

پودمان ۵

آزمایشگاه خاک و بتن



استاندارد عملکرد

انجام عملیات آزمایش‌های مصالح ساختمانی مطابق دستورالعمل‌های استاندارد ملی ایران

مقدمه

مصالح مورد استفاده در ساختمان به صورت طبیعی یا مصنوعی بوده که از یک یا چند نوع ماده و به صورت 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 به دست 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 نشریه 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 به طوری 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 قابل قبول، 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 هر کدام 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.

نمونه برداری نماینده: هنگامی که نمونه برداری تصادفی غیر عملی و نامناسب باشد، روش نمونه برداری نماینده باید مورد استفاده قرار گیرد. برای مثال وقتی که مصالح محموله بزرگی تشکیل می‌دهند و یا دسترسی به مقدار محدودی از محموله میسر است، از این روش استفاده می‌شود.

تقسیم نمونه: وقتی نمونه‌ها بیش از مقدار مورد نیاز برای آزمون باشند کل نمونه‌ها در کنار یکدیگر قرار داده شده و مقدار نمونه لازم به صورت تصادفی برداشته شود.

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

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

آجر:

حداقل تعداد نمونه لازم از هر محموله ۱۵۰۰۰ عددی یا کمتر از آن برای آزمون‌های مختلف به تعداد تعیین شده در جدول روبه‌رو خواهد بود.

نمونه برداری از میلگردهای ساختمانی:

تعداد و تواتر نمونه‌ها باید به گونه‌ای باشد که نتایج آزمایش‌های انجام شده بر روی آنها معرف کیفیت کل آرماتور مصرفی و حداقل به میزان ذکر شده در (الف) تا (پ) زیر باشند:

(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 آزمون (به طول ۱ متر) می‌باشد.

نمونه برداری از بتن:

مقصود از هر نمونه برداری از بتن، تهیه حداقل دو آزمون یکسان، که در زمان و شرایط یکسانی تولید و نگهداری شده اند، می‌باشد. به عبارت دیگر، نمونه برداری عبارت است از میانگین نتایج دو یا چند آزمون مشروط بر آنکه این آزمون‌ها همزمان تهیه و در شرایط یکسان نمونه گیری و متراکم و عمل آوری شده و تحت آزمایش قرار گرفته باشند. همچنین نتایج آزمون‌ها باید به اندازه کافی به یکدیگر نزدیک بوده و بیش از حد مشخصی (۵ درصد میانگین دو آزمون) از یکدیگر دور نباشد.

اگر در مراحل بین نمونه گیری تا انجام آزمایش یک آزمون، وضعیتی مغایر با شرایط لازم به وجود آید، نتیجه آن آزمون قابل استناد نبوده و نباید در میانگین گیری وارد شود. بنابراین اکیدا توصیه می‌شود که در هر بار نمونه برداری، حداقل ۳ آزمون به جای ۲ آزمون تهیه شود.

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

برای تیرها و کلاف‌ها، یک نمونه برداری از هر ۱۰۰ متر طول

برای ستون‌ها، یک نمونه برداری از هر ۵۰ متر طول

حداقل یک نمونه برداری از هر رده بتن در هر روز

حداقل ۶ نمونه برداری از کل هر سازه

نمونه آگاهی

در صورتی که آگاهی از کیفیت بتن در موعدهای خاصی مانند زمان باز کردن قالبها و غیره ضرورت داشته باشد، علاوه بر آزمونهای متعارف ارزیابی مقاومت، آزمونهایی از بتن گرفته می‌شوند و در موعدهای مورد نظر تحت آزمایش قرار می‌گیرند. این آزمونها به آزمونهای آگاهی موسوم‌اند. از جمله نمونه‌های آگاهی عبارت‌اند از ۳، ۴ و ۷ روزه.

نمونه شاهد

آزمون شاهد به آزمونهای گفته می‌شود که در کارگاه باقی می‌ماند تا در صورتی که 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. به صورت 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. به طور 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 $100 \times 100 = 10000$ چشمه می‌باشد. اندازه الک با اندازه چشمه‌های آن رابطه مستقیم و با تعداد چشمه‌ها رابطه معکوس دارد و نمره الک با تعداد چشمه‌های آن رابطه مستقیم و با اندازه چشمه‌ها رابطه معکوس دارد.

ریزدانه		درشت‌دانه	
اندازه سوراخ	نام الک	اندازه سوراخ	نام الک
۴/۷۵ میلی‌متر	نمره ۴	۷۵ میلی‌متر	۳ اینچ
۲/۳۶ میلی‌متر	نمره ۸	۶۳ میلی‌متر	۲ ۱/۲ اینچ
۱/۱۸ میلی‌متر	نمره ۱۶	۵۰ میلی‌متر	۲ اینچ
۶۰۰ میکرون	نمره ۳۰	۳۷/۵ میلی‌متر	۱ ۱/۲ اینچ
۳۰۰ میکرون	نمره ۵۰	۲۵ میلی‌متر	۱ اینچ
۱۵۰ میکرون	نمره ۱۰۰	۱۹ میلی‌متر	۳/۴ اینچ
۷۵ میکرون	نمره ۲۰۰	۱۲/۵ میلی‌متر	۱/۲ اینچ
		۹/۵ میلی‌متر	۳/۸ اینچ

نمونه‌برداری از مصالح سنگی



شکل ۱ ▲

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 تریب (چهار قسمتی) استفاده می‌شود.



۱- دستگاه مقسم مکانیکی

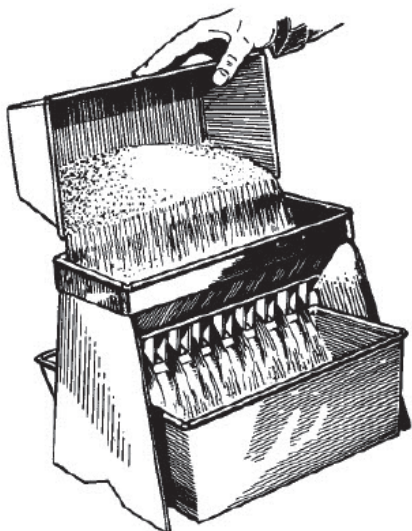
دستگاه مقسم باید دارای دهانه‌هایی به تعداد زوج باشد و حداقل تعداد دهانه‌ها ۸ عدد است. عرض دهانه‌ها به اندازه سنگ‌دانه‌ها بستگی دارد. مقسم باید مجهز به دو ظرف باشد که دو نیمه نمونه‌ها را پس از تقسیم در خود جای دهد. همچنین باید به یک قیف و یک تشت لبه صاف جهت ریختن مصالح در مقسم مجهز باشد.

وسایل مورد نیاز

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

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 به دستگاه طوری باشد که عبور آزاد از میان دهانه‌ها به درون دستگاه امکان‌پذیر باشد.



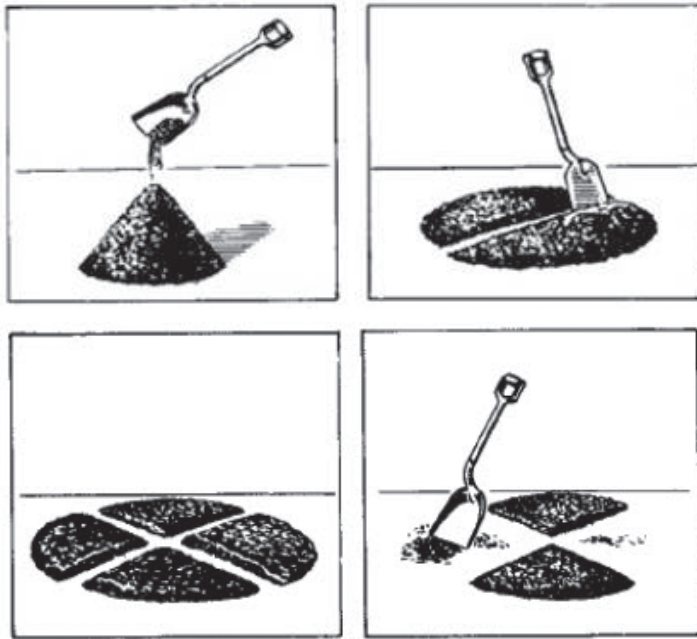
شکل ۲ ▲ دستگاه مقسم



نمونه موجود در یکی از ظرف‌های دستگاه را دوباره به مقسم وارد کنید و این کار را به تعداد لازم تکرار کنید تا نمونه به اندازه مشخص شده جهت آزمون کاهش یابد. برای انجام آزمایش از ۸۰ کیلوگرم مصالح نمونه ۵ کیلوگرمی تهیه کنید.

آزمایش نمونه‌برداری از مصالح سنگی با دستگاه مقسم را با توجه به دستورالعمل مربوطه به کمک هنرآموز خود انجام دهید

۲- روش چهارقسمتی (تربیع)



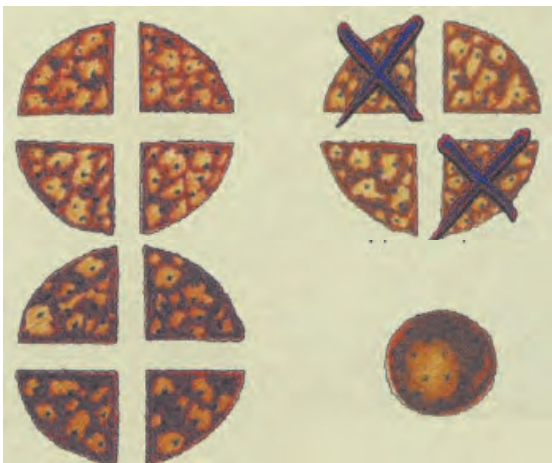
شکل ۳ ▲ روش چهارقسمتی (تربیع)

وسایل مورد نیاز:

وسیله توزین نظیر ترازو یا باسکول، خاک‌انداز لبه صاف، بیلچه یا ماله، برس یا جاروی کوچک

نحوه انجام آزمایش:

نمونه اولیه را روی یک سطح تخت، تراز، تمیز و سخت قرار دهید که در آنجا مواد هدر نرود و مواد خارجی به طور اتفاقی به آن اضافه نشود. مواد را با سه بار زیرورو کردن کل نمونه کاملاً مخلوط کنید.



شکل ۴ ▲ روش چهارقسمتی (تربیع)

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 به طوری که 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. به طور پیوسته مواد باقی مانده را مخلوط و چهار قسمتی کنید تا نمونه به اندازه مورد نظر کاهش یابد.

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.

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

نکته



فعالیت
عملی ۲



تعیین درصد رطوبت سنگ دانه‌ها

این آزمایش برای تعیین درصد رطوبت قابل تبخیر در سنگ دانه به کار 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 سنگ دانه 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 سنگ دانه‌ها خشک است. این حالت از سنگ دانه‌ها 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 گرم چال)، ظرف نمونه، همزن منبع گرما کوره الکتریکی (Oven) است مجهز به تهویه که بتواند دمای اطراف نمونه را در حدود ± 5 درجه سانتی‌گراد به طور 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 کوره الکتریکی، ظرف باید غیرفلزی باشد.

نحوه انجام آزمایش مصالح سنگی درشت‌دانه:

نمونه‌برداری باید به نحوی انجام شود که نمایشگر مقدار رطوبت در دیوی 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 خشک کردن و وزن کردن 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 به دست می‌آید.

$$P = \frac{(B - C)}{(C - A)} \times 100$$

$$E = \frac{(D - C)}{(C - A)} \times 100$$

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 کارایی بتن کاهش پیدا کند و همچنین مشکل یخ‌زدگی آب داخل خلل و فرج نیز به وجود می‌آید و در حالت کلی اگر جذب آب زیاد شود، عوارض و اشکالات زیر پدید می‌آید:

- چسبندگی مواد تشکیل‌دهنده بتن کاهش پیدا می‌کند.

- مقاومت بتن در برابر یخ‌زدگی کاهش پیدا می‌کند.

- پایداری شیمیایی بتن کم می‌شود.

- مقاومت در برابر سایش کم می‌شود.

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

فعالیت
عملی ۳



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 به صورت جرم بر واحد حجم، یعنی کیلوگرم بر مترمکعب ($\frac{kg}{m^3}$) یا گرم بر سانتیمتر مکعب ($\frac{gr}{cm^3}$) 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

روش انجام آزمایش

ابتدا مخزن استوانه‌ای خالی را وزن کرده و مقدار به‌دست آمده به‌عنوان جرم ظرف خالی m_1 تعیین می‌شود. سپس مخزن را به‌طور کامل با آب پر کنید و آنرا وزن کنید تا جرم ظرف و آب m_2 تعیین شود.

از اختلاف دو مقدار m_2 و m_1 ، حجم استوانه به‌دست می‌آید.



شکل ۶ ▲ آزمایش چگالی سنگ‌دانه‌ها

در مرحله بعد، $\frac{1}{3}$ 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 میلی‌متر تمام 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 $\frac{2}{3}$ 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 m_3 تعیین گردد.

از اختلاف دو مقدار m_3 و m_1 ، جرم دانه‌ها به‌دست می‌آید.



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

آزمایش تعیین وزن مخصوص مصالح سنگی غیر متراکم

وسایل مورد نیاز

مخزن استوانه‌ای، ترازو، بیل یا بیلچه مناسب

روش انجام آزمایش

مصالح خشک رد شده از الک نمره ۴ را به وسیله بیلچه از ارتفاع ۵ سانتی‌متر درون ظرف می‌ریزیم و بدون ضربه و ویبره کردن 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 به دست می‌آید.



شکل ۷ ▲

محاسبات:

با داشتن جرم و حجم دانه‌ها مقدار چگالی (ρ) آن بر حسب $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$ به دست می‌آید.

$$M = m_3 - m_1$$

$$V = m_2 - m_1$$

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

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



آزمایش دانه‌بندی

بر حسب تعریف، آزمایش دانه‌بندی عبارت‌است از تعیین درصد وزنی و توزیع اندازه دانه‌های سنگی و ترسیم منحنی آن.

اهمیت پی‌بردن به توزیع اندازه دانه‌ها به‌قدری است که این آزمایش (دانه‌بندی) در اکثر پروژه‌های عمرانی و تحقیقاتی به عنوان یک آزمایش ضروری انجام می‌شود. دانه‌بندی مناسب سبب کاهش فضای خالی بین ذرات بتن و در نتیجه کاهش مصرف سیمان و آب و همچنین افزایش مقاومت آن می‌گردد. روش انجام آزمایش دانه‌بندی، به اندازه دانه‌ها بستگی دارد. آزمایش دانه‌بندی به سه روش عمده انجام می‌شود:

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

برای دانه‌بندی مصالح سنگی درشت‌تر از الک نمره ۲۰۰ و برای مصالح ریزتر از الک نمره کمتر از ۲۰۰، از روش هیدرومتری استفاده می‌شود. در صورتی که نمونه مورد آزمایش شامل ذرات ریز و درشت‌تر از الک نمره ۲۰۰ باشد روش ترکیبی استفاده می‌شود. با استفاده از الک نمره ۲۰۰ سنگ‌دانه‌ها و فیلرها را از هم جدا کرده و برای هر کدام آزمایش دانه‌بندی متناسب انجام می‌شود. و در انتها نتایج حاصل با یکدیگر تلفیق می‌شوند.

با توجه به اینکه در دانه‌های مورد استفاده در بتن (شن و ماسه)، ذرات کمتر از نمره ۲۰۰ حداکثر ۵ درصد وزن کل دانه‌ها را تشکیل می‌دهند بنابراین در مورد مصالح سنگی از آزمایش الک جهت دانه‌بندی استفاده می‌شود. نتایج حاصل از منحنی دانه‌بندی و دانستن بزرگ‌ترین اندازه دانه‌های مورد مصرف در بتن، روی مقادیر مورد نیاز سیمان، آب، مقدار آب انداختن بتن، نحوه درجا ریختن و پرداخت سطح بتن، دوام و پوکی بتن و همچنین خواص بتن تازه و سخت شده اثر دارد.

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

وسایل مورد نیاز

گرم‌خانه (Oven)، ترازو، دستگاه لرزاننده مکانیکی الک‌ها یا (Shaker)، سینی زیر الک، فرچه یا مسواک

برای تمیز کردن الک و انواع الک‌های استاندارد ۱۰۰، ۵۰، ۳۰، ۱۶، ۸، ۴، ۳، ۱، ۱/۴، ۱/۲، ۳/۸، ۱/۲، ۳/۴، ۱، ۱/۴

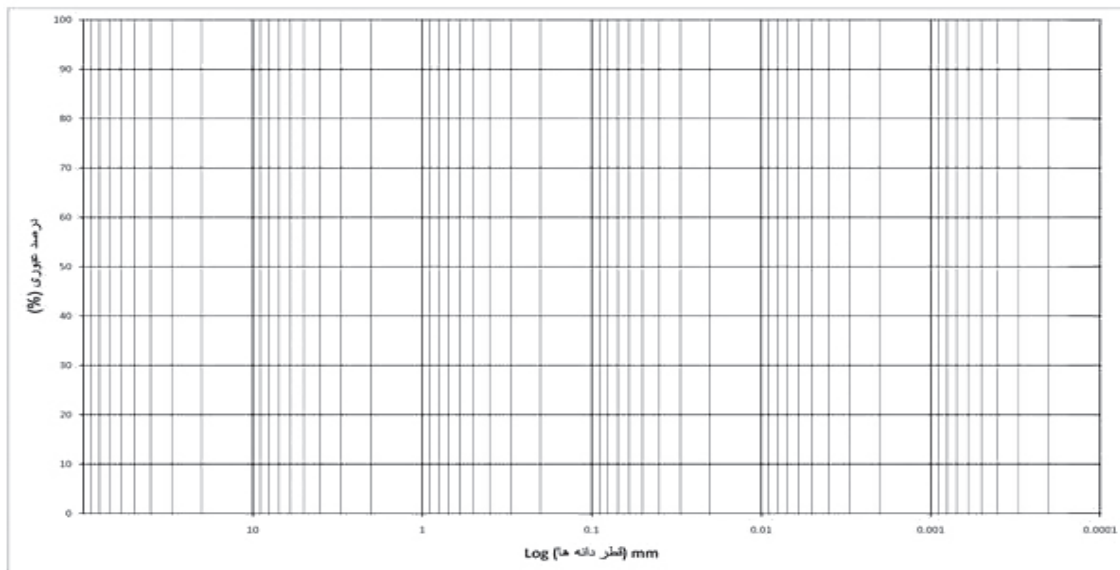
توضیح اینکه برای نشان دادن نمره الک از نماد (#) استفاده می‌شود.

روش انجام آزمایش

در این آزمایش، الک‌ها به ترتیب از بالا به پایین و با توجه به اندازه چشمه الک، از درشت به ریز و در پایین‌ترین قسمت، سینی (زیر الک) قرار دهید. دانه‌بندی درشت دانه (شن) با سری الک‌های #۴، #۸،

۱، ۱/۴، ۱/۲، ۳/۴، ۱، ۱/۴ و ریزدانه (ماسه) با سری الک‌های ۱۰۰، ۵۰، ۳۰، ۱۶، #۸، #۴ انجام می‌شود.

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 کوره الکتریکی و در دمای 105 ± 5 درجه سانتی‌گراد قرار دهید و وزن آنرا به دست 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.



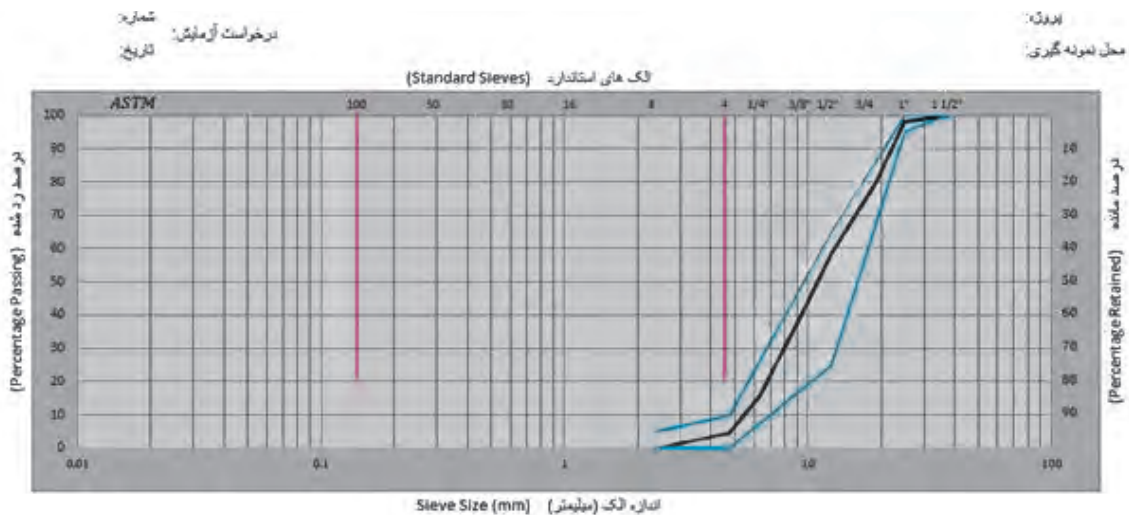
شکل ۸ ▲ منحنی دانه‌بندی (فرم خام)

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 می‌ماند. لرزاندن الک‌ها را به مدت کافی و با استفاده از لرزاننده مکانیکی الک یا به صورت دستی، اجرا نمایید.

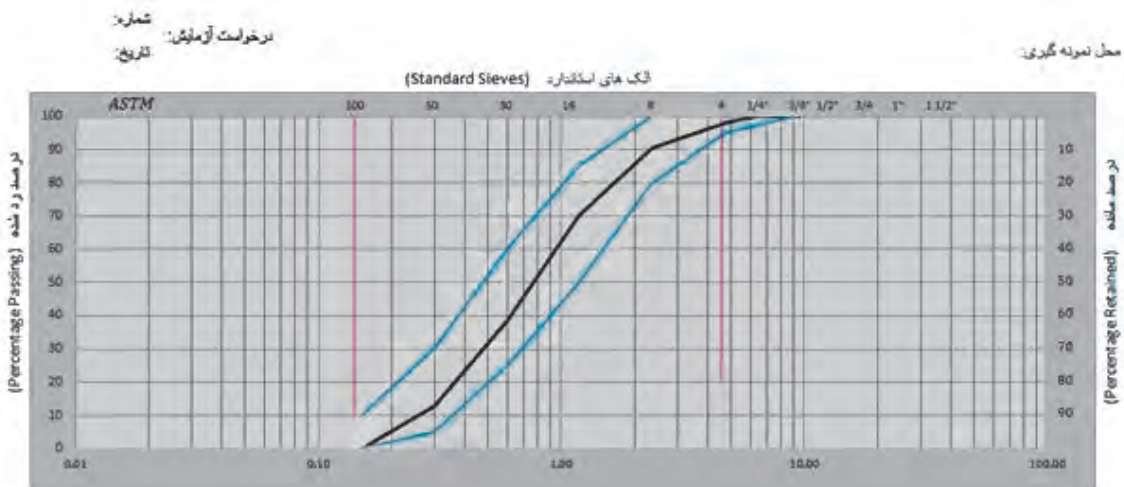
در صورت لرزاندن دستی الک‌ها، هم‌زدن و دست‌زدن مستقیم به سنگ‌دانه‌ها مجاز نمی‌باشد.

سنگ‌دانه‌ها با توجه به اندازه و قطر، روی الک‌های مختلف باقی می‌ماند و درصد وزنی مانده روی هر الک به دست 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

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

فعالیت
عملی ۶



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 سفت شدن 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 آسیاب کردن 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 سخت شدن 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 بر روی 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 (میله 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 این صورت 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 به دست 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 $1/1 \pm 18/9$ 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 نمره 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 تقریباً ۱۵ سانتی‌متری، ۶ بار از یک دست به‌دست دیگر پرتاب نمایید. توجه داشته باشید زمان تهیه خمیر از لحظه افزودن آب به سیمان تا آغاز ریختن خمیر در قالب نباید از $\frac{1}{4} \pm 4$ 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 این صورت این آزمایش را حداقل سه بار با درصدهای مختلف آب انجام دهید و با رسم منحنی غلظت نرمال را محاسبه کنید.

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

نکته



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



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

آزمایش زمان گیرش سیمان



شکل ۱۱ ▲

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.

وسایل مورد نیاز

دستگاه ویکا، ترازو با دقت ۰/۱ گرم، مزور (استوانه مدرج) و بشر، لگن و دستکش، کاردک و کرنومتر و ۳۰۰ گرم سیمان رد شده از الک نمره 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 نمونه 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 فاصله ۱۵ سانتی‌متری ۶ بار از یک دست به دست دیگر می‌دهیم.

زمان تهیه 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، می‌بایست 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 فاصله زمانی ۱۵ دقیقه سوزن را در نقطه‌ای دیگر به فاصله ۶ میلی‌متر از نقطه 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 رهاسازی 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 به وسیله باز کردن 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.

$$\text{(زمان گیرش اولیه به دقیقه)} \times 1/2 + 90 = \text{زمان گیرش نهایی به دقیقه}$$

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

نکته



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

فعالیت
عملی ۸



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 به کار 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 در طراحی 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 ریزدانه 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 ۱۵ اینچ، درپوش استوانه، خط کش 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 درپوش استوانه مدرج را گذاشته و آنرا به مدت ۳۰ ثانیه و به تعداد ۹۰ بار به صورت افقی تکان می‌دهیم، بعد از تکان دادن 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.

H_۱: ارتفاع کل

H_۲: ارتفاع ماسه

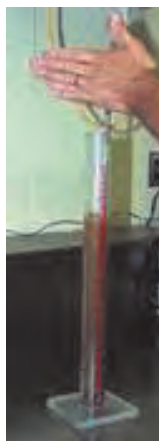
$$SE = \frac{H_2}{H_1} \times 100$$

اندازه‌گیری به دو روش انجام خواهد گرفت:

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



شکل ۱۴ ▲



۲- روش دستگاهی: در این روش ابتدا قبل از انجام آزمایش ارتفاع سنبه 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.

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

فعالیت
عملی ۹



آزمایش اسلامپ



شکل ۱۵ ▲

آزمایش اسلامپ معیاری برای ارزیابی میزان کارایی 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 به صورت مستقیم تعیین کرد، اما برخی از آزمایش‌ها به صورت غیر مستقیم و با تقریب میزان کارایی بتن را نشان می‌دهند، یکی از این آزمایشات آزمایش اسلامپ است.

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 به شکل 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 به هم 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 به وسیله میله تراکم بکوبید. ارتفاع هر لایه پس از تراکم باید تقریباً یک سوم ارتفاع قالب باشد. برای لایه 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 اراه‌ای 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 در هم فرو ریخته 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.

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

نکته



فعالیت
عملی ۱۰



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

آزمایش مقاومت فشاری بتن



شکل ۱۷ ▲



شکل ۱۸ ▲



شکل ۱۹ ▲

جهت تعیین مقاومت فشاری نمونه‌های بتن، هر نمونه‌برداری شامل تهیه حداقل دو نمونه می‌باشد ولی معمولاً پنج نمونه تهیه نموده، دو نمونه را ۷ روزه و دو نمونه را ۲۸ روزه شکسته و از هر نمونه میانگین گرفته می‌شود و یک نمونه به عنوان شاهد باقی می‌ماند تا در صورتی که 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، به کار برده شود.

آزمایش مقاومت فشاری در استاندارد ASTM روی نمونه‌های استوانه‌ای ۱۵۰×۳۰۰ میلی‌متری (۶×۱۲ 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.

قالب مکعبی بتن به ابعاد ۱۵ سانتی متر
 قالب استوانه‌ای با قطر ۶ و ارتفاع ۱۲ اینچ (۱۵ و ۳۰ سانتی متر)
 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 با یک لایه 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 با یک لایه 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
 به وسیله 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



شکل ۲۰ ▲

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 به کار 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 $23 \pm 1/7$ 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
 میله 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 20 ± 5
 درجه سانتی‌گراد نگهداری شود و اگر زمان انجام آزمایش کمتر از ۷ روز باشد، نمونه باید در دمای 20 ± 2
 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 اندازه کافی یکنواخت نیست و باید اقدامات دیگری بر روی آن انجام گیرد. بدین منظور 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 حرارت دیده)، و یا یک پوشش گچی با مقاومت بالا که روی بتن سخت شده به کار 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 قرار داده، به طوری که سرعت ازدیاد فشار در ثانیه ثابت باشد به محض شکستن قسمتی از نمونه، بارگذاری دستگاه متوقف شده حداکثر 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.

P : حداکثر نیروی وارد بر آزمونه بر حسب کیلو نیوتن
 A : مساحت مقطع آزمونه بتن بر حسب 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.



شکل ۲۱ ▲

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

الف) ضوابط مربوط به مصالح تشکیل دهنده آن

ب) ضوابط مربوط به بتن ساخته شده، از جمله شامل ضوابط مربوط به بتن تازه (نظیر آزمایش کارآیی)، بتن سخت شده (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 لرزاندن)، 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.

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 پایداری 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 آزمون‌های 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 پایداری 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 ▲

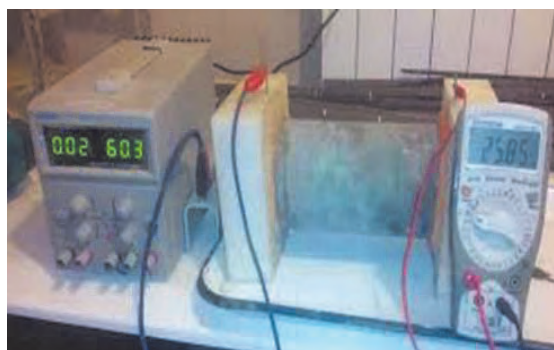
مقاومت الکتریکی و ارتباط آن با احتمال خوردگی بتن پیشنهاد نموده است که در جدول زیر مشاهده می‌شود.

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 به دست می‌آید. با داشتن مقاومت الکتریکی حاصل از عبور جریان الکتریسیته، سطح بتن و فاصله بین دو صفحه فلزی، مقاومت ویژه الکتریکی را به دست می‌آوریم.



شکل ۲۴ ▲

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

R : مقاومت الکتریکی نشان داده شده توسط اهم‌متر
A : مساحت مقطع بتن (صفحه مسی) بر حسب متر مربع

L : فاصله دو صفحه مسی بر حسب متر

ρ : مقاومت الکتریکی ویژه بر حسب اهم در متر

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 آزمون ارتباطی ندارد.
طول نمونه تأثیری بر مقاومت الکتریکی ندارد.

بیشتر
بدانیم



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

فعالیت
عملی ۱۲



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 - ارائه حضور 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 ماشین حساب علمی.
- وسایل تحریر اداری - رایانه به همراه چاپگر.

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	انتخاب وسایل و تهیه نمونه مصالح	۲	
۲	انجام آزمایش	۲	
۳	ثبت مشاهدات و نتایج	۲	
۴	تهیه گزارش و نتیجه‌گیری	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: رعایت ایمنی و بهداشت محیط کار، لباس کار 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.

- 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 برنامه 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، نشریه شماره ۲۰، تجدید نظر اول، تهران، ۱۳۷۹.
- ۵- تفسیر آئین نامه بتن ایران، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، تهران، ۱۳۸۰.
- ۶- مشخصات فنی و عمومی کارهای ساختمانی، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، نشریه شماره 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 درباره 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 دبیرخانه 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 ارائه 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 ۲۱۳۳۹۸

ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت	ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت
۱	عباس برزویی	مازندران	۱۶	مرتضی انصاری اردلی	چهارمحال و بختیاری
۲	علیرضا حلیمی	اصفهان	۱۷	محمدباقر قویدل	کرمان
۳	حمید ملکی	آذربایجان شرقی	۱۸	مرتضی دادخواه	خراسان رضوی
۴	سعید فراهی شهری	سیستان و بلوچستان	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 و بلوچستان	۲۲	سیدمهدی ساداتی	قم
۸	آراسته دیانت	کردستان	۲۳	مالک موحدزاده	بوشهر
۹	محمد فائق نژاد	خراسان جنوبی	۲۴	عباس آخوندی	همدان
۱۰	علی همتی	گیلان	۲۵	علیرضا طیبی نژاد	خوزستان
۱۱	محمد اسکندری	شهرستانهای تهران	۲۶	مرتضی شهبواری 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 درباره‌ی مطالب این کتاب از طریق نامه
برنشانی تهران - صندوق پستی ۴۸۷۴ / ۱۵۸۷۵ - گروه درسی مربوط و یا پیام‌نکار tvoccd@roshd.ir ارسال نمایند.

وب‌گاه: tvoccd.oerp.ir

دفترتالیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش