



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۶۷۰

تجدید نظر اول

۱۳۹۴

INSO

670

1st.Revision

2015

تعیین رابطه رطوبت - چگالی  
در مخلوط‌های خاک - سیمان (روش وزنی)  
- روش‌های آزمون

**Determination of Moisture-Density  
Relations of Soil-Cement Mixtures  
(Unit Weight)- Test Methods**

ICS: 93.020

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

## کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« تعیین رابطه رطوبت - چگالی در مخلوط‌های خاک - سیمان (روش وزنی) - روش های آزمون »

### رئیس:

خداپرست، مهدی

(دکترای مهندسی عمران - ژئوتکنیک)

### سمت و/یا نمایندگی

دانشیار و عضو هیات علمی دانشگاه قم

### دبیر:

محمدصادقی، علی

(کارشناس مهندسی عمران)

کارشناس اداره کل استاندارد استان قم

### اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اکبریان، محمد احسان

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

واحد تولیدی سدید بتن

امینی، هاشم

(کارشناس زمین شناسی)

معاون فنی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان قم

تولائی مهدی

(کارشناس ارشد مدیریت اجرایی، کارشناس مهندسی شیمی)

اداره کل استاندارد استان قم

جعفری ایوری، سیدعلی

(کارشناس مهندسی عمران)

کارشناس مسئول برق، مکانیک و ساختمان اداره کل استاندارد گلستان

جعفری، علیرضا

(کارشناس مهندس معدن استخراج)

مدیر فنی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان چهارمحال و بختیاری

خانابایی، حمید

(کارشناس ارشد مهندسی معدن)

مدیرعامل شرکت دقیق سنگ آزما

خلج، فاطمه

(کارشناس ارشد زمین شناسی اقتصادی)

مدرس دانشگاه پیام نور قم

دیرباز، روح الله  
کارشناس مهندسی عمران

عبدیان، محمود رضا  
(کارشناس ارشد مهندسی معدن)

مسؤل آزمایشگاه خاک ومصادح ساختمانی دانشگاه قم

مدیر کنترل کیفیت واحد تولیدی شن و ماسه دشت  
کویر

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ز	پیشگفتار
۱	۱ هدف
۱	۲ دامنه کاربرد
۲	۳ مراجع الزامی
	۴ اصطلاحات و تعاریف ۲
	۵- وسایل ۲
۲	۵-۱ قالب
۳	۵-۲ کوبه
۳	۵-۲-۱ کوبه دستی
۳	۵-۲-۲ کوبه مکانیکی با سطح مدور
۳	۵-۲-۳ کوبه مکانیکی چندبخشی
۴	۵-۳ خارج کننده نمونه
۴	۵-۴ ترازو
۴	۵-۵ گرم خانه
۴	۵-۷ الک ها
۴	۵-۸ وسایل مخلوط کن
۴	۵-۹ ظرف
۵	۵-۱۰ ظرف های اندازه گیری درصد رطوبت
۶	۶ واسنجی
۶	۶-۱ دوره زمانی واسنجی
۶	۶-۲ تجهیزاتی که نیاز به واسنجی دارند
۶	۶-۲-۱ ترازو
۶	۶-۲-۲ قالبها
۶	۶-۲-۳ کوبه دستی
۶	۶-۲-۴ کوبهی مکانیکی
۶	۷ انجام آزمون به روش الف - استفاده از مصالح خاکی رد شده از الک ۴/۷۵ میلی متر

۶	۱-۷ نمونه
۷	۲-۷ روش انجام آزمون
۸	۸ انجام آزمون به روش ب- استفاده از مصالح خاکی رد شده از الک ۱۹ میلی متر
۸	۱-۸ نمونه
۹	۲-۸ روش انجام آزمون
۹	۹ روش محاسبه
	۱۰ روابط چگالی- رطوبت (از نوع وزنی)
	۱۰
	۱۱ گزارش آزمون ۱۱
۱۱	۱۲ دقت و اریبی
۱۱	۱-۱۲ دقت
۱۱	۲-۱۲ اریبی

## پیش‌گفتار

استاندارد « تعیین رابطه رطوبت- چگالی در مخلوط‌های خاک- سیمان (روش وزنی)- روش‌های آزمون» نخستین بار در سال ۱۳۷۰ تدوین شد. این استاندارد بر اساس پیشنهادهای رسیده و بررسی توسط سازمان ملی استاندارد ایران تأیید کمیسیون‌های مربوط برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در پانصد و نود دومین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۴/۰۱/۲۵ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن‌ماه، ۱۳۷۱ به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره: ۶۷۰ سال ۱۳۷۰ است.

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

ASTM D558: 2011, Standard Test Methods for Moisture-Density (Unit Weight) Relations of Soil-Cement Mixtures

# تعیین رابطه رطوبت - چگالی در مخلوط‌های خاک - سیمان (روش وزنی) - روش های آزمون

## ۱ هدف

هدف از تدوین این استاندارد تعیین رابطه بین مقدار رطوبت و چگالی مخلوط خاک - سیمان کوبیده شده قبل از آب‌گیری سیمان، است.

- به این منظور یک قالب ۹۴۴ سانتی‌متر مکعب و یک کوبه با جرم ۲/۴۹ کیلوگرم که برای کوبیدن از ارتفاع ۳۰/۵ سانتی‌متری به‌کاربرده می‌شود مورد نیاز است. برای انجام این آزمون که به‌طور مستقیم وابسته به نوع دانه‌بندی خاک است به یکی از دو روش زیر باید عمل شود.

روش الف- این روش در صورتی استفاده می‌شود که ۱۰۰ درصد نمونه خاک از الک ۴/۷۵ میلی‌متر عبور کرده‌باشد. روش ب- این روش برای مصالحی که از الک ۱۹ میلی‌متر عبور کرده‌اند و بخشی از نمونه خاک روی الک شماره ۴ (۴/۷۵ میلی‌متر) باقی‌مانده استفاده می‌شود. این روش را می‌توان برای موادی (مصالح) که ۳۰ درصد یا کمتر آن بر روی الک ۱۹ میلی‌متر باقی‌مانده باشد، استفاده کرد.

هشدار- این استاندارد تمام موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی‌کند، بنابراین وظیفه کاربر این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آن را قبل از استفاده مشخص کند.

## ۲ دامنه کاربرد

- در این استاندارد میزان آب بهینه و حداکثر چگالی (واحد وزن) را متناسب با نمونه‌های قالب‌های خاک - سیمان بر اساس دو روش آزمون استانداردهای بند ۳-۵ و ۳-۶ تعیین می‌کند.

الف- این استاندارد این امکان را می‌دهد که اندازه ذرات نمونه آزمایشی حداکثر تا اندازه ۱۹/۰ میلی‌متر در قالبی به اندازه ۱۰۱/۶ میلی‌متر باشند. درحالی‌که در روش آزمون استاندارد بند ۳-۳ اندازه‌ی ذرات نمونه حداکثر ۹/۵ میلی‌متر در قالبی به همان اندازه است.

ب- این استاندارد اجازه می‌دهد که باقیمانده مواد به‌دست‌آمده از آزمون، مجدداً با بقیه نمونه مخلوط شده و برای اندازه‌گیری‌های بعدی مورد استفاده قرار گیرند ولی در روش آزمون استاندارد بند ۳-۳ این اجازه داده نمی‌شود.

ج- این استاندارد اجازه می‌دهد که مصالح باقی‌مانده روی الک ۱۹ میلی‌متر و عبوری از الک ۷۵ میلی‌متر را جدا کرده و با مصالح عبوری از الک ۱۹ میلی‌متر و باقی‌مانده روی الک ۴/۷۵ میلی‌متر البته با جرم برابر جابه‌جا شوند (روشی غربالگری) ولی در روش آزمون استاندارد بند ۲-۳ امکان این جابه‌جایی و جایگزین وجود ندارد.

یادآوری ۱- از آن‌جاکه این آزمون به‌طور مستقیم طبق استانداردهای بند ۳-۵ و ۳-۶ انجام می‌شوند از جنبه‌های مختلف با روش آزمون بند ۳-۳ متفاوت است. سه تفاوت اصلی بین این استاندارد و روش آزمون بند ۳-۳ وجود دارد.



**یادآوری ۲-** کیفیت نتایج نهایی که با استفاده از این استاندارد به دست می‌آید به قابلیت‌های کارکنان اجرایی، تجهیزات و امکانات به‌کاربرده شده در آن بستگی دارد نتیجه مطلوب و قابل‌اطمینان به عوامل زیادی بستگی دارد که رعایت استاندارد بند ۳-۹ فقط یکی از این عوامل است

### ۳ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن موردنظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها موردنظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۳ استاندارد ملی ایران به شماره ۳۸۹، مشخصات سیمان پورتلند

۲-۳ استاندارد ملی ایران به شماره ۷۸۸۳، خاک - تعیین درصد رطوبت - روش آزمون

۳-۳ استاندارد ملی ایران به شماره ۶۶۸، خاک-مشخصات تراکم آزمایشگاهی خاک با تلاش استاندارد-روش‌های آزمون

**3-4 ASTM C595 Specification for Blended Hydraulic Cements**

**3-5 ASTM D559 Test Methods for Wetting and Drying Compacted Soil-Cement Mixtures**

**3-6 ASTM D560 Test Methods for Freezing and Thawing Compacted Soil-Cement Mixtures**

**3-7 ASTM D653 Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids**

**3-8 ASTM D2168 Practices for Calibration of Laboratory Mechanical- Rammer Soil Compactors**

**3-9 ASTM D3740 Practice for Minimum Requirements for Agencies Engaged in Testing and/or Inspection of Soil and Rock as Used in Engineering Design and Construction**

**3-10 ASTM D4753 Guide for Evaluating, Selecting, and Specifying Balances and Standard Masses for Use in Soil, Rock, and Construction Materials Testing**

**3-11 ASTM D6026 Practice for Using Significant Digits in Geotechnical Data**

**3-12 ASTM E11 Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves**

**3-13 ASTM E145 Specification for Gravity-Convection and Forced- Ventilation Ovens**

### ۴ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف طبق استاندارد بند ۳-۷ بکار می‌رود.

### ۵- وسایل

### ۵-۱ قالب

یک استوانه فلزی با حجم  $(944 \pm 11)$  سانتی متر مکعب و قطر داخلی  $(101.60 \pm 0.41)$  میلی متر و مطابق شکل ۱ که مخلوط خاک-سیمان فشرده سریع تر به اندازه‌ی مورد نظر و مطلوب درآیند.

قالب باید دارای سرقالب الحاقی جداشدنی به ارتفاع تقریبی  $63.5$  میلی متر باشد که قسمت دهانه‌ی قالب کمی باریک تر از بدنه باشد (مطابق شکل ۱) قالب ممکن است از نوع شکافدار دارای دونیم استوانه باشد و نیز ممکن است از یک قطعه لوله شکافدار درست شود که شکاف آن به موازات محور استوانه روی جدار لوله باشد و با یک بست یک استوانه با ابعادی که در بالا ذکر شده ایجاد کند. قالب و سرقالب الحاقی آن باید چنان ساخته شود که بتوان آن را روی پایه ثابتی نصب کرد.

#### ۵-۲ کوبه

کوبه یا چکش می تواند از نوع دستی که در قسمت ۵-۲-۱ به توضیح آن پرداخته می شود و یا از نوع مکانیکی که در قسمت ۵-۲-۲ شرح داده می شود، باشد.

کوبه باید آزادانه از فاصله  $(304.8 \pm 1)$  میلی متر از سطح نمونه رها شود و جرم آن باید  $(2495 \pm 0.23)$  کیلوگرم باشد.

البته وزن کوبه‌های مکانیکی (طبق استاندارد بند ۲-۸) قابل تنظیم است. شکل ظاهری کوبه به جز مواردی که در بخش ۵-۲-۲ به آن اشاره می شود به صورت مسطح و استوانه‌ای است و قطر آن  $(50.80 \pm 0.13)$  میلی متر می باشد.

در صورت ساییده شدن و یا پهن شدن سطح کوبه که منجر به افزایش قطر آن تا اندازه  $(50.80 \pm 0.25)$  میلی متر شود آن را با کوبه‌ی دیگری جایگزین کنید.

#### ۵-۲-۱ کوبه دستی

این کوبه باید دارای غلاف راهنما باشد و فاصله بین غلاف و کوبه به گونه‌ای باشد که در هنگام سقوط آزاد محدودیتی ایجاد نکند. این غلاف راهنما حداقل دارای چهار سوراخ دریچه در هر انتها (به طور کلی هشت سوراخ) است که این سوراخ‌ها به فاصله مرکز تا مرکز  $(19.0 \pm 2)$  میلی متر) و با زاویه  $90$  درجه‌ای نسبت به یکدیگر قرار دارند. حداقل قطر هر سوراخ باید  $9.5$  میلی متر باشد. حفره‌های اضافی نیز ممکن است در این غلاف راهنما گنجانده شوند.

#### ۵-۲-۲ کوبه مکانیکی با سطح مدور

شکل ظاهری این کوبه‌ها باید به گونه‌ای باشد که سطح نمونه را به صورت کامل و یکنواخت پوشش دهد. اندازه فاصله بین کوبه و سطح داخلی قالب باید حداقل  $(2.5 \pm 0.8)$  میلی متر باشد. کوبه‌های مکانیکی باید الزامات استاندارد/واسنجی را طبق استاندارد بند ۳-۸ رعایت کنند.

#### ۵-۲-۳ کوبه مکانیکی چندبخشی

این کوبه در یک قالب با اندازه‌ی ۱۵۲/۴ میلی‌متر در همان محل کوبه مکانیکی با سطح مدور مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر در آزمون از کوبه چندبخشی استفاده شود باید در گزارش آزمون ذکر شود. شکل ظاهری هر بخش از این کوبه‌ها به صورت یک‌قسمتی از یک دایره و با شعاع  $(۷۳/۷ \pm ۰/۵)$  میلی‌متر است و به‌گونه‌ای باید مورد استفاده قرار گیرد که مرکز هر بخش از کوبه در مرکز سرقالب الحاقی قرار گیرد.

**یادآوری** - کوبه‌ی چندبخشی نباید جهت آزمایش تراکم نمونه طبق استانداردهای بند ۳-۵ و ۳-۶ مورد استفاده قرار گیرد مگر اینکه موضوع آزمون، نشان دادن میزان استحکام خاک در برابر تر و خشک کردن و ذوب و انجماد باشد، که در این مورد کاربرد هر دو نوع مدور و چندبخشی یکسان است.

#### ۳-۵ خارج کننده نمونه

یک جک، اهرم قالب یا یک وسیله مناسب دیگر متناسب با الزامات این استاندارد، برای خارج کردن نمونه فشرده شده از قالب. البته اگر از قالب‌های (جداشدنی) دوبخشی استفاده شود می‌توان نمونه را به راحتی از آن خارج کرد و به جک نیازی نیست.

#### ۴-۵ ترازو

به جز مواردی که برای اندازه‌گیری درصد رطوبت از یک ترازو با زینه‌بندی ۰/۱ گرم استفاده می‌کنید در دیگر موارد از یک ترازو با زینه‌بندی ۱ گرم مطابق با الزامات استاندارد بند ۳-۱۰ استفاده کنید.

#### ۵-۵ گرم‌خانه

یک گرم‌خانه برای خشک کردن نمونه‌ها که قادر به حفظ دمای  $(۱۱۰ \pm ۵)$  درجه سلسیوس باشد و قابلیت پخش یکنواخت گرما در محفظه داخلی خود را داشته باشد.

#### ۶-۵ کاردک صاف کننده

یک کاردک فلزی با طول مناسب که البته از ۲۵۴ میلی‌متر کمتر نباشد و کل طول آن باید به وسیله ماشین‌کاری با رواداری  $\pm ۰/۱$  میلی‌متر مستقیم شده باشد. چنانچه لبه تیغه آن ضخیم‌تر از ۳ میلی‌متر باشد باید به صورت اریب شود.

#### ۷-۵ الک‌ها

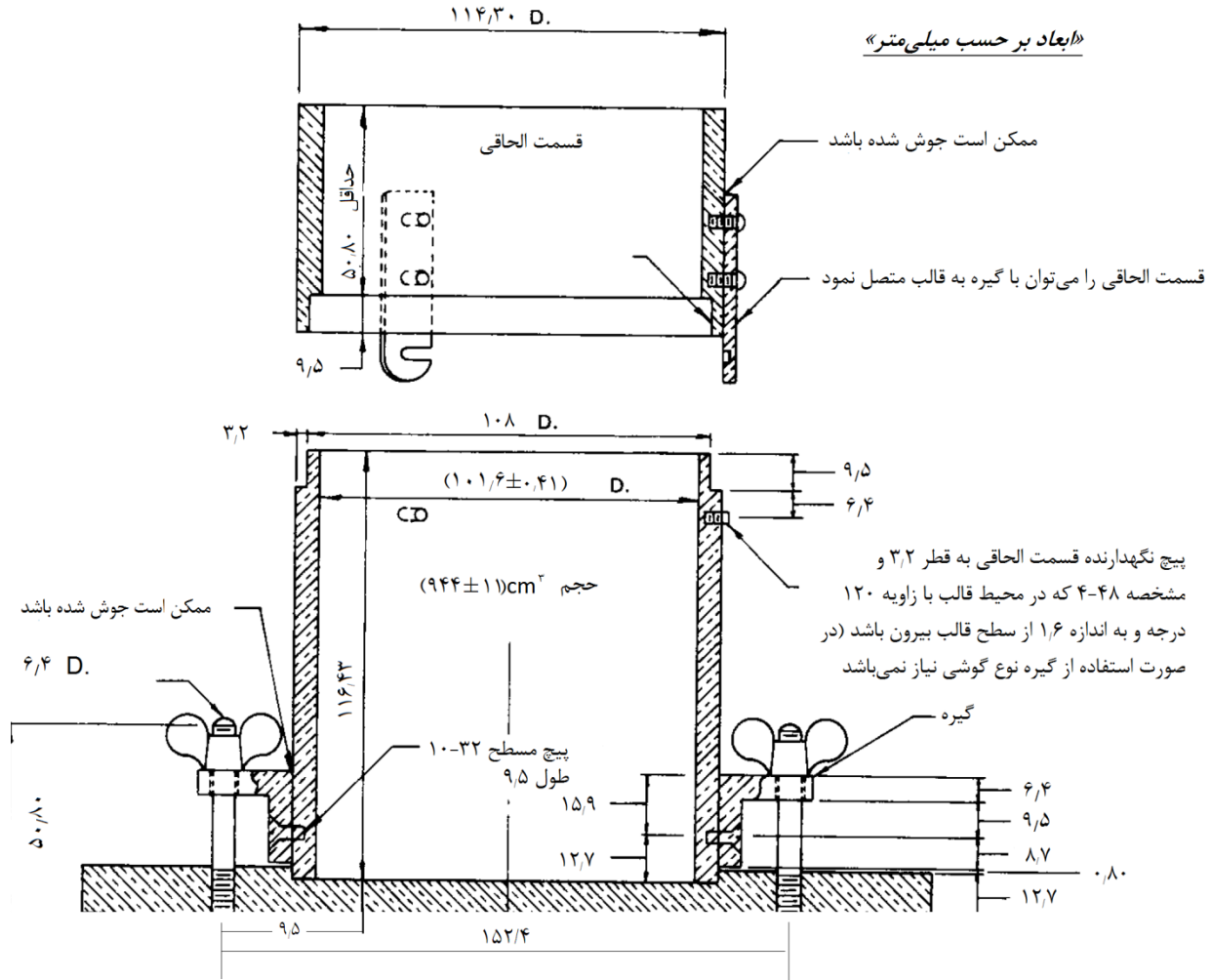
الک‌هایی با چشمه‌های ۴/۷۵ میلی‌متر و ۱۹ میلی‌متر و ۷۵ میلی‌متر که منطبق با مشخصات استاندارد بند ۳-۱۲ باشند.

#### ۸-۵ وسایل مخلوط‌کن

ابزارهای گوناگون مانند هم‌زن، بیلچه، ماله و کاردک و یا یک وسیله مکانیکی مناسب برای هم زدن کامل نمونه خاک و سیمان با افزودن مقداری آب.

#### ۹-۵ ظرف

یک ظرف تاوه‌ای گرد و پهن برای جذب رطوبت مخلوط خاک-سیمان با قطر حدود ۳۰.۵ میلی‌متر و عمق حدود ۵۰ میلی‌متر.



**شکل ۱ - قالب استوانه‌ای**

یادآوری ۱- رواداری ارتفاع بر اساس حجم مجاز و رواداری قطر تعیین می‌گردد.

یادآوری ۲- روش نشان داده شده برای اتصال تجهیزات الحاقی به قالب و اتصال قالب به بدنه، روش‌های توصیه‌ای می‌باشند. روش‌های دیگر به شرط آنکه استحکام اتصالات با آنچه در شکل نشان داده شده برابر باشد نیز قابل پذیرش می‌باشند.

### ۵-۱۰ ظرف اندازه‌گیری درصد رطوبت

ظرف‌های اندازه‌گیری درصد رطوبت، باید تمیز و مقاوم در مقابل زنگ زدگی باشد. همچنین در برابر تغییر شکل ناشی از تکرار عمل گرم، سرما و قرار گرفتن در معرض موادی با pH متفاوت مقاوم باشند. ظرف‌ها برای نمونه‌هایی که جرمی حدود ۲۰۰ گرم دارند باید درپوش مناسب داشته باشند اما برای نمونه‌های با جرم بیشتر از ۲۰۰

گرم، ظرف‌هایی بدون درپوش نیز می‌تواند استفاده شود. برای تعیین مقدار رطوبت و آب هر نمونه یک ظرف موردنیاز است.

#### ۱۱-۵ چاقوی برش

یک چاقو با طول حدود ۲۵۰ میلی‌متر برای برش دادن بالای نمونه‌ها.

#### ۶ واسنجی<sup>۱</sup>

##### ۱-۶ دوره زمانی واسنجی

واسنجی قبل از استفاده اولیه، بعد از تعمیر و یا اتفاقاتی که ممکن است بر نتایج آزمون‌ها تأثیر داشته باشد، در فواصل حداکثر ۱۰۰۰ آزمایش یا سالی یک‌بار، هرکدام زودتر رخ دهد انجام گردد.

##### ۲-۶ تجهیزاتاتی که نیاز به واسنجی دارند.

برای تجهیزات زیر واسنجی را به این شرح انجام دهید.

##### ۱-۲-۶ ترازو

بر اساس الزامات استاندارد بند ۳-۹ ارزیابی گردد.

##### ۲-۲-۶ قالب‌ها

حجم را به همان صورت که در پیوست یک استاندارد بند ۳-۳ توضیح داده شده است، تعیین کنید.

##### ۳-۲-۶ کوبه دستی

فاصله‌ی سقوط آزاد، جرم کوبه و نیرویی کوبه را مطابق با توضیحات بند ۳-۶ و مشخصات غلاف آن را مطابق با توضیحات بند ۵-۲-۱ کنترل و بررسی کنید.

##### ۴-۲-۶ کوبه‌ی مکانیکی

مشخصات کوبه‌ی مکانیکی را مطابق الزامات استاندارد بند ۳-۸ تنظیم و واسنجی کنید.

#### ۷ انجام آزمون به روش الف - استفاده از مصالح خاکی رد شده از الک ۴/۷۵ میلی‌متر

##### ۱-۷ نمونه

۱-۱-۷ نمونه موردنظر برای آزمون را از طریق تفکیک دانه‌های خاک عبوری از الک ۴/۷۵ میلی‌متر آماده نمایید. دقت کنید که دانه‌های خاک خرد و شکسته نشوند. در صورت لزوم نمونه را خشک کنید تا به آسانی دانه‌ها از هم

جدا شوند. خشک کردن را می‌توان در گرم‌خانه انجام داد مشروط به آنکه گرمای نمونه از ۶۰ درجه سلسیوس بیش‌تر نشود.

۲-۱-۷ نمونه خاک باید دارای وزن تقریبی ۲٫۷ کیلوگرم یا بیشتر باشد و بر اساس توضیحات بند ۱-۱-۷ تفکیک و آماده شود.

## ۲-۷ روش انجام آزمون

۱-۲-۷ به‌اندازه کافی سیمان مطابق با الزامات استاندارد ملی ایران ۳۸۹ را به خاک اضافه کنید. خاک و سیمان را به‌طور کامل مخلوط کنید تا رنگی یکنواخت به خود بگیرد.

۲-۲-۷ در صورت نیاز، مقداری آب آشامیدنی به مخلوط خاک و سیمان بیفزایید تا رطوبت آن حدود (۴ الی ۶) درصد کمتر از درصد رطوبت بهینه شود و سپس آن را کاملاً مخلوط کنید. در خاک‌های خمیری، مخلوطی که با این رطوبت در کف دست خوب فشرده شود، باید باکمی فشار دادن در بین انگشتان و شست خرد شود. خاک‌های غیرپلاستیک در این رطوبت به میزان چشمگیری حجیم می‌شوند.

۳-۲-۷ اگر خاک از نوع مصالح رسی باشد، مخلوط خاک-سیمان و آب را در ظرفی با عمق حدود ۵۰ میلی‌متر با استفاده از کوبه‌ای که مشخصات آن در بند ۵-۲ تشریح شده بکوبید و روی نمونه را بپوشانید. به مدت حداقل ۵ و حداکثر ۱۰ دقیقه صبر کنید تا رطوبت به خوبی پراکنده و پخش شود و کار جذب رطوبت توسط مخلوط خاک و سیمان کامل گردد.

۴-۲-۷ پس از خاتمه دوره جذب، از طریق خرد کردن، مخلوط دانه‌های خاک را از یکدیگر جدا کنید بدون آن‌که اندازه طبیعی دانه‌ها در اثر شکستگی یا خردشدگی کاهش یابد و قابلیت عبور از الک ۴/۷۵ میلی‌متر را داشته باشد و سپس مخلوط حاصله را به هم بزنید.

۵-۲-۷ نمونه مخلوط خاک و سیمان آماده‌شده را در شرایطی که سرقالب الحاقی به قالب متصل است در سه لایه مساوی در قالب بریزید. به‌گونه‌ای که ضخامت کل لایه‌های کوبیده شده به حدود ۱۳۰ میلی‌متر برسد. هر لایه را با ۲۵ ضربه کوبه که از ارتفاع ۳۰۵ میلی‌متر رهامی‌شود فشرده کنید.

ضربات باید به‌طور یکنواخت بر سطح لایه‌ای که در حال فشرده شدن است اعمال شود. در طول کوبش قالب باید روی یک‌پایه‌ی بتنی صاف و محکم به شکل یک استوانه یا مکعب با جرم بزرگ‌تر یا مساوی ۹۱ کیلوگرم قرارگیرد.

۶-۲-۷ سرقالب الحاقی را بعد از اتمام کوبیدن جداکرده و به‌دقت بالای مخلوط فشرده‌شده را با وسایلی مانند کاردک و یا چاقو برش داده و هموارکنید. سپس وزن مخلوط و قالب را با ۴ رقم اعشار تعیین و ثبت کنید.

۷-۲-۷ مخلوط کوبیده شده را از قالب بیرون آورید و از وسط به‌صورت عمودی برش دهید. نمونه‌ای با وزن بیش‌تر یا مساوی ۱۰۰ گرم که نماینده مخلوط است را بردارید. بلافاصله، جرم نمونه مرطوب و ظرف آن را با ۴ رقم

اعشار تعیین کرده و ثبت کنید. سپس آن را در گرم‌خانه با دمای  $(110 \pm 5)$  سلسیوس حداقل به مدت ۱۲ ساعت یا رسیدن به وزن ثابت خشک کنید و پس از آن جرم خاک خشک شده و ظرف را با ۴ رقم اعشار تعیین کنید.

۷-۲-۸ پس از برداشتن نمونه رطوبت، باقی مانده‌ی مخلوط را خرد کنید به گونه‌ای که از الک ۴/۷۵ میلی‌متر عبور کند سپس تمام مواد باقی مانده از نمونه مورد استفاده قبل از تراکم را به آن اضافه کنید.

۷-۲-۹ سپس به مقدار کافی آب اضافه کنید تا رطوبت مخلوط خاک و سیمان به میزان یک تا دو درصد افزایش یابد و مراحل شرح داده شده در بندهای ۷-۲-۵ تا ۷-۲-۸ را برای هر افزایش آب تکرار کنید.

۷-۲-۱۰ این روند را تا جایی که هیچ‌گونه کاهش یا تغییری در جرم مخلوط مرطوب و قالب رخ ندهد، ادامه دهید.

**یادآوری ۱-** این روند در اکثر موارد قابل قبول است. باین حال در مواردی که دانه‌های خاک ترد و شکننده هستند و به دلیل تکرار کوبش، دانه‌ها به‌طور قابل توجهی خرد شده و اندازه آن‌ها کاهش می‌یابد باید برای هر تعیین رطوبت و چگالی یک نمونه جدید مورد استفاده قرار گیرد.

**یادآوری ۲-** برای به حداقل رساندن اثر هیدراتاسیون سیمان، آزمون را به سرعت و به‌طور پیوسته انجام دهید تا کامل شود.

## ۸ انجام آزمون به روش ب- استفاده از مصالح خاکی رد شده از الک ۱۹ میلی‌متر

### ۸-۱ نمونه

۸-۱-۱ نمونه مورد نظر برای آزمون را از طریق تفکیک و جداسازی دانه‌های خاک مانده بر روی الک ۴/۷۵ میلی‌متر و همچنین دانه‌های عبوری از الک ۴/۷۵ میلی‌متر آماده‌نمایید. دقت کنید که دانه‌های خاک خرد و شکسته نشوند. در صورت لزوم نمونه را خشک کنید تا دانه‌ها به آسانی از هم جدا شوند. خشک کردن را می‌توان در گرم‌خانه انجام داد البته مشروط به آن که دمای گرم‌خانه از ۶۰ درجه سلسیوس بیش‌تر نشود.

۸-۱-۲ خاک آماده شده را با الک‌های ۷۵ میلی‌متر و ۱۹ میلی‌متر و ۴/۷۵ میلی‌متر الک کنید. مصالح مانده روی الک ۷۵ میلی‌متر را خارج کرده و کنار بگذارید. درصد وزنی مواد خشک شده مانده روی الک ۱۹ میلی‌متر و ۴/۷۵ میلی‌متر را تعیین کنید.

۸-۱-۳ مصالح عبوری از الک ۱۹ میلی‌متر و مانده روی الک ۴/۷۵ میلی‌متر را ابتدا در آب آشامیدنی خیس کرده و سپس به‌منظور استفاده در آزمون‌های بعدی سطح آن‌ها را خشک کنید.

**یادآوری ۶-** بیش‌تر ترکیبات خاک و سیمان مربوط به خاک‌هایی با حداکثر اندازه ۷۵ میلی‌متر و یا کمتر است.

۸-۱-۴ دو نمونه که یکی نماینده مصالح عبوری از الک ۴/۷۵ میلی‌متر و دیگری نماینده مصالح مانده روی الک ۴/۷۵ میلی‌متر و عبوری از الک ۱۹ میلی‌متر که ابتدا در آب اشباع شده و سپس سطح آن‌ها خشک شده است انتخاب کرده و جداگانه نگاه‌دارید به گونه‌ای که وزن تقریبی دو نمونه روی هم ۵ کیلوگرم یا بیشتر باشد. البته

درصد دانه‌های عبوری از الک ۱۹ میلی‌متر و مانده روی الک ۴٫۷۵ میلی‌متر باید با درصد دانه‌های عبوری از الک ۷۵ میلی‌متر و مانده روی الک ۴٫۷۵ میلی‌متر در نمونه اصلی برابر باشد.

#### ۸-۲ روش انجام آزمون

۸-۲-۱ به بخشی از نمونه رد شده از الک ۴٫۷۵ میلی‌متر مقداری سیمان مطابق با استاندارد ویژگی‌های سیمان پرتلند طبق استاندارد بند ۳-۱ اضافه کنید. سیمان و خاک را به‌طور کامل مخلوط کرده تا به رنگ یکنواخت برسد.

۸-۲-۲ به مقدار نیاز به مخلوط خاک و سیمان آب اضافه کنید تا پخش رطوبت همان‌طور که در روش الف در بندهای ۷-۲-۲ تا ۷-۲-۴ ذکر شد، انجام شود. در ادامه دانه‌های اشباع با سطح خشک را به مخلوط خاک و سیمان قبلی اضافه کرده و کاملاً مخلوط کنید.

۸-۲-۳ نمونه‌ای را با کوبیدن مخلوط خاک و سیمان در قالب، در شرایطی که سرفالب الحاقی به قالب متصل است، را همان‌طور که در روش الف در بندهای ۷-۲-۵ و ۷-۲-۶ توضیح داده شد آماده کنید و سطح نمونه‌ی فشرده شده را با کاردک هموار کنید و تمام ذرات اضافی بالای قالب را بردارید. سپس جرم مخلوط خاک و سیمان و قالب را با ۴ رقم اعشار تعیین و ثبت کنید.

۸-۲-۴ مصالح را از درون قالب بیرون آورید و نمونه‌ای برای تعیین میزان رطوبت طبق روش الف در بند ۷-۲-۷ بردارید به‌گونه‌ای که جرم این نمونه‌ی مرطوب از ۵۰۰ گرم کمتر نباشد. نتیجه را به‌عنوان درصد رطوبت مخلوط خاک سیمان کوبیده ثبت کنید.

۸-۲-۵ پس از برداشتن نمونه، باقی‌مانده‌ی مخلوط را خرد کنید به‌گونه‌ای که از الک ۱۹ میلی‌متر عبور کند و حداقل ۹۰ درصد دانه‌های خاک (به‌صورت چشمی) کوچک‌تر از ۴٫۷۵ میلی‌متر باشد و سپس تمام مواد باقی‌مانده از نمونه مورد استفاده برای اندازه‌گیری رطوبت را به آن اضافه کنید.

۸-۲-۶ سپس به مقدار کافی آب اضافه کنید تا رطوبت مخلوط خاک و سیمان به میزان یک تا دو درصد افزایش یابد و مراحل شرح داده شده در بخش‌های ۸-۲-۳ تا ۸-۲-۵ را برای هر افزایش آب تکرار کنید. این روند را تا جایی که هیچ‌گونه کاهش یا تغییری در جرم مخلوط مرطوب و قالب رخ ندهد، ادامه دهید. (یادآوری‌های ۱ و ۲ بند ۷ را ببینید)

#### ۹ روش محاسبه

۹-۱ حجم قالب مورد استفاده برای متراکم کردن مخلوط خاک و سیمان استفاده شده طبق استاندارد بند ۳-۳ محاسبه کنید.

۹-۲ مقدار آب مخلوط خاک و سیمان را برای هر آزمون طبق روش آزمون استاندارد بند ۳-۲ با دقت ۰٫۱ درصد حساب کنید.



۳-۹ چگالی مرطوب (طبق رابطه ۱)، چگالی خشک (طبق رابطه ۲) و سپس وزن مخصوص خشک<sup>۱</sup> (طبق رابطه ۳) را برای هر آزمون به روش زیر حساب کنید.

$$\rho_m = \frac{(M_m - M_{md})}{V} \quad (1)$$

که در آن:

$\rho_m$  چگالی مرطوب نمونه متراکم شده مخلوط خاک و سیمان، بر حسب؛ ( $\text{kg/m}^3$ )

$M_m$  جرم نمونه مرطوب و قالب، بر حسب؛ (kg)

$M_{md}$  جرم قالب تراکم، بر حسب؛ (kg)

$V$  حجم قالب ( $\text{m}^3$ ) (طبق روش آزمون استاندارد بند ۳-۳)

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{\left(1 + \frac{w}{100}\right)} \quad (2)$$

که در آن:

$\rho_d$  چگالی خشک نمونه متراکم شده مخلوط خاک و سیمان، بر حسب؛ ( $\text{kg/m}^3$ )

$\rho_m$  چگالی مرطوب نمونه متراکم شده مخلوط خاک و سیمان، بر حسب؛ ( $\text{kg/m}^3$ )

$W$  مقدار آب (بر حسب درصد)

$$\gamma_d = \rho_d g \quad (3)$$

که در آن:

$g$  شتاب جاذبه، بر حسب؛ ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )

$\gamma_d$  وزن مخصوص خشک نمونه متراکم شده مخلوط خاک و سیمان،

## ۱۰ روابط چگالی - رطوبت (از نوع وزنی)

۱-۱۰ مقادیر درصد رطوبت و وزن مخصوص خشک محاسبه شده در بند ۹ را برای هر یک از نمونه‌های متراکم شده مخلوط خاک و سیمان محاسبه کرده و سپس نمودار آن را رسم نمایید. محور افقی مقادیر وزن مخصوص خشک و محور عمودی درصد رطوبت انتخاب شده و بر اساس نقاط یک منحنی ملایم<sup>۲</sup> رسم کنید.

1 - Dry unit weight

2- Smooth curve

**یادآوری** - تجربه نشان داده است که استفاده از مقیاس‌های مناسب در هنگام رسم یک منحنی بسیار مهم است. به عنوان مثال در محور افقی یک واحد طول معین (مثل یک سانتی‌متر) را معادل ۰/۱ گرم بر سانتی‌مترمکعب و همان واحد معین طول را در محور عمودی معادل ۲ درصد رطوبت مقیاس انتخاب کنید.

۱۰-۲ درصد رطوبت بهینه ( $w_0$ )، با توجه به منحنی رسم شده در بند ۱۰-۱، درصد رطوبت بهینه مخلوط خاک و سیمان ( $w_0$ )، درصد رطوبت معادل نقطه بهینه است.

۱۰-۳ وزن مخصوص خشک بیشینه ( $\gamma_{dmax}$ )، وزن مخصوص معادل درصد رطوبت بهینه در نمودار تهیه شده طی فرایندهای توضیح داده شده در فوق می‌باشد.

## ۱۱ گزارش آزمون

گزارش باید شامل موارد زیر باشد:

- ۱-۱۱ ارجاع به این استاندارد ملی ایران
- ۱۱-۲ مشخصات نمونه (مانند، تعداد نمونه، نام پروژه، محل پروژه، عمق و غیره)
- ۱۱-۳ روش‌های مورداستفاده (روش الف یا روش ب)
- ۱۱-۴ درصد رطوبت بهینه، با دقت ۰/۵ درصد
- ۱۱-۵ وزن مخصوص خشک حداکثر، با دقت ۰/۰۱ گرم بر سانتی‌مترمکعب
- ۱۱-۶ نمودار منحنی تراکم که نشان‌دهنده نتایج آزمون‌های تراکم بوده و جهت تعیین درصد رطوبت بهینه و وزن مخصوص خشک حداکثر مورداستفاده قرار می‌گیرد.

## ۱۲ دقت و اریبی

### ۱-۱۲ دقت

با توجه به طبیعت مواد مورد آزمون برای دقت این آزمون داده‌ای وجود ندارد.

### ۲-۱۲ اریبی

هیچ مقدار مرجع قابل‌پذیرشی برای این روش آزمون وجود ندارد. بنابراین اریبی را نمی‌توان تعیین کرد.