمـرهٔ ۲۰۰ حداکثر ۵ درصد وزن کل دانه‌هـا را تشـکیل می‌دهنـد بنابرایـن در مـورد مصالح سـنگی از آزمایـش الک جهت دانه‌بندی اسـتفاده می‌شـود. نتایـج حاصـل از منحنـی دانه‌بنـدی و دانسـتن بزرگ‌تریـن انـدازه دانه‌های مـورد مصرف در بتـن، روی مقادیـر مـورد نیـاز سـیمان، آب، مقـدار آب انداختن بتـن، نحوه درجا ریختن و پرداخت سـطح بتـن، دوام و پوکی بتـن وهمچنین خواص بتن تازه و سـخت شـده اثـر دارد.

ابتدا آزمایش دانه‌بندی مصالح انجام می‌شود و بر اساس نتایج آن، منحنی دانه‌بندی، رسم می‌گردد.

وسایل مورد نیاز

گرم‌خانـه (Oven)، تـرازو، دسـتگاه لرزانـنده مکانیکـی الک‌هـا یـا (Shaker)، سـینی زیـر الک، فرچه یا مسـواک

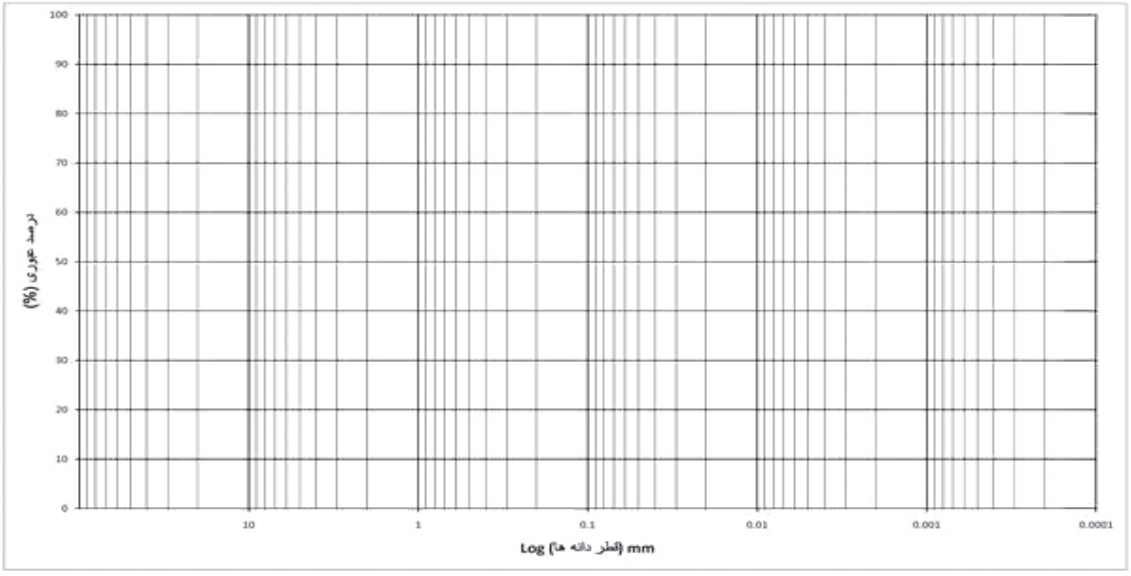
بـرای تمیـز کردن الـک و انـواع الک‌هـای اسـتاندارد ۱۰۰#، ۵۰#، ۳۰#، ۱۶#، ۸#، ۴#، $\frac{3}{8}''$، $\frac{1}{2}''$، $\frac{3}{4}''$، ۱″، $1\frac{1}{4}''$.

توضیح اینکه برای نشان‌دادن نمره الک از نماد (#) استفاده می‌شود.

روش انجام آزمایش

در ایـن آزمایـش، الک‌هـا بـه ترتیـب از بـالا بـه پاییـن و بـا توجـه بـه اندازه چشـمه الـک، از درشـت به ریـز و در پایین‌تریـن قسـمت، سـینی (زیـر الـک) قـرار دهیـد. دانه‌بنـدی درشـت دانـه (شـن) با سـری الک‌هـای ۸#، ۴#، $\frac{3}{8}''$، $\frac{1}{2}''$، $\frac{3}{4}''$، ۱″، $1\frac{1}{4}''$ و ریزدانـه (ماسـه) بـا سـری الک‌هـای ۱۰۰#، ۵۰#، ۳۰#، ۱۶#، ۸#، ۴# انجـام می‌شـود.

از حدود ۲۰ کیلوگرم شن، و با استفاده از یکی از روش‌های تهیه نمونه (دستگاه مقسم یا روش چهار قسمتی)، حدود ۵ کیلوگرم از آنرا انتخاب کنید و تا رسیدن به وزن ثابت (حالت خشک) در کورهٔ الکتریکی و در دمای ۵±۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار دهید و وزن آنرا به‌دست آورید و به‌عنوان وزن کل مصالح سنگی یادداشت کنید. برای آزمایش روی ماسه، از حدود ۴ کیلوگرم ماسه نمونه‌ای با وزن حدود ۱ کیلوگرم تهیه کنید.



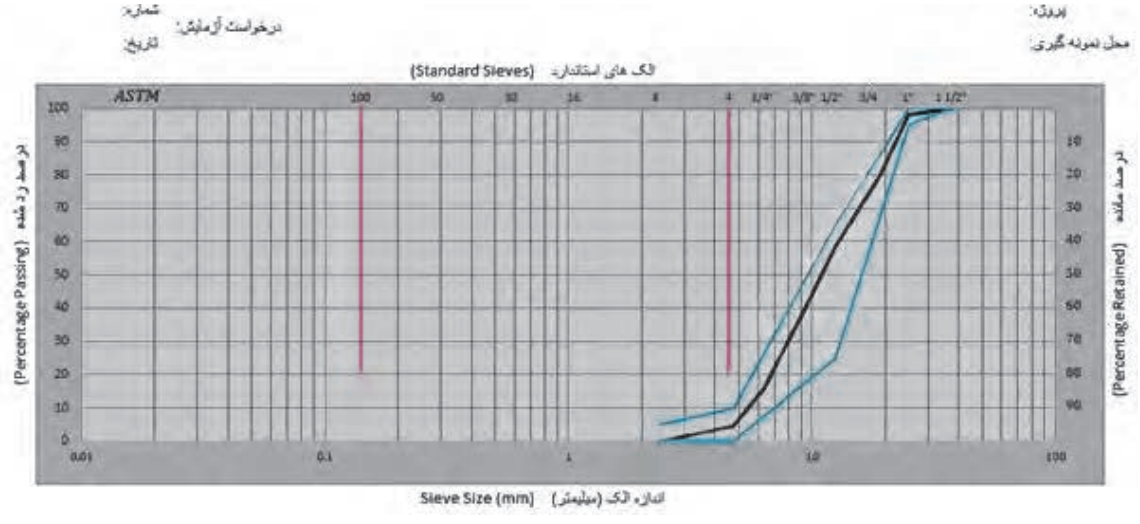
شکل ۸ ▲ منحنی دانه‌بندی (فرم خام)

سنگ‌دانه‌ها را از بالا و به آرامی روی مجموعه الک‌ها بریزید. با لرزاندن الک‌ها، مقداری از سنگ‌دانه‌ها از هر الک عبور کرده و مقداری روی آن باقی می‌مانند. لرزاندن الک‌ها را به مدت کافی و با استفاده از لرزاننده مکانیکی الک یا به‌صورت دستی، اجرا نمایید.

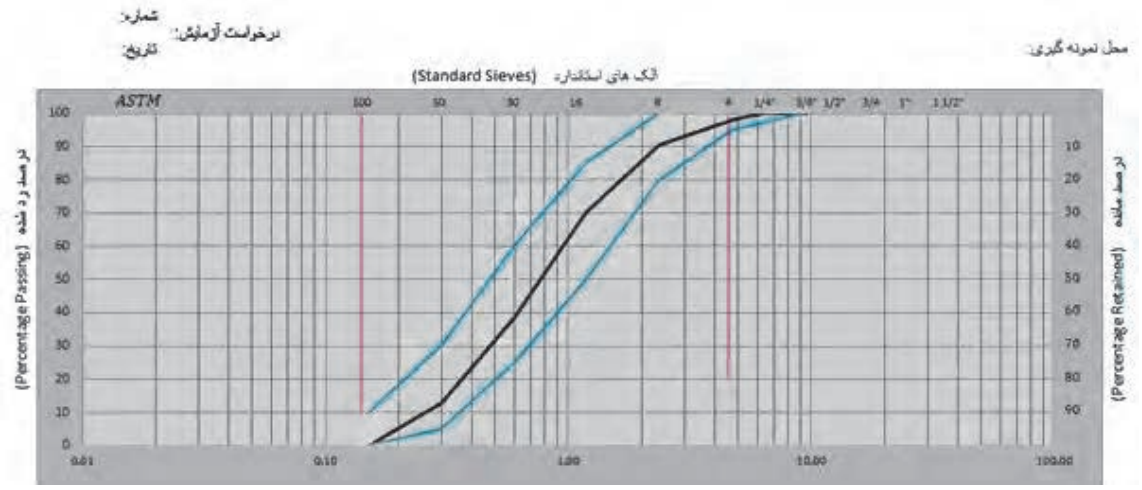
در صورت لرزاندن دستی الک‌ها، هم‌زدن و دست‌زدن مستقیم به سنگ‌دانه‌ها مجاز نمی‌باشد.

سنگ‌دانه‌ها با توجه به اندازه و قطر، روی الک‌های مختلف باقی می‌ماند و درصد وزنی مانده روی هر الک به‌دست می‌آید. درصد تجمعی رد شده از هر الک را محاسبه کنید و با داشتن اندازه الک و درصد رد شده از آن یک نقطه را روی منحنی دانه‌بندی مشخص کنید و این کار را برای هر الک انجام دهید.

اکنون نقاط مشخص شده را به یکدیگر متصل کنید تا منحنی تکمیل شود.



شکل ۹ ▲ منحنی دانه‌بندی مصالح درشت‌دانه بتن



شکل ۱۰▲ منحنی دانه‌بندی مصالح ریزدانه بتن

فعالیت عملی ۶

آزمایش دانه‌بندی را با توجه به دستورالعمل مربوطه به کمک هنرآموز خود انجام دهید.

گیرش سیمان

در ساخت سازه‌های بتنی، زمان کار کردن با بتن و باز کردن قالب‌ها و برچیدن پایه‌های اطمینان به زمان گیرش بتن بستگی دارد که خود نیز به زمان گیرش سیمان وابسته است. بنابراین دانستن زمان گیرش سیمان بسیار مهم است و نشان‌دهنده کیفیت سیمان نیز می‌باشد.

گیرش واژه‌ای است برای توصیف سفت‌شدن خمیر سیمان و به‌طور کلی به تغییر وضعیت ژل سیمان از حالت خمیری به حالت جامد گفته می‌شود.

با مخلوط کردن آب و سیمان، واکنش هیدراتاسیون آغاز شده و با گذشت زمان کامل می‌شود. با پیشرفت هیدراتاسیون میزان شکل‌پذیری و کارایی مخلوط بتن کاهش می‌یابد و با تکمیل آن امکان شکل‌دادن و پرداخت بتن وجود نخواهد داشت. آزمایش زمان گیرش سیمان، زمان و فرصت موجود برای کار بر روی مخلوط بتن تازه شامل اختلاط، حمل، ریختن، تراکم و پرداخت بتن را مشخص می‌کند. گیرش سیمان شامل گیرش کاذب، گیرش اولیه و گیرش نهایی می‌باشد. گیرش اولیه برای تولید و حمل بتن تازه و کیفیت سیمان‌های مصرفی در کارگاه کاربرد دارد زیرا سیمان‌های فاسد دارای زمان گیرش بیش از حد متعارف می‌باشند. گیرش ثانویه حداکثر زمانی که می‌توان بر روی بتن تازه کار کرد را نشان می‌دهد.

گیرش کاذب (False Setting): این گیرش ناشی از واکنش آب و گچ موجود در سیمان است. در کارخانه تولید سیمان، برای ایجاد چسبندگی در سیمان و کندی گیرش سیمان، در هنگام آسیاب‌کردن کلینکر سنگ گچ به آن می‌افزایند و با هم آسیاب می‌کنند. با حرارت‌زایی همراه نیست و با ویبره مجدد از بین می‌رود. بعد از این مرحله سیمان به سخت‌شدن و تکمیل هیدراتاسیون ادامه می‌دهد.

گیرش اولیه (Initial Setting): از لحظه اختلاط آب و سیمان کریستال‌های ناشی از هیدراتاسیون تشکیل و با گذشت زمان رشد و افزایش می‌یابد و در نتیجه روانی خمیر سیمان رو به کاهش خواهد بود. گیرش اولیه زمانی است که سوزن ویکا (Vicat) بعد از ۳۰ ثانیه از زمان رها کردن ۳۵ میلی‌متر در ملات فرو برود. نکته‌ای که قابل تذکر است، این است که سرعت گیرش و سرعت سخت شدن کاملاً از هم مستقل هستند.

گیرش ثانویه یا نهایی (Final Setting): گیرش ثانویه زمانی است که هیدراتاسیون سیمان تکمیل و خمیر سیمان کاملاً سخت شده و روانی خود را از دست داده و هنگامی خواهد بود که سوزن ویکا (Vicat) درون خمیر سیمان فرو نرود.

میزان آب در زمان گیرش سیمان و بتن تأثیر دارد. بنابراین لازم است قبل از آزمایش تعیین زمان گیرش، برای هر سیمان، میزان آب متعارف یا غلظت نرمال خمیر سیمان را تعیین کرد. در این حالت برای هر سیمان درصد آب مورد استفاده، طوری تعیین می‌شود که تمام سیمان‌ها با آن مقدار آب دارای حالت خمیری و روانی یکسانی باشند.

برای آزمایش زمان گیرش و غلظت نرمال سیمان از دستگاه ویکا استفاده می‌شود.این دستگاه تشکیل شده است از یک پایه که در قسمت پایین آن یک صفحه صاف وجود دارد که قالب ویکا روی آن صفحه قرار می‌گیرد. روی پایه میله‌ای متحرک به وزن ۳۰۰ گرم قرار دارد. در پایین میله متحرک یک پیچ قرار دارد که می‌توان سوزن دستگاه را توسط آن آزاد کرد. قالب ویکا از یک حلقه به شکل مخروط ناقص به ارتفاع ۴۰ میلی‌متر تشکیل شده است. برای آزمایش‌های مختلف سوزن ویکا با قطرهای متفاوت را می‌توان روی دستگاه نصب کرد.

تنظیم سوزن و میله دستگاه ویکا:

ابتدا قالب مخروطی را زیر سوزن دستگاه قرار می‌دهیم و سوزن را پایین می‌آوریم تا برروی لبه ظرف قرار گیرد. سپس پیچ مربوط به درجه متصل به میله متحرک را باز کرده و درجه را روی صفر تنظیم می‌نمائیم و سپس این پیچ را محکم نموده و پیچ مربوط به حرکت میله را نیز می‌بندیم. در این حالت دستگاه آماده به کار است.

آزمایش تعیین غلظت نرمال خمیر سیمان

به این آزمایش، تعیین میزان آب متعارف نیز گفته می‌شود. این آزمایش به‌تنهایی اهمیت چندانی ندارد ولی برای تعیین زمان‌های گیرش اولیه و نهایی و همچنین آزمایش سلامت سیمان کاربرد دارد. بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۳۱۹ میزان آب متعارف مربوط به خمیری است که سوزن با قطر ۱۰ میلی‌متر (میلهٔ آب‌سنج) به میزان ۳۵ میلی‌متر در آن خمیر فرو رود.

اگر میله پس از آزاد شدن در مدت ۳۰ ثانیه در فاصله ۵ میلی‌متری کف قالب قرار گیرد، غلظت خمیر نرمال است. در غیر این‌صورت برای رسیدن به چنین مخلوطی لازم است خمیرهای جدید سیمان با درصدهای مختلف آب ساخته شوند تا به وسیله رسم منحنی تغییرات (غلظت خمیر) بر حسب «فاصله میله از کف قالب» مقدار نظیر فاصله ۵ میلی‌متر به‌دست می‌آید که برابر غلظت نرمال خمیر سیمان است. توجه شود که برای رسم منحنی، آزمایش بایستی حداقل سه مرتبه تکرار گردد.

ضمناً مقدار آب خمیر نرمال عموماً بین ۳۳-۲۶ درصد وزن سیمان خشک می‌باشد.
برطبق بند ۴ استاندارد شماره ۳۹۲ ایران درجه حرارت سیمان، آب و اتاق آزمایش در حین تهیه خمیر سیمان و قالب‌گیری بایستی بین ۱۷/۷ و ۲۳/۳ درجه سانتی‌گراد باشد، آن‌گاه قالب سیمانی که برای آزمایش تهیه می‌شود بایستی در تمام مدت آزمایش در حرارت ۱/۱ ± ۱۸/۹ درجه سانتی‌گراد و در فضایی که دارای حداقل ۹۰ درصد رطوبت نسبی باشد و از جریان هوا دور باشد نگهداری شود.
قطر میله ویکا ۱۰ میلی‌متر و طول آن ۵ سانتی‌متر است.
باید توجه داشت که محل میله رها شده باید در وسط قالب ویکا باشد.

وسایل مورد نیاز

دستگاه ویکا، ترازو با دقت ۰/۱ گرم، مزور یا استوانه مدرج و بشر، لگن و دستکش، کاردک و وکرنومتر و ۵۰۰ گرم سیمان رد شده از الک نمرهٔ ۱۶.

روش انجام آزمایش

مقدار ۵۰۰ گرم سیمان مورد نظر را نمونه‌برداری کرده حدود ٪۲۵ وزن سیمان آب مناسب برای اختلاط توزین نمایید.
میله آب‌سنج را روی صفحه دستگاه قرار داده و عقربه متحرک روی صفحه مدرج دستگاه را روی عدد صفر تنظیم کرده در این صورت می‌توان فاصله سر میله را از صفحه دستگاه به‌وسیله عقربه تعیین نمود.
آب توزین شده را همراه با نمونه سیمان در یک ظرف با فضای کافی، توسط یک قاشق به‌هم زده و پس از اینکه آب با سیمان مخلوط شد (به‌طوریکه آب به صورت آزاد دیده نشود) توسط دستکش لاستیکی به خوبی مالش داده و پس از کسب روانی، آنرا به شکل گلوله‌ای درآورده و در فاصله تقریبا ۱۵ سانتی‌متری، ۶ بار از یک دست به‌دست دیگر پرتاب نمایید. توجه داشته باشید زمان تهیه خمیر از لحظهٔ افزودن آب به سیمان تا آغاز ریختن خمیر در قالب نباید از $\frac{1}{4}\pm$ ۴ دقیقه بیشتر شود.
پس از تهیه خمیر سیمان، آنرا به آرامی وارد قالبی که در دست دیگر قرار دارد نموده به‌طوریکه هیچ‌گونه فشاری به خمیر سیمان وارد نگردد، سپس قالب را از طرف دیگر به آرامی ولی با سرعت عمل بر روی صفحه کاملاً صاف قرار داده، بعد از تماس قالب با صفحه صاف قسمت اضافی خمیر را بریده و توسط ماله سطح آنرا با سطح قالب یکسان نمایید. تمام این کارها باید حداکثر در مدت ۳۰ ثانیه انجام شود.
با باز کردن پیچ به مدت ۳۰ ثانیه میله ویکا در خمیر نفوذ می‌کند که باید موقعیت آنرا قرائت و یادداشت نمایید. هنگام آزمایش نباید هیچ لرزشی در دستگاه آزمایش ایجاد شود. اگر میله پس از آزاد شدن در مدت ۳۰ ثانیه در فاصله ۵ میلی‌متری کف قالب قرار گیرد، غلظت خمیر نرمال است. در غیر این‌صورت این آزمایش را حداقل سه بار با درصدهای مختلف آب انجام دهید و با رسم منحنی غلظت نرمال را محاسبه کنید.

نکته

ظروف و دیگر وسایل آزمایش باید کاملاً تمیز و خشک باشند و تمام آب توزین شده با سیمان مخلوط گردد.

عمل نفوذ میله در خمیر در فاصله زمانی کمی پس از وارد کردن خمیر در قالب صورت گیرد.

فعالیت عملی ۷

آزمایش تعیین غلظت نرمال خمیر سیمان را با توجه به دستورالعمل مربوطه به کمک هنرآموز خود انجام دهید.

آزمایش زمان گیرش سیمان

این آزمایش جهت یافتن زمان گیرش اولیه و نهایی سیمان صورت می‌گیرد. همان‌طور که قبلاً اشاره گردید با استفاده از دستگاه ویکا به انجام این آزمایش می‌پردازیم.

در این آزمایش قطر سوزن ویکا ۱ میلی‌متر و طول آن ۵ سانتی‌متر است.

باید توجه داشت که محل سوزن رها شده از دیواره‌ها و نقاط مختلف آزمایش، ۶ میلی‌متر فاصله داشته باشد تا سیمان مقاومت کاذب نداشته باشد.

شکل ۱۱ ▲

وسایل مورد نیاز

دستگاه ویکا، ترازو با دقت ۰/۱ گرم، مزور (استوانه مدرج) و بشر، لگن و دستکش، کاردک وکرنومتر و ۳۰۰ گرم سیمان رد شده از الک نمرهٔ ۱۶.

روش انجام آزمایش

آب توزین شده در ظرفی با فضای کافی با نمونه سیمان مخلوط می‌شود، (میزان آب لازم، حاصل از نتیجه آزمایش غلظت نرمال است).

در ابتدا مقدار آب لازم را با نمونهٔ سیمان در لگن ریخته و کرنومتر را روشن می‌کنیم، و به مدت ۳ دقیقه با هم ورز می‌دهیم (در این حین سیمان یک گیرش کاذب دارد)، پس از کسب روانی آنرا گلوله می‌کنیم و در فاصلهٔ ۱۵ سانتی‌متری ۶ بار از یک دست به‌دست دیگر می‌دهیم.

نکته

زمان تهیهٔ خمیر از زمان افزودن آب تا آغاز ریختن خمیر در قالب نباید از ۴/۲۵ دقیقه بیشتر شود.

سپس نمونه را بدون آنکه فشاری به آن وارد شود در قالب ویکا قرار داده و آنرا از طرف دیگر به آرامی ولی با سرعت عمل روی صفحه صاف قرار می‌دهیم و مقدار اضافی را برمی‌داریم (این مرحله باید در کمتر از ۳۰ ثانیه انجام شود). سپس کرنومتر را صفر می‌کنیم و بعد از گذشت ۳۰ دقیقه، اولین سوزن را رها می‌کنیم. برای اتمام آزمایش زمان گیرش اولیه، می بایست سوزن ویکا به اندازه ۳۵ میلی‌متر در قالب پایین بیاید.

شکل ۱۲ ▲

اگر این مرحله از رهاسازی سوزن نتیجه نداد و عدد بیشتری را نشان داد، به فاصلهٔ زمانی ۱۵ دقیقه سوزن را در نقطه‌ای دیگر به فاصلهٔ ۶ میلی‌متر از نقطهٔ قبل رها می‌کنیم تا به نتیجه دلخواه برسیم.
در صورتی که در تلاش آخر عدد ۳۵ را نشان داد یعنی زمان رهاسازی سوزن ویکا زمان گیرش اولیه است و اگر کمتر از عدد ۳۵ را نشان داد با رسم منحنی و استفاده از روش درون یابی زمان لازم برای رسیدن به عدد ۳۵ را محاسبه می‌کنیم.
پس از یافتن زمان گیرش اولیه، عمل رها سازی سوزن را هر ۱۵ دقیقه تکرار کنید.
برای تعیین زمان گیرش نهایی باید از سوزن فلزی کلاهک‌دار مطابق شکل (۱۲) استفاده شود.
سیمان وقتی به گیرش نهایی خود می‌رسد، که اگر سوزن را در تراز خمیر سیمان روی قالب قرار داده و به‌وسیله بازکردن پیچ آنرا روی خمیر فرود آوریم، فقط اثر کمی بر روی سیمان بگذارد. زمان گیرش اولیه و نهایی اکثر سیمان‌های پرتلند، تقریباً با فرمول زیر با یکدیگر مرتبط‌اند.

(زمان گیرش اولیه به دقیقه)×۱/۲+۹۰= زمان گیرش نهایی به دقیقه

نکته

زمان مجاز گیرش اولیه و ثانویه سیمان بین ۴۵ تا ۳۷۵ دقیقه متغیر است.

فعالیت عملی ۸

آزمایش زمان گیرش سیمان را با توجه به دستورالعمل مربوطه به کمک هنرآموز خود انجام دهید

آزمایش هم‌ارز یا ارزش ماسه‌ای (Sand Equivalent)

آزمایش هم‌ارز ماسه‌ای (SE) به آزمایش درصد تمیزی ماسه هم معروف است و به منظور تعیین نسبت ذرات ریز لای و رس در ماسه یا مصالح سنگی ریزدانه به‌کار می‌رود و عملاً برای تعیین نسبت حجم ماسه به کل حجم مصالح ریزدانه و به طور خلاصه تعیین می‌نماید که ماسه تا چه حد تمیز است. هرچه درصد ریزدانه داخل ماسه‌ها کمتر باشد، ماسه تمیزتر و دارای کیفیت بهتر می‌باشد. برای ساخت بتن حداقل ارزش ماسه‌ای ۷۵ درصد می‌باشد. در کارهای با حساسیت و اهمیت بیشتر که نیاز به بتن با کیفیت و مقاومت بالاتری وجود دارد، استفاده از ماسه تمیزتر با ارزش ماسه‌ای بالاتر نیاز خواهد بود.

شکل ۱۳ ▲

ماسه به عنوان یک جسم پُرکننده که حدود ۳۰ درصد از مصالح بتن را تشکیل می‌دهد، نقش به‌سزایی در تولید بتن دارا می‌باشد. این موضوع زمانی نقش خود را بیشتر نشان می‌دهد که مصالح ریزدانه درطراحی بتن اهمیت بیشتری داشته باشد. اهمیت ماسه در سازه‌های بتنی که دوام آنها به دلیل قرارگیری در معرض نفوذ سیالات مضر و نیز محیط‌های مهاجم مورد تهدید قرار می‌گیرد بیشتر است. مصالح ریزدانه مناسب نقش مهمی در بهبود دوام بتن دارد. مصالح ریز دانه لای و رس در فرآیند هیدراتاسیون تأثیرگذار بوده و سبب افزایش نسبت آب به سیمان در بتن می‌گردد که مطلوب نبوده، بنابراین مقدار آنها در ماسه محدود می‌نمایند.

وسایل مورد نیاز:

الک نمره ۴، سینی (زیر الک)، فرچه، ترازو، استوانه مدرج با ارتفاع ۱۵اینچ، درپوش استوانه، خط‌کش فلزی، قیف، سنبه فلزی نشانه‌دار، زمان‌سنج و محلول شستشو (استوکس).

محلول استوکس: این محلول شامل مواد شیمیایی زیر می‌باشد:

کلرو کلسیم خشک :۴۵۴ گرم

گلیسرین: ۲۰۵۰ گرم

آلدئید فرمیک: ۴۰ درصد ۴۷ گرم

نحوه انجام آزمایش:

مقدار ۱۱۰ گرم ماسه نمونه را آماده می‌کنیم . استوانه مدرج را با محلول شستشو، تا ارتفاع ۴ اینچ پر می‌کنیم، با استفاده از قیف ماسه را به درون استوانه می‌ریزیم و به مدت ۱۰ دقیقه استوانه مدرج را بدون حرکت روی میز قرار می‌دهیم این کار به این دلیل است که نمونه آزمایش کاملاً خیس بخورد زیرا محلول استوکس باعث تورم ذرات رس و جدایی آنها از ذرات ماسه می‌گردد. سپس در پوش استوانه مدرج را گذاشته و آنرا به مدت ۳۰ ثانیه و به تعداد ۹۰ بار به‌صورت افقی تکان می‌دهیم، بعد از تکان‌دادن آن دیواره استوانه را با محلول شسته و ارتفاع محلول را به ۱۵ اینچ می‌رسانیم و سپس استوانه را در یک جای آرام قرار داده و بعد از ۲۰ دقیقه ارتفاع کل نمونه و ارتفاع ماسه را اندازه‌گیری می‌کنیم.

H۱ : ارتفاع کل

H۲ : ارتفاع ماسه

$$SE = \frac{H۲}{H۱} \times ۱۰۰$$

اندازه‌گیری به دو روش انجام خواهد گرفت:

۱- روش چشمی: در این روش ارتفاع کل و ماسه به‌صورت چشمی قرائت می‌شود که روش به دلیل ناهموار بودن سطوح مرزی قرائت با خطا همراه است.

۲- روش دستگاهی: در این روش ابتدا قبل از انجام آزمایش ارتفاع سمبه را داخل استوانه ثبت کرده و سپس آنرا بعد از ته‌نشینی نمونه داخل استوانه قرار داده و عدد به دست آمده را از عدد قبلی کم کرده و در فرمول قرار می‌دهیم.

شکل ۱۴ ▲

فعالیت عملی ۹

آزمایش هم‌ارز ماسه‌ای را با توجه به دستورالعمل مربوطه به کمک هنرآموز خود انجام دهید.

آزمایش اسلامپ

آزمایش اسلامپ معیاری برای ارزیابی میزان کارآیی و روانی بتن تازه است. روانی بتن یعنی قابلیت بتن تازه مخلوط شده برای جریان یافتن است. کلمه کارایی به سهولت در ریختن، قابلیت تراکم، سهولت در پرداخت بتن و مقاومت در برابر جدا شدگی اطلاق می‌شود. با هیچ آزمایشی نمی‌توان میزان کارایی بتن را به‌صورت مستقیم تعیین کرد، اما برخی از آزمایش‌ها به‌صورت غیر مستقیم و با تقریب میزان کارایی بتن را نشان می‌دهند، یکی از این آزمایشات آزمایش اسلامپ است.

شکل ۱۵ ▲

وسایل مورد نیاز:
قالب اسلامپ، صفحه زیر قالب، میله تراکم، خط‌کش فلزی، ماله و کمچه، بتونیر ۱۵۰ لیتری

قالب اسلامپ: یک قالب فلزی به شکل مخروط ناقص با قطر قاعده ۸ و قطر فوقانی ۴ و ارتفاع ۱۲ اینچ است. سطوح پایین و بالای قالب باید موازی باشد. قالب باید دارای دستگیره و جای پا باشد.
میله تراکم: یک میله فولادی به قطر ۱۶ میلی‌متر و طول ۶۰۰ میلی‌متر که نوک آن به شکل نیم‌کره با قطر ۱۶ میلی‌متر گرد شده است.
صفحه زیر قالب: صفحه‌ای به‌شکل مربع با ابعاد ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر است. این صفحه می‌تواند فلزی، شیشه‌ای و یا بتن نفوذناپذیر باشد. نوع فلزی آن بهتر است.

شکل ۱۶ ▲

نحوه انجام آزمایش:

ابتدا با استفاده از نسبت‌های تعیین شده در طرح اختلاط مقادیر شن و ماسه و سیمان و آب را به همان مقدار وزن کرده و شن و ماسه و سیمان را داخل بتونیر ریخته، خوب با هم مخلوط کرده و سپس آب را به آن اضافه کرده و خوب به‌هم می‌زنیم تا دانه‌های ریز و درشت با هم مخلوط شوند، و پس از آماده شدن مخلوط، قالب اسلامپ را مرطوب نموده و روی صفحه، قرار دهید. پای خود را بر روی تکیه‌گاه‌های دو طرف قالب قرار دهید و نمونه‌ای از مخلوط را که نماینده تمام مخلوط باشد انتخاب کنید و آنرا در ۳ لایه درون قالب اسلامپ بریزید و هر لایه را با ۵ ضربه به‌وسیله میله تراکم بکوبید. ارتفاع هر لایه پس از تراکم باید تقریباً یک‌سوم ارتفاع قالب باشد. برای لایهٔ زیرین لازم است که میله را قدری به سمت داخل کج کرده و بعضی از ضربه‌ها را به‌طور مارپیچی از محیط به سمت مرکز وارد نمایید. در لایه زیرین ضربه‌ها باید تا عمق آن لایه نفوذ کنند و ۲ لایه دیگر را به ترتیبی متراکم کنید که ضربه‌ها اندکی در لایه قبلی نفوذ نماید. قبل از متراکم ساختن لایه فوقانی باید قالب را به اندازه کافی از بتن پر نمود. چنانچه پس از متراکم ساختن لایه فوقانی سطح بتن پایین‌تر از لبه‌های قالب قرار گیرد مجدداً مقداری بتن روی آن ریخته و سطح قالب را با میله توسط حرکات اره‌ای و غلطکی صاف کنید. دستگیره‌های مخروط اسلامپ را بگیرید و آنرا به آرامی بالا بکشید. بالا کشیدن قالب باید ظرف ۵ تا ۱۰ ثانیه بدون اینکه حرکت جانبی یا چرخشی به قالب و بتن وارد شود انجام گیرد. سپس قالب را در کنار بتن قرار دهید و میله اسلامپ را بر روی آن بگذارید و اسلامپ را با محاسبه تفاضل ارتفاع قالب از بالاترین ارتفاع سطح بتن تعیین کنید. این مقدار باید با دقت نزدیک به ۵ میلی‌متر محاسبه گردد. چنانچه پس از برداشتن قالب، بتن درهم فروریخته و یا از یک طرف بریزد باید از نتیجه آزمایش صرف نظر کرده و نسبت به انجام آزمایش مجدد با استفاده از بخش دیگری از نمونه بتن اقدام کرد. اگر دوباره چنین وضعیتی اتفاق افتاد، نتیجه می‌گیریم که بتن از حالت خمیری و چسبندگی لازم برای انجام آزمایش اسلامپ برخوردار نیست.

نکته

این آزمایش برای بتن‌هایی استفاده می‌شود که حداکثر قطر سنگ‌دانه‌های مصرف شده در آن از ۴۰ میلی‌متر بیشتر نباشد.

فعالیت عملی ۱۰

آزمایش اسلامپ را با توجه به دستورالعمل مربوطه به کمک هنرآموز خود انجام دهید.

آزمایش مقاومت فشاری بتن

جهت تعیین مقاومت فشاری نمونه‌های بتن، هر نمونه‌برداری شامل تهیه حداقل دو آزمونه می‌باشد ولی معمولاً پنج آزمونه تهیه نموده، دو آزمونه را ۷ روزه و دو آزمونه را ۲۸ روزه شکسته و از هر نمونه میانگین گرفته می‌شود و یک آزمونه به عنوان شاهد باقی می‌ماند تا در صورتی‌که نمونه ۲۸ روزه جواب نداد، مقاومت آنرا ۹۰ روزه بسنجند.

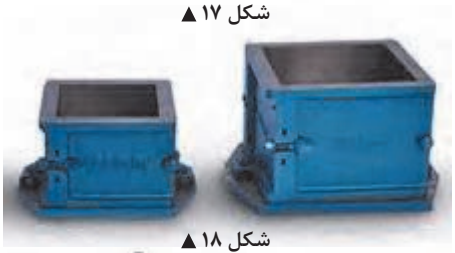
نتایج این آزمایش می‌تواند به عنوان پایه‌ای برای کنترل کیفیت بتن، نسبت‌های اختلاط آن، روش مخلوط کردن و ریختن بتن و مطابقت آن با مشخصات و همچنین ارزیابی اثرات مواد افزودنی و موارد مشابه دیگر روی بتن، به‌کار برده شود.

آزمایش مقاومت فشاری در استاندارد ASTM روی نمونه‌های استوانه‌ای ۳۰۰×۱۵۰ میلی‌متری (۱۲×۶ اینچ) و در استاندارد BS روی نمونه‌های مکعبی ۱۵۰ میلی‌متری (۶ اینچی) انجام می‌شود.

وسایل مورد نیاز:

قالب مکعبی، قالب استوانه‌ای، میله تراکم، خط‌کش فلزی، کولیس، ماله و کمچه، بتونیر ۱۵۰ لیتری، دستگاه جک فشاری هیدرولیک (جک بتن شکن) جک فشاری هیدرولیک دارای دو فک تحتانی و فوقانی می‌باشد که نمونه بتنی ما بین آن دو قرار می‌گیرد. فک تحتانی ثابت و فوقانی متحرک است. مقدار بار اعمال شده نیز توسط گیج مدرجی که روی بدنه دستگاه است، قابل رؤیت است البته برخی از جک‌ها از نوع دیجیتال هستند.

شکل ۱۷ ▲



شکل ۱۸ ▲

شکل ۱۹ ▲

شکل ۲۰ ▲

قالب مکعبی بتن به ابعاد ۱۵ سانتی‌متر
قالب استوانه‌ای با قطر ۶ و ارتفاع ۱۲ اینچ (۱۵ و ۳۰ سانتی‌متر)
قالب‌ها معمولاً از جنس فولاد، چدن، برنج و انواع پلاستیک ساخته می‌شوند.
به منظور جلوگیری از چسبندگی بتن به جدار قالب، باید جداره‌های داخلی آنها را با یک لایهٔ نازک روغن معدنی آغشته گردد.

نحوه انجام آزمایش:

با استفاده از نسبت‌های تعیین شده در طرح اختلاط مقادیر شن و ماسه و سیمان و آب را به همان مقدار وزن کرده و شن و ماسه و سیمان را داخل بتونیر ریخته، با هم مخلوط کرده و سپس آب را به آن اضافه می‌نمایند و خوب هم می‌زنند تا دانه‌های ریز و درشت با هم مخلوط شوند، و پس از آماده شدن مخلوط بتن، آنرا به شرح ذیل مورد آزمایش قرار می‌دهند. در ابتدا به منظور جلوگیری از چسبندگی بتن به جداره قالب، باید جداره‌های داخلی آنها را با یک لایهٔ نازک روغن معدنی آغشته گردد.
در استاندارد ASTM قالب استوانه‌ای را برای بتن‌های با اسلامپ بالا در سه لایه و هر لایه را با ۲۵ ضربه به‌وسیله میله اسلامپ متراکم می‌نمایند و بتن‌های با اسلامپ پایین را در دو لایه و با ویبره‌های داخلی و خارجی متراکم می‌کنند و سطح بالای استوانه بتنی را با ماله صاف می‌کنند. و معمولاً به دلیل ناهمواری سطوح تحتانی و فوقانی نمونه بتنی، دو روش سایش و پوشش سطح، برای ایجاد سطوح صاف به کار می‌روند. روش اول روشی مناسب ولی گران است. در روش دوم که پوششی روی سطح گذاشته می‌شود. سه نوع ماده قابل استفاده است، خمیر سیمان سخت شده، که روی بتن تازه گذاشته می‌شود، مخروطی از گوگرد و مصالح دانه‌ای (نظیر رس حرارت‌دیده)، و یا یک پوشش گچی با مقاومت بالا که روی بتن سخت شده به‌کار می‌روند.
شرایط نگهداری نمونه‌های استوانه‌ای استاندارد در آزمایشگاه بدین ترتیب است که به منظور جلوگیری از کاهش رطوبت نمونه‌ها، آنها را به مدت ۲۰ تا ۴۸ ساعت در دمای ۱/۷±۲۳ درجه سانتی‌گراد نگهداری نموده سپس قالب آنها را باز کرده و تا زمان انجام آزمایش، در رطوبت کامل و یا در آب آهک اشباع نگهداری می‌نمایند.
استاندارد BS، پر کردن قالب را در لایه‌هایی با ضخامت تقریبی ۵ سانتی‌متر توصیه می‌کند و تراکم هر لایه در مکعب‌های ۱۵ سانتی‌متری با ۳۵ ضربه و در مکعب‌های ۱۰ سانتی‌متری با ۲۵ ضربه توسط یک میلهٔ فولادی با مقطع مربعی شکلی به ابعاد ۲۵ میلی‌متر، صورت می‌گیرد. بعد از پرداخت کردن سطح بالای نمونه به وسیله ماله، اگر قرار است نمونه پس از ۷ روز یا بیشتر شکسته شود، باید در دمای ۵±۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شود و اگر زمان انجام آزمایش کمتر از ۷ روز باشد، نمونه باید در دمای ۲±۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شود در این حالت رطوبت نسبی نباید کمتر از ۹۰ درصد باشد. پس از ۲۴ ساعت قالب‌ها را باز کرده و تا زمان انجام آزمایش، در مخزن عمل‌آوری نگهداری می‌نمایند.

سطح بالای استوانه بتنی که توسط ماله صاف می‌گردد، معمولاً جهت انجام آزمایش به اندازهٔ کافی یکنواخت نیست و باید اقدامات دیگری بر روی آن انجام گیرد. بدین منظور دو روش سایش و پوشش سطح، برای ایجاد سطوح صاف به‌کار می‌روند. روش اول روشی مناسب ولی گران است. در روش دوم که پوششی روی سطح گذاشته می‌شود. سه نوع ماده قابل استفاده است خمیر سیمان سخت شده، که روی بتن تازه گذاشته می‌شود، مخروطی از گوگرد و مصالح دانه‌ای (نظیر رس حرارت دیده)، و یا یک پوشش گچی با مقاومت بالا که روی بتن سخت شده به‌کار می‌روند.

این مشکل در نمونه‌های مکعبی با چرخاندن نمونه و قرارگیری سطوح صاف نمونه بین دو فک دستگاه مرتفع می‌گردد.

دستگاه را تحت بارگذاری یکنواخت قرارداده، به‌طوری‌که سرعت ازدیاد فشار در ثانیه ثابت باشد به محض شکستن قسمتی از نمونه، بارگذاری دستگاه متوقف شده وحداکثر نیروی وارده بر سطح تماس نمونه، بر روی نمایشگر دستگاه بر حسب ton نشان داده می‌شود، با داشتن حداکثر نیروی وارده و سطح بارگذاری شده می‌توان مقاومت فشاری آزمونه‌ها را تعیین کرد.

شکل ۲۱ ▲

P : حداکثر نیروی وارد بر آزمونه بر حسب کیلو نیوتن

A : مساحت مقطع آزمونه بتن برحسب میلی متر مربع

δ : مقاومت فشاری آزمونه بر حسب مگا پاسکال MPa

بتنی قابل قبول است که هم خود بتن و هم مصالح تشکیل دهنده آن، ضوابط الزامی مربوطه را برآورده سازند.

به طور کلی پذیرش بتن منوط به برآورده شدن کلیه شرایط زیر است:

الف) ضوابط مربوط به مصالح تشکیل‌دهنده آن

ب) ضوابط مربوط به بتن ساخته شده، از جمله شامل ضوابط مربوط به بتن تازه (نظیر آزمایش کارآیی)، بتن سخت‌شده (نظیر آزمایش تعیین مقاومت فشاری ۲۸ روزه)، دوام (نظیر حداکثر نسبت آب به سیمان) و ضوابط مربوط به مشخصات خاص بتن ناشی از روش خاص اجرای بتن (نظیر ضوابط مربوط به بتن‌های پمپی یا بتن برای بتن‌ریزی در زیر آب با استفاده از ترمی)

پ) ضوابط مربوط به تک‌تک مراحل اجرای کار، شامل حمل (انتقال)، ریختن (جای دادن)، تراکم (از جمله لرزانیدن)، پرداخت سطحی و عمل‌آوری و مراقبت و محافظت (از جمله تأمین رطوبت و دمای مناسب)

ضوابط اخیر می‌باید در مشخصات فنی پروژه دقیقاً قید شده و در عمل نیز برآورده و کنترل شوند.

فعالیت عملی ۱۱

آزمایش مقاومت فشاری بتن را با توجه به دستورالعمل مربوطه به کمک هنرآموز خود انجام دهید.

آزمایش تعیین مقاومت الکتریکی بتن

شکل ۲۲ ▲

خرابی بتن سازه ممکن است ناشی از اثرات شیمیایی، فیزیکی و محیطی بر خود بتن یا آسیب ناشی از خوردگی میلگرد در آن باشد. مشخصات مواد و شرایطی که در مقابل این خرابی مقاوم، یا در وسعت آن موثر هستند، باید مورد بررسی قرار گیرد. دلایل اصلی متلاشی شدن بتن عبارت‌اند از: حمله سولفات‌ها، واکنش قلیایی سنگدانه‌ها، ذوب و انجماد، سایش و آتش‌سوزی.

خوردگی آرماتور یک فرآیند الکترو شیمیایی است که مستلزم وجود رطوبت و اکسیژن است. بنابراین، وجود رطوبت و توانایی آن در ورود به بتن و حرکت در آن ویژگی‌های مهمی است زیرا هم سولفات و هم کلریدها برای انجام واکنش‌ها به رطوبت نیاز دارند و نمی‌توانند در بتن خشک اثرگذار باشند لذا آزمون‌هایی که جذب آب یا نفوذپذیری و میزان رطوبت را ارزیابی می‌کنند با توجه به دوام و پایایی بتن، اهمیت زیادی دارند.

بر اساس مبحث نهم مقررات ملی ساختمان در تمامی بتن‌های مسلح سازه‌ای که تا فاصله ۵۰۰ متر از حاشیه سواحل خلیج فارس و دریای عمان قرار دارند، به منظور کنترل دوام بتن، انجام آزمایش نفوذ تسریع شده یون کلراید و مقاومت الکتریکی اکیداً توصیه می‌گردد. حداکثر میزان مجاز شار عبوری در این آزمایش در بتن‌های فوق برابر با ۲۰۰۰ کولن می‌باشد.

آزمایش تعیین مقاومت الکتریکی بتن، از جمله آزمایش‌های غیرمخرب بتن است که به دلیل سادگی، سرعت و اقتصادی بودن، بر کاربرد آن افزوده است. این آزمایش با ارائه مقاومت الکتریکی بتن موجود، برای آزمونه‌های آزمایشگاهی مکعبی، استوانه‌ای یا منشوری و مکعب مستطیل، به طراحان و کارشناسان امکان تصمیم‌گیری در زمینه طرح‌های مقاوم سازی و تقویت و یا صحت‌سنجی عملیات اجرایی را می‌دهد. سهولت یا سختی عبور جریان الکتریکی از بتن اشباع می‌تواند نشانه‌ای از نفوذپذیری آن در برابر آب و به ویژه انتشار و مهاجرت یونی باشد مخصوصاً اگر از آب نمک، اشباع گردد. افزایش نفوذپذیری سبب کاهش پایایی و دوام بتن می‌گردد.

در نتایج حاصل از آزمایش مقاومت الکتریکی بتن موارد زیر موثر است:

- میزان رطوبت و درجه اشباع بتن
- نوع جریان و فرکانس مصرفی
- شکل و اندازه نمونه
- افزودنی‌های شیمیایی بتن
- مقاومت الکتریکی سنگ‌دانه‌های موجود در بتن

شکل ۲۳ ▲

این آزمایش بین پژوهشگران بسیار معروف و رایج است. برای اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی بتن عمدتاً از دو روش دو نقطه‌ای و چهار نقطه‌ای استفاده می‌شود. روش دونقطه‌ای غالباً در فعالیت‌های تحقیقاتی و پژوهشی در آزمایشگاه و روش چهار نقطه‌ای برای اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی در محلی که سازه بتنی احداث شده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

انجمن بتن آمریکا مقادیری برای مقدار مقاومت الکتریکی و ارتباط آن با احتمال خوردگی بتن پیشنهاد نموده است که در جدول زیر مشاهده می‌شود.

ارتباط مقاومت الکتریکی بتن و احتمال خوردگی				
مقاومت الکتریکی بتن بر حسب اهم	کمتر از ۵۰	۵۰ تا ۱۰۰	۱۰۰ تا ۲۰۰	بیش از ۲۰۰
نفوذ پذیری و احتمال خوردگی	خیلی زیاد	زیاد	کم	ناچیز

روش انجام آزمایش تعیین مقاومت الکتریکی بتن به روش دو نقطه‌ای

وسایل مورد نیاز:

کولیس، خط کش، اهم متر، صفحه مربعی مسی یا برنجی به ابعاد ۱۵ سانتی‌متر، سیم رابط، گیره سیم

نحوه انجام آزمایش:

نمونه مکعبی به ابعاد ۱۵ سانتی‌متر را تهیه می‌کنیم و به مدت یک هفته درون آب نگهداری نموده تا به حالت اشباع برسد. پس از خارج کردن نمونه از آب، ابتدا ابعاد آنرا اندازه‌گیری می‌کنیم، دو صفحه مسی یا برنجی را بر دو سطح مقابل مکعب به کمک خمیر سیمان تازه می‌چسبانیم و با اعمال یک جریان متناوب با فرکانس مشخص مقاومت الکتریکی بتن به‌دست می‌آید. با داشتن مقاومت الکتریکی حاصل از عبور جریان الکتریسیته، سطح بتن و فاصله بین دو صفحه فلزی، مقاومت ویژه الکتریکی را به‌دست می‌آوریم.

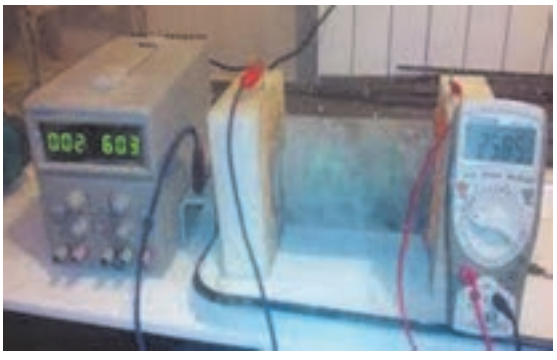
$$\rho = R\frac{A}{L}$$

R : مقاومت الکتریکی نشان داده شده توسط اهم‌متر

A : مساحت مقطع بتن (صفحه مسی) برحسب متر مربع

L : فاصله دو صفحه مسی برحسب متر

ρ : مقاومت الکتریکی ویژه بر حسب اهم در متر



شکل ۲۴ ▲

بیشتر بدانیم

با افزایش نسبت آب به سیمان مقاومت الکتریکی کاهش می‌یابد.
جهت قالب‌گیری تأثیر چندانی بر مقاومت الکتریکی نمونه ندارد.
میزان مقاومت الکتریکی در روش دو نقطه‌ای به شکل آزمونه ارتباطی ندارد.
طول نمونه تأثیری بر مقاومت الکتریکی ندارد.

فعالیت عملی ۱۲

آزمایش تعیین مقاومت الکتریکی بتن را با توجه به دستورالعمل مربوطه به کمک هنرآموز خود انجام دهید.

ارزشیابی شایستگی آزمایشگاه خاک و بتن

شرح کار:
با استفاده از وسایل آزمایشگاهی و دستورالعمل استاندارد، آزمایش‌های لازم را انجام دهد.

استاندارد عملکرد:
انجام آزمایش‌های مصالح ساختمانی مطابق دستورالعمل‌های استاندارد ملی ایران

شاخص‌ها:
دقت اندازه‌گیری - رعایت نکات ایمنی - استفاده صحیح از وسایل آزمایشگاهی - مدیریت زمان آزمایش - تطابق با دستورالعمل - تهیه گزارش و نتیجه‌گیری - ارائهٔ حضوری کار به هنرآموز در مدت زمان لازم مطابق استاندارد.

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

شرایط: انجام آزمایش‌های مورد نظر در فضای آزمایشگاهی با تجهیزات استاندارد به کمک دو کارگر - انجام محاسبات لازم.

ابزار و تجهیزات:
- ترازو - دستگاه مقسم - دستگاه گرم‌چال - همزن برقی - لرزاننده مکانیکی - مجموعه الک‌های استاندارد - دستگاه ویکا - کرنومتر - قالب اسلامپ - بتونیر ۱۵۰ لیتری - قالب مکعبی و استوانه‌ای بتن - جک فشاری هیرولیک - اهم‌متر - مخزن استوانه‌ای - میله تراکم استاندارد - خط‌کش فلزی - کولیس - بشر - استوانه مدرج - برس.
- وسایل محاسباتی شامل ماشین‌حساب علمی.
- وسایل تحریر اداری - رایانه به همراه چاپگر.

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	انتخاب وسایل و تهیهٔ نمونه مصالح	۲	
۲	انجام آزمایش	۲	
۳	ثبت مشاهدات و نتایج	۲	
۴	تهیهٔ گزارش و نتیجه‌گیری	۲	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: رعایت ایمنی و بهداشت محیط کار، لباس‌کار مناسب، کفش، کلاه، دستکش، دقت اجرا، جمع‌آوری نخاله و ملات اضافی، مدیریت کیفیت، مسئولیت‌پذیری، تصمیم‌گیری، مدیریت مواد و تجهیزات، مدیریت زمان		۲	
میانگین نمرات			*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.

منابع و مآخذ

۱- استاندارد شایستگی حرفه ساختمان، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ۱۳۹۲.

۲- استاندارد ارزشیابی حرفه ساختمان، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ۱۳۹۳.

۳- راهنمای برنامهٔ درسی ساختمان، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، دفتر برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ۱۳۹۴.

۴- آئین نامه بتن ایران «آبا»، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، نشریهٔ شمارهٔ ۲۰، تجدید نظر اول، تهران، ۱۳۷۹.

۵- تفسیر آئین‌نامه بتن ایران، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، تهران، ۱۳۸۰.

۶- مشخصات فنی و عمومی کارهای ساختمانی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، نشریهٔ شمارهٔ ۵۵، تجدید نظر دوم، تهران، ۱۳۸۳.

۷- مقررات ملی ساختمان، مبحث نهم، طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، وزارت مسکن و شهرسازی، معاونت امور مسکن و ساختمان، نشر توسعه ایران، تهران، ۱۳۹۲.

۸- مقررات ملی ساختمان، مبحث دهم، طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، وزارت مسکن و شهرسازی، معاونت امور مسکن و ساختمان، نشر توسعه ایران، تهران، ۱۳۹۲.

۹- طسوجی، محمدابراهیم، طرح و کنترل مخلوط‌های بتن، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ۱۳۶۶.

۱۰- پیدایش، منصور و همکار، فناوری ساختمان‌های بتنی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۵.

۱۱- طاحونی، شاپور و همکاران، فناوری ساختمان‌های فلزی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۵.

و سایت‌های اینترنتی معتبر و منابع مختلف دیگر.

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به‌عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه سامانه تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان دربارهٔ کتاب‌های درسی نونگاشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی و دبیرخانهٔ راهبری دروس و مدیریت محترم پروژه آقای محسن باهو نقش سازنده‌ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائهٔ نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

اسامی دبیران و هنرآموزان شرکت‌کننده در اعتبارسنجی کتاب فناوری‌های ساختمان رشته ساختمان کد ۲۱۲۳۹۸

ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت	ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت
۱	عباس برزوئی	مازندران	۱۶	مرتضی انصاری اردلی	چهارمحال وبختیاری
۲	علیرضا حلیمی	اصفهان	۱۷	محمدباقر قویدل	کرمان
۳	حمید ملکی	آذربایجان شرقی	۱۸	مرتضی دادخواه	خراسان رضوی
۴	سعید فراهی شهری	سیستان وبلوچستان	۱۹	مهدی حاجی زاده	فارس
۵	محمدرضا اسکندری	مرکزی	۲۰	علی اکبر فتحعلی لوی اصل	آذربایجان غربی
۶	فریدون مهدوی	قزوین	۲۱	سعید نظری	البرز
۷	فریبرز حسن پور	سیستان وبلوچستان	۲۲	سیدمهدی ساداتی	قم
۸	آراسته دیانت	کردستان	۲۳	مالک موحدزاده	بوشهر
۹	محمد فائقی نژاد	خراسان جنوبی	۲۴	عباس آخوندی	همدان
۱۰	علی همتی	گیلان	۲۵	علیرضا طیبی نژاد	خوزستان
۱۱	محمد اسکندری	شهرستانهای تهران	۲۶	مرتضی شهسواری گوغری	کرمان
۱۲	ایرج محمدی	کرمانشاه	۲۷	حسین رجبی	اردبیل
۱۳	محمدعلی زارع	یزد	۲۸	هادی ریاحی	گلستان
۱۴	مجتبی سبحانی	شهرستانهای تهران	۲۹	منصور فریدی	قزوین
۱۵	ابوالفضل عرب	سمنان	۳۰	مهدی جهانگیری	اردبیل

هنرآموزان محترم، هنرجویان عزیز و اولیای آنان می‌توانند نظرهای اصلاحی خود را دربارهٔ مطالب این کتاب از طریق نامه به نشانی تهران- صندوق پستی ۴۸۷۴ / ۱۵۸۷۵- گروه درسی مربوط و یا پیام نگار tvoccd@roshd.ir ارسال نمایند.

وب گاه: tvoccd.oerp.ir

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش