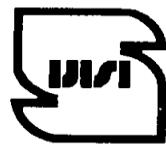




جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران



استاندارد ملی ایران

INSO

19897

1st.Edition

2015

Iranian National Standardization Organization

۱۹۸۹۷

چاپ اول

۱۳۹۳

## تعیین نشانه تورم خاک‌ها-روش آزمون

**Determination of Expansion Index of  
Soils-Test Method**

**ICS:93.020**

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

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

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

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرفکنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیر دولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیتهٔ ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان ملی تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرگانی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) و سایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاه، کالیبراسیون (واسنجی) و سایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبهای و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

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

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

**کمیسیون فنی تدوین استاندارد  
"نشانه تورم خاک‌ها - روش آزمون"**

**سمت و / یا نمایندگی**

دانشگاه شیراز

**رئیس:**

شفیعی، امیر حسین

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

**دبیر:**

کارشناس اداره کل استاندارد استان فارس

معافی، حسن

(کارشناس مهندسی عمران)

**اعضا:** (اسمی به ترتیب حروف الفبا)

آزادی، بهراد

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

دانشگاه شیراز

بهمنی سوریجه، مصطفی

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

دانشگاه شهید باهنر کرمان

پاکنیت، احسان

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

شرکت بتون و بستر آزما

سعادت، سینا

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان فارس

کریمزاده، محمد امین

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

دانشگاه فسا

محبی، محمد مهدی

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

مصلائی، مهرداد  
(کارشناس ارشد شیمی)

کارشناس اداره کل استاندارد فارس

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان	صفحه
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد	
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد	
و	پیش گفتار	
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۲
۲	اصطلاحات و تعاریف	۳
۳	کلیات	۴
۳	وسایل	۵
۵	آماده سازی نمونه	۶
۷	روش انجام آزمون	۷
۸	روش محاسبه	۸
۸	گزارش آزمون	۹

## پیش گفتار

استاندارد «تعیین نشانه تورم خاک‌ها-روش آزمون» که پیش نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده است و در پانصد و هفتاد و نهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۹۳/۱۲/۱۲ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

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

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

ASTM D4829: 2011, Standard Test Method for Expansion Index of Soils

## تعیین نشانه تورم خاک‌ها-روش آزمون

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین قابلیت تورم خاک‌ها در اثر غرقاب شدن در آب مقطر است. این استاندارد روشی ساده و در عین حال حساس به منظور ارزیابی قابلیت تورم خاک‌ها برای کاربردهای مهندسی با استفاده از یک نشانه ارائه می‌دهد. تمامی مقادیر مشاهده شده و محاسبه شده باید با دستورالعمل‌های مربوط به ارقام و گرد کردن مندرج در استاندارد ASTM D6026 هم‌خوانی داشته باشد.

۱- نشانه تورم (EI) نشان دهنده قابلیت تورم خاک است.

۲- در آزمون نشانه تورم قصد بر این نیست که تمامی شرایط خاص کارگاهی همچون چگالی خاک، درصد رطوبت، بارگذاری، ساختار خاک در محل یا شیمی خاک و آب کاملاً شبیه‌سازی شود. با این وجود، شرایط آزمون سازگار در تهیه نمونه‌های متراکم به گونه‌ای در نظر گرفته می‌شود که بتوان ارتباط مستقیمی بین داده‌ها برقرار کرد.

یادآوری ۱- در جدول ۱ طبقه‌بندی کیفی قابلیت تورم خاک بر پایه نشانه تورم ارائه شده است.

یادآوری ۲- دقت این روش آزمون به صلاحیت آزمون‌گران آن و کیفیت تجهیزات مورد استفاده بستگی دارد. آزمایشگاه‌هایی که ضوابط استاندارد ASTM D3740 را داشته باشند، دارای صلاحیت انجام آزمایش محسوب می‌شوند.

۱- ۳- اندازه‌گیری میزان تورم یا رمبندگی<sup>۱</sup> یک بعدی ناشی از رطوبت تحت فشارهای قائم (محوری) مختلف و میزان فشار تورمی و مقدار تورم آزاد و همچنین کمی‌سازی فشردگی ناشی از تنفس به دنبال تورم یا رمبندگی یک بعدی ناشی از رطوبت در استاندارد ملی شماره ۶۹۳۱ شرح داده شده‌اند.

جدول ۱- طبقه‌بندی قابلیت تورم خاک‌ها توسط نشانه تورم

قابلیت تورم (EI) نشانه تورم (EI)	قابلیت تورم
۰ - ۲۰	خیلی کم
۲۱ - ۵۰	کم
۵۱ - ۹۰	متوسط
۹۱ - ۱۳۰	زیاد
> ۱۳۰	خیلی زیاد

## ۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است.  
بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۶۶۸، خاک-مشخصات تراکم آزمایشگاهی خاک با تلاش استاندارد-روش‌های آزمون

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۶۹۳۱، خاک - تعیین پتانسیل تورم یا نشست یک بعدی خاکهای چسبنده - روش‌های آزمون

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۶۹۳۲، خاک-تعیین خصوصیات تحکیم یک بعدی خاکها-روش‌های آزمون

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

**2-5 ASTM D653, Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids**

**2-6 ASTM D854, Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by WaterPycnometer**

**2-7 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**

**2-8 ASTM D3877, Test Methods for One-Dimensional Expansion, Shrinkage, and Uplift Pressure of Soil-Lime Mixtures**

**2-9 ASTM D4753, Guide for Evaluating, Selecting, and Specifying Balances and Standard Masses for Use in Soil, Rock, and Construction Materials Testing**

**2-10 ASTM D6026, Practice for Using Significant Digits in Geotechnical Data**

**2-11 ASTM E11, Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves**

**2-12 ASTM E145, Specification for Gravity-Convection and Forced-Ventilation Ovens**

## ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد ASTM D653، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌روند:

**خراسیدگی<sup>۱</sup>**

خراسیدن سطح یک لایه متراکم برای برقراری پیوستگی با لایه بعدی به منظور جلوگیری از احتمال رخداد جداشیدگی بین لایه‌های متراکم

۲-۳

**(EI) نشانه تورم**

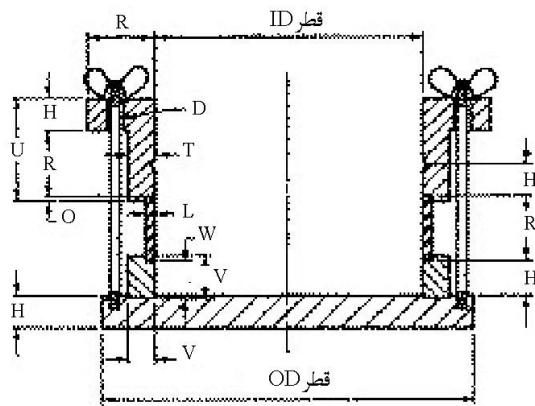
۱۰۰۰ برابر تفاوت ارتفاع نهایی و اولیه نمونه تقسیم بر ارتفاع اولیه

**۴ کلیات**

یک نمونه خاک، در حلقه‌ای فلزی در درجه اشیاع  $(50 \pm 2)\%$  متراکم می‌شود. سپس نمونه و حلقه در دستگاه تحکیم جاسازی می‌شوند. یک فشار محصورکننده قائم به اندازه  $6.9 \text{ kPa}$  به نمونه اعمال و پس از آن، نمونه در آب مقطر غرقاب می‌شود. تغییر شکل نمونه بعد از  $24\text{h}$  یا تا زمانی که نرخ تغییر شکل کمتر از  $0.005 \text{ mm/h}$  شود، هر کدام که زودتر رخ دهد، ثبت می‌شود. حداقل زمان ثبت  $3\text{h}$  لازم است.

**۵ وسائل****۱-۵ قالب**

قالب باید استوانه‌ای شکل، فلزی و دارای ظرفیت و ابعاد نشان داده شده در شکل ۱ باشد. قالب باید دارای حلقه‌ای جداشدنی باشد که نشان  $50.8 \text{ mm}$  از روی کف بر روی آن حک شده باشد. قسمت زیرین قالب به گونه‌ای طراحی شده است که حلقه فولادی ضدزنگ برداشتنی به ارتفاع  $25.4 \text{ mm}$ ، قطر داخلی  $101.9 \text{ mm}$ ، و حداقل ضخامت دیوار  $3/10 \text{ mm}$  را نگهدارد.



حرف	اندازه (mm)	روادری (mm)
ID	101/9	± 0/1
OD	152/4	± 0/2
H	12/7	± 0/2
(سوراخ) D	5/5	± 0/2
U	41/3	± 0/2
T	9/5	± 0/2
O	3/2	± 0/1
R	25/4	± 0/2
W	14/3	± 0/1
V	17/5	± 0/2
L	3/0.5	± 0/0

شکل ۱- قالب به همراه حلقه تراکم نمونه برای آزمون نشانه تورم

## ۲-۵ کوبه

از کوبه‌ای فلزی با رویه دایروی به قطر ۵۰,۸mm و جرم ۲,۵kg باید استفاده شود. کوبه باید به گونه‌ای تنظیم شود که بتواند ارتفاع سقوط آزاد به میزان  $30\pm 1,3$ mm را بر روی خاک به منظور تراکم آن کنترل نماید. برای مشاهده سایر ویژگی‌های یک کوبه مناسب به استاندارد ملی شماره ۶۶۸ مراجعه نمایید.

## ۳-۵ ترازو

یک ترازو به ظرفیت حداقل ۱۰۰۰ g منطبق بر الزامات رده GP2 استاندارد ASTM D4753

## ۴-۵ گرمخانه خشک کن

یک گرمخانه خشک کن با تنظیم ترموموستاتیک (مطابق ویژگی‌های استاندارد ASTM E145) که توانایی تامین حرارت  $110\pm 5$ °C را برای خشک کردن نمونه‌های آماده شده به منظور تعیین درصد رطوبت، داشته باشد.

## ۵-۵ کاردک

کاردک فولادی به طول حداقل ۱۵۰ mm و دارای یک لبه پخ

## ۶-۵ الکها

یک الک نمره ۴ (۴,۷۵mm) منطبق بر الزامات استاندارد ASTM E11

## ۷-۵ ابزار مخلوط کن

از ابزار گوناگون از جمله کفه مخلوط کن، قاشق، ماله، قاشقک و یا یک دستگاه مکانیکی مناسب و مانند آن برای مخلوط کردن کامل خاک با آب می‌توان استفاده کرد.

## ۸-۵ ابزار بارگذاری

یک دستگاه تحکیم یا ابزار بارگذاری معادل آن، مطابق آنچه در استاندارد ملی شماره ۶۹۳۲ برای نگهداری و غرقاب کردن نمونه، اعمال بار قائم و اندازه‌گیری تغییر ارتفاع نمونه شرح داده شده است. حلقه دستگاه تحکیم باید منطبق بر ویژگی شرح داده در بند ۱-۵ باشد.

## ۹-۵ دیسک‌های متخلخل

دیسک‌ها باید صاف و دارای حفرات به اندازه کافی ریز باشد تا نفوذ خاک به داخل دیسک‌ها به حداقل برسد. دیسک باید تغییرشکل‌های کاذب ناشی از قرارگیری نمونه روی سطح دیسک را کاهش دهد. این تغییرشکل‌ها محسوس می‌باشند، بخصوص زمانی که میزان تغییرشکل‌ها و تنش‌های قائم وارد کوچک باشد.

یادآوری - اندازه حفره مناسب برای دیسک‌های متخلخل  $10\text{ }\mu\text{m}$  می‌باشد.

۹-۵-۱ دیسک‌های متخلخل باید با هوا خشک شده باشند.

۹-۵-۲ دیسک‌های متخلخل باید با حلقه دستگاه تحکیم به خوبی چفت شوند تا از جا در نروند یا باعث سوراخ-شدگی خاک نشوند. ابعاد مناسب دیسک‌ها ارتفاع mm ( $12,7 \pm 0,13$ ) و قطر mm ( $10,15 \pm 0,13$ ) یا منطبق بر مقررات بند ۳-۶ از استاندارد ملی شماره ۶۹۳۲ باشد.

## ۶ آماده‌سازی نمونه

### ۱-۶ آماده‌سازی برای الک‌کردن

چنانچه نمونه خاک به هنگام ورود از محل مرطوب باشد، آن را تا حدی خشک کنید که در برابر ماله کاملاً ترد و شکننده باشد. خشک‌سازی در معرض هوا یا با آون در دمای کمتر از  $60^{\circ}\text{C}$  مجاز می‌باشد. کلوخه‌های خاک را به گونه‌ای که اندازه طبیعی دانه‌های خاک حفظ شود، کاملاً خرد کنید.

**یادآوری**- چنانچه دانه‌های بزرگتر از ۶/۳۵mm قابلیت تورم را داشته باشند مانند دانه‌های سنگرس، شیل یا سنگ آتشفسانی هوازده، می‌توان آن‌ها را به اندازه‌ای که از الک نمره ۴ (۴/۷۵mm) عبور کنند، خرد نمود مشروط بر اینکه با کاربرد خاک سازگار باشد.

#### ۲-۶ الک کردن

با استفاده از الک نمره ۴ (۴/۷۵mm) مقداری کافی از خاک معرف را الک کنید. درصد باقیمانده از مصالح درشت‌دانه بر روی الک نمره ۴ (۴/۷۵mm) را ثبت کنید و کنار بگذارد.

#### ۳-۶ نمونه

یک نمونه معرف از خاک به جرم تقریبی ۱kg یا بیشتر که مطابق بندهای ۱-۷ و ۲-۷ تهیه شده را انتخاب کنید.

#### ۴-۶ درصد رطوبت

نمونه معرف انتخابی را با مقدار کافی آب مقطر کاملاً مخلوط کنید و به درصد رطوبتی برسانید که درجه اشباع آن در حالت متراکم به  $(50 \pm 2)\%$  برسد. پس از مخلوط کردن، یک نمونه معرف از خاک تهیه شده مطابق بندهای ۱-۷ و ۲-۷ را برای تعیین درصد رطوبت جدا کنید و باقیمانده خاک را در یک محفظه غیر قابل نفوذ توسط هوا به مدت حداقل ۱۶h به منظور حفظ رطوبت، نگه دارید. نمونه مرطوب را بلا فاصله وزن کنید و در یک آون با دمای  $C(110 \pm 5)$  به مدت حداقل ۱۲h و یا تا رسیدن به جرمی ثابت مطابق استاندارد ملی شماره ۷۸۸۳ خشک کنید. نمونه‌ای که برای تعیین درصد رطوبت انتخاب شده است باید دارای حداقل جرم ۱۰۰g مطابق استاندارد ملی شماره ۷۸۸۳ باشد. درصد رطوبت نمونه جداسده باید با حداقل دقت  $1\%$  مطابق استاندارد ملی شماره ۷۸۸۳ تعیین شود.

#### ۵-۶ تراکم نمونه

یک نمونه از خاک حفاظت‌شده را در قالبی به قطر ۱۰/۹mm در دو لایه یکسان و به عمق متراکم شده کل  $50/8mm$  آماده سازید. هر لایه را توسط ۱۵ ضربه توزیع شده از طریق سقوط آزاد کوبه از ارتفاع  $(30.5 \pm 2.5)mm$  متراکم کنید. چنانچه از کوبه غلافدار استفاده می‌شود، ارتفاع از بالای سطح خاک و چنانچه از کوبه ثابت نصب شده استفاده می‌شود، ارتفاع از بالای سطح تقریبی هر لایه متراکم شده نهایی، اندازه‌گیری شود. پیش از افزودن لایه دوم، لایه متراکم شده اول را توسط چاقو یا سایر ابزار مناسب خراش دهید. نمونه را در حین تراکم بر روی شالوده صلب یکنواختی مانند مکعبی بتی با جرمی بیشتر از ۹۰kg مستقر سازید.

#### ۶-۶ برش نمونه

به دنبال تراکم، قسمت‌های بالایی و زیرین قالب را از حلقه داخلی جدا کنید و با دقت با کاردک، زائدات را برش دهید.

## ۷-۶ ارتفاع نمونه

ارتفاع اولیه نمونه  $H_1$  را با دقت  $0.03\text{ mm}$  مطابق بند ۷ استاندارد ASTM D3877 تعیین یا آن را مساوی ارتفاع حلقه نمونه فرض کنید.

## ۸-۶ درجه اشباع

درصد رطوبت را مطابق استاندارد ملی شماره ۷۸۸۳ و وزن واحد خشک<sup>۱</sup> را بر طبق بند ۱۱ استاندارد ملی شماره ۶۶۸ محاسبه کنید. درجه اشباع را با استفاده از رابطه (۱) تعیین کنید. اگر درجه اشباع در محدوده  $(5.0 \pm 2)\%$  درصد نبود نمونه دیگری تهیه کنید. درصد رطوبت نمونه جدید را با توجه به درجه اشباع محاسبه شده به گونه-ای مطابق بندهای ۷-۷ تا ۴-۷ تنظیم کنید که درجه اشباع  $(5.0 \pm 2)\%$  حاصل شود. چنانچه درجه اشباع کمتر از  $5.0\%$  باشد درصد رطوبت را افزایش و چنانچه درجه اشباع بیشتر از  $5.0\%$  باشد درصد رطوبت را کاهش دهید.

$$S = \frac{wG_s\gamma_d}{G_s\gamma_w - \gamma_d} \quad (1)$$

که در آن:

$S$  درجه اشباع، %

$w$  درصد رطوبت، %

$G_s$  وزن مخصوص  $2.7$  بگیرید مگر آنکه بدانید که وزن مخصوص مقداری کمتر از  $2.6$  یا بیشتر از  $2.8$  دارد.  
 $\gamma_w$  وزن واحد آب  $9.81\text{ kN/m}^3$  در دمای  $20^\circ\text{C}$   
 $\gamma_d$  وزن واحد خشک نمونه خاک متراکم،  $\text{kN/m}^3$   
 $w$  را با دقت ذکر شده در بند ۴-۶ و  $\gamma_d$  را با دقت  $1\text{ kN/m}^3$  یا دقیق‌تر محاسبه کنید.

یادآوری- در این روش آزمون، وزن مخصوص  $2.7$  فرض شده است که مقداری معمول برای کانی‌های خاک مورد استفاده در تراکم می‌باشد. علاوه بر این، فرض وزن مخصوص مساوی  $2.7$ ، به شرطی که وزن مخصوص واقعی مقداری بین  $2.6$  و  $2.8$  داشته باشد، موجب خطای بیشینه  $4\%$  در درجه اشباع محاسبه شده می‌شود، این خطاهای کوچک در درجه اشباع ناشی از نوع کانی سبب تغییرات کوچک و سیستماتیکی درنشانه تورم،  $EI$ ، می‌شود که به اندازه تغییرات حاصله در تعیین وزن مخصوص طبق استاندارد ASTM D854 دارای اهمیت می‌باشد.

## ۷ روش انجام آزمون

۱-۷ نمونه خاک متراکم را در حلقه دستگاه بارگذاری معادلی با دیسک‌های متخلخل خشک-شده در معرض هوا در دو انتهای بالایی و زیرین نمونه، قرار دهید. نمونه را تحت فشار کل  $69\text{ kPa}$  شامل وزن دیسک متخلخل بالایی و هرگونه وزن نامتوازن دستگاه بارگذاری، قرار دهید. به نمونه اجازه دهید که تحت این

1-dry unit weight

2-specific gravity

3-water unit weight

فشار، به مدت ۱۰ min فشرده شود. پس از دوره فشردگی اولیه، قرائت اولیه ارتفاع نمونه ( $D_1$ ) را از روی شاخص دستگاه تحکیم با دقت ۰,۰۳ mm یا دقیق‌تر انجام دهید.

۲-۷ نمونه را با آب مقطر غرقاب کنید و پس از گذشت ۲۴ ساعت یا تا زمانی که نرخ تورم کمتر از ۰,۰۵ mm/h شود، ارتفاع نمونه را به صورت تناوبی مطابق استاندارد ملی شماره ۶۹۳۲ قرائت کنید. در هیچ حالتی، نباید قرائت ارتفاع نمونه‌های غرقاب در کمتر از ۳ h انجام گیرد.

۳-۷ پس از قرائت نهایی ( $D_2$ ) با دقت ۰,۰۳ mm یا دقیق‌تر، نمونه را از دستگاه بارگذاری خارج و تغییر ارتفاع را از طریق تفاوت قرائت‌های اولیه و نهایی حساب کنید. جرم نمونه را با دقت ۰,۱ g تعیین کنید.

## ۸ روش محاسبه

نشانه تورم، EI، را از رابطه زیر به دست آورید:

$$EI = \frac{\Delta H}{H_1} \times 1000 \quad (2)$$

که در آن:

$\Delta H$  تغییر ارتفاع  $D_2 - D_1$  به mm

$H_1$  ارتفاع اولیه به mm

$D_1$  قرائت اولیه به mm

$D_2$  قرائت نهایی به mm

$D_1$  و  $D_2$  را به ترتیب با دقت‌های مندرج در بندهای ۷-۷، ۷-۸ و ۳-۸ تعیین کنید.

## ۹ گزارش آزمون

اطلاعات آزمون باید شامل موارد زیر باشد:

### ۱-۹ ارجاع به این استاندارد ملی ایران

۲-۹۰ اطلاعات شناسایی نمونه شامل شماره پروژه، شماره گمانه، شماره نمونه، عمق و از این قبیل.

۳-۹ هرگونه فرایند انتخاب و آماده‌سازی ویژه نمونه همچون خرد کردن دانه‌های درشت سنگ رس، شیل، سنگ آتشفسانی و از این قبیل.

۴-۹ حداقل اطلاعات نمونه را که در ادامه می‌اید، ثبت کنید:

۴-۹۱ ارتفاع اولیه (با دقت ۰,۰۳ mm یا دقیق‌تر).

۴-۹۲ درصد رطوبت اولیه (با دقت ۰,۱٪).

۴-۹۳ وزن واحد خشک اولیه (با دقت ۱ kN/m<sup>3</sup> یا دقیق‌تر).

۴-۹۴ درجه اشباع اولیه (تا سه رقم بامتنا).

۴-۹۵ حداقل اطلاعات آزمون تورم را که در ادامه می‌اید، ثبت کنید:

۱-۵-۹ قرائت‌های اولیه و نهایی (با دقت  $0.03\text{ mm}$  یا دقیق‌تر).

۲-۵-۹ درصد رطوبت نهایی (با دقت  $0.1\%$ ).

۳-۵-۹ نشانه تورم،  $EI$ ، را به نزدیک‌ترین عدد طبیعی گرد کنید. چنانچه ارتفاع اولیه نمونه بیشتر از ارتفاع نهایی نمونه باشد، نشانه تورم را صفر گزارش کنید.