



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۵۴۲۷

چاپ اول

۱۳۹۶

INSO

15424

1st.Edition

2018

بتن سخت شده - چگالی، جذب آب و
حفره‌ها - روش آزمون

**Hardened Concrete - Density, absorption,
and voids - Test method**

ICS: 91.100.30

استاندارد ملی ایران شماره ۱۵۴۲۷ (چاپ اول): سال ۱۳۹۶

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج- ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۸۱۱۴-۳۲۸۰ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website: <http://www.isiri.gov.ir>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد 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.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران 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 منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود 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 می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ 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 مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، 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 for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«بتن سخت شده - چگالی، جذب آب و حفرات - روش آزمون»

سمت و/یا محل اشتغال:

رئیس:

انجمن بتن ایران

تدین، محسن
(دکتری مهندسی عمران)

دبیر:

مجتمع تولیدی، تحقیقاتی و
آزمایشگاهی پاکدشت بتن

رحمتی، علیرضا
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اداره کل استاندارد استان تهران

احمدی، مهرداد
(کارشناسی مهندسی عمران)

شرکت سیمان سپاهان

اصحابی، شهره
(کارشناسی فیزیک)

مجتمع تولیدی، تحقیقاتی و
آزمایشگاهی پاکدشت بتن

پیرهادی ده علیخانی، بهمن
(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)

اداره کل استاندارد استان تهران

زمانی، افشین
(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)

شرکت سیمان سپاهان

سالمی، پریناز
(کارشناسی ارشد شیمی معدنی)

مجتمع تولیدی، تحقیقاتی و
آزمایشگاهی پاکدشت بتن

سلامی، الهام
(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)

مجتمع تولیدی، تحقیقاتی و
آزمایشگاهی پاکدشت بتن

سلیمی مقدم، فاطمه
(کارشناسی ارشد شیمی معدنی)

شرکت تحقیق و توسعه صنعت سیمان

صابری، مجتبی
(کارشناسی شیمی)

شرکت سیمان فراز فیروزکوه

عابدی، محمد حسین
(کارشناسی شیمی)

سمت و/یا محل اشتغال:

سازمان ملی استاندارد ایران

اداره کل استاندارد استان تهران

شرکت تیرچه پادیر

سازمان ملی استاندارد ایران

مدیر مهندسی ساختمان نیروگاه

برق آبی شرکت فراب

شرکت سیمان آبیگ

مجتمع تولیدی، تحقیقاتی و

آزمایشگاهی پاکدشت بتن

اداره کل استاندارد استان تهران

شرکت سیمان نیزار قم

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

عباسی رزگله، محمدحسن

(کارشناسی مهندسی مواد-سرامیک)

فرشاد، فرناز

(کارشناسی مهندسی شیمی)

کرم بارنگی، بابک

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

مجتبوی، علیرضا

(کارشناسی مهندسی مواد-سرامیک)

محرابی، یوسف

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران-سازه)

محمودی، سعید

(کارشناسی مهندسی معدن)

ملکشاهی، ایمان

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

موسوی، امید

(کارشناسی مهندسی عمران)

نظری، سعید

(کارشناسی مهندسی شیمی-پتروشیمی)

ویراستار:

عباسی رزگله، محمدحسین

(کارشناسی مهندسی مواد-سرامیک)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ز	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ وسایل
۱	۳ آزمون‌ها
۱	۴ روش اجرای آزمون
۲	۵ محاسبات
۳	۶ مثال
۵	۷ دقت و اریبی

پیش‌گفتار

استاندارد «بتن سخت شده- چگالی، جذب آب و حفرات- روش آزمون» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده است، در هفتصد و چهل و هشتمین اجلاس هیئت کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۹۶/۱۱/۱۱ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون‌های مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

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

ASTM C642: 2013, Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete

بتن سخت شده - چگالی، جذب آب و حفرات - روش آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

- ۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد تعیین چگالی، درصد جذب و درصد حفرات در بتن سخت شده است.
- ۲-۱ این استاندارد در توسعه داده‌های مورد نیاز جهت تبدیل جرم و حجم در بتن مناسب و مفید است. و همچنین برای مشخص کردن تطابق بین ویژگی‌های بتن و نشان دادن تفاوت بین قسمت‌های مختلف بتن از نظر وزن آن کاربرد دارد.
- ۳-۱ در این استاندارد جذب آب حجمی بتن در حالت اشباع شده به دست می‌آید و مستقل از نسبت حجم به سطح است.

۲ وسایل

۱-۲ ترازو

با دقت 0.025% وزن آزمون.

۲-۲ مخزن

مناسب جهت غوطه‌وری آزمون‌ها و دارای سیم اتصال به منظور معلق نگه‌داشتن آزمون‌ها در آب.

۳ آزمون‌ها

۳-۱ نمونه در صورت امکان باید شامل بخش‌های جداگانه‌ای از بتن باشد و هر کدام به صورت جداگانه آزمون شود. هر بخش جداگانه آن ممکن است قطعاتی از استوانه‌های بتنی، مغزه‌ها یا تیرهایی با هر شکل و اندازه باشد، اما حجم هر بخش نباید کمتر از 350 سانتی‌متر مکعب باشد (یا برای بتن‌های با وزن معمولی تقریباً در حدود 800 گرم) و هر قسمت باید عاری از هرگونه ترک قابل مشاهده، درز و گوشه‌های خرد شده باشد.

۴ روش اجرای آزمون

۴-۱ وزن خشک شده در گرم‌خانه: وزن هر قسمت را تعیین کنید و در گرم‌خانه با دمای (5 ± 110) درجه سلسیوس به مدت حداقل 24 ساعت خشک کنید. بعد از خروج هر آزمون از گرم‌خانه، اجازه بدهید در هوای خشک (ترجیحاً در خشکانه) تا دمای $(20$ تا $25)$ درجه سلسیوس خنک شود و سپس وزن آن را اندازه‌گیری کنید. اگر آزمون در هنگام توزین اولیه نسبتاً خشک بود و وزن ثانویه آن نزدیک وزن اولیه بود، آزمون را خشک در نظر بگیرید و اگر آزمون در هنگام توزین اولیه مرطوب بود، مجدداً برای دومین دوره 24 ساعته در

گرم‌خانه قرار دهید و دوباره توزین کنید و هنگامی که وزن سومین و دومین مرحله یکسان شد، آزمون را خشک در نظر بگیرید. در صورت هر گونه تردید، آزمون را مجدداً طی دوره ۲۴ ساعته خشک کنید تا زمانی که وزن‌ها بر هم منطبق شود.

اگر اختلاف وزن بین دو دوره اندازه‌گیری پی در پی از ۰/۵٪ مقدار وزن کمتر، تجاوز کرد آزمون را برای یک دوره ۲۴ ساعته دیگر در گرم‌خانه قرار دهید و فرآیند را تا زمانی که اختلاف وزن بین دو اندازه‌گیری کمتر از ۰/۵٪ وزن کمتر باشد ادامه دهید و زمانی که اختلاف اندازه‌گیری به حد قابل قبول رسید، آخرین وزن آزمون را به عنوان A ثبت کنید.

۴-۲ جرم اشباع بعد از غوطه‌وری

آزمون‌ها را بعد از خشک کردن، خنک کردن و تعیین وزن، در آب آشامیدنی با دمای ۲۱ درجه سلسیوس به مدت حداقل ۴۸ ساعت غوطه‌ور کنید و تا زمانی که اختلاف توزین نمونه با سطح خشک در دوره های ۲۴ ساعت غوطه‌وری، کمتر از ۰/۵٪ مقدار وزن بیشتر شود، غوطه‌وری را ادامه دهید. سطح آزمون را با حوله خشک کنید و وزن نمونه را تعیین کنید. وزن نهایی آزمون با سطح خشک بعد از غوطه‌وری را به عنوان B ثبت کنید.

۴-۳ جرم اشباع بعد از جوشیدن: بعد از انجام فرآیند مطابق زیر بند ۴-۲، آزمون‌ها را در یک ظرف مناسب حاوی آب آشامیدنی قرار دهید به طوری که آب روی آزمون‌ها را بگیرد و به مدت ۵ ساعت بجوشانید. سپس اجازه دهید آزمون‌ها خنک شوند و طی مدت حداقل ۱۴ ساعت به صورت طبیعی دمای آب به (۲۰ تا ۲۵) درجه سلسیوس برسد. رطوبت روی سطح آزمون را با حوله خشک کنید و وزن آزمون را مشخص کنید. وزن نمونه خیس جوشیده شده و با سطح خشک را C بنامید.

۴-۴ وزن ظاهری غوطه‌وری: بعد از غوطه‌وری و جوشاندن آزمون، آن را در آب به‌وسیله سیم معلق کنید و وزن ظاهری آن را در آب تعیین کنید. وزن ظاهری را D بنامید.

۵ روش محاسبه

۵-۱ به‌وسیله مقادیر به‌دست آمده حاصل از فرآیندهای بند ۴، محاسبه‌های زیر را انجام دهید.

$$\text{جذب بعد از غوطه‌وری} = [(B-A)/A] \times 100 \quad (1)$$

$$\text{جذب بعد از غوطه‌وری و جوشاندن} = [(C-A)/A] \times 100 \quad (2)$$

$$\text{چگالی انبوهی خشک} = [A/(C-D)]. \rho = g_1 \quad (3)$$

$$\text{چگالی انبوهی بعد از غوطه‌وری} = [B/(C-D)]. \rho \quad (4)$$

$$\text{چگالی انبوهی بعد از غوطه‌وری و جوشاندن} = [C/(C-D)]. \rho \quad (5)$$

$$(۶) \quad \rho = g_2 / [A / (A - D)] \text{ چگالی ظاهری}$$

$$(۷) \quad 100 \times (g_2 - g_1) / g_2 = \text{حجم حفرات نفوذ پذیر (\%)} \text{ یا}$$

$$(C - A) / (C - D) \times 100$$

که در آن‌ها:

A وزن نمونه خشک شده در گرم‌خانه در هوا، بر حسب گرم؛

B وزن نمونه با سطح خشک بعد از غوطه‌وری و خشک شده در هوا، بر حسب گرم؛

C وزن نمونه با سطح خشک بعد از غوطه‌وری و جوشاندن و خشک شده در هوا، بر حسب گرم؛

D وزن ظاهری نمونه با سطح خشک بعد از غوطه‌وری و جوشیدن، بر حسب گرم؛

g_1 وزن انبوهی خشک، بر حسب مگاگرم بر مترمکعب؛

g_2 چگالی ظاهری، بر حسب مگاگرم بر مترمکعب؛

ρ چگالی آب برابر با ۱ مگاگرم بر متر مکعب و یا ۱ گرم بر سانتی متر مکعب.

۶ مثال

۶-۱ نمونه‌ای با مشخصات زیر در نظر بگیرید:

۶-۱-۱ جرم قسمت جامد، g_{1000} (جرم خشک)؛

۶-۱-۲ حجم کل آزمون (شامل قسمت‌های جامد، حفرات نفوذ پذیر و نفوذ ناپذیر، cm^3_{600} ؛

۶-۱-۳ چگالی مطلق قسمت جامد آزمون، Mg/m^3_{270} ؛

۶-۱-۴ فضای حفرات در آزمون شامل صرفاً هوای ابتدایی (فاقد آب)؛

۶-۲ سپس آن آزمون شامل، cm^3_{500} قسمت جامد و cm^3_{100} حفرات است که آزمون از آن‌ها تشکیل

شده است و مقدار حفرات $\%_{16.67}$ است؛

۶-۳ در نظربگیرید که در حالت غوطه‌وری ml_{90} از آب جذب شده است؛

۶-۴ در نظر بگیرید که بعد از غوطه‌وری و جوشاندن ml_{95} از آب جذب شده است؛

۶-۵ بر اساس فرضیات بند ۶-۱ تا ۶-۴ بالا، اطلاعاتی که باید از فرآیند شرح داده شده در بند ۴ به دست

آید، باید به شرح زیر باشد:

- A وزن خشک شده در گرم‌خانه، g_{1000} ؛

- B وزن بعد از غوطه‌وری در هوا، g_{1090} ؛

- C وزن بعد از غوطه وری و جوشاندن در هوا، g ۱۰۹۵؛

- D وزن ظاهری در آب بعد از غوطه‌وری و جوشاندن، g ۱۰۹۵.

یادآوری - از آنجائی که که کاهش وزن در آب برابر وزن آب جابه جا شده است و حجم نمونه برابر 600 cm^3 است، وزن نمونه در آب بعد از غوطه‌وری و جوشاندن برابر $g 495 = 600 - 1095$ است.

۶-۶ با اطلاعات بالا برای اجرای محاسبات شرح داده شده در بند ۵، نتایج زیر حاصل خواهد شد (یادآوری را ببینید):

$$(8) \quad \rho = \frac{(B-A)/A}{(1090-1000)/1000} \times 100 = 91,0 \quad (\%)$$

$$(9) \quad \rho = \frac{(C-A)/A}{(1095-1000)/1000} \times 100 = 91,5 \quad (\%)$$

$$(10) \quad \rho = \frac{A/(C-D)}{1000/(1095-495)} \times 100 = 1,67 \text{ Mg/m}^3 = g_1$$

$$(11) \quad \rho = \frac{B/(C-D)}{1090/(1095-495)} \times 100 = 1,82 \text{ Mg/m}^3$$

$$(12) \quad \rho = \frac{C/(C-D)}{1095/(1095-495)} \times 100 =$$

$$1,83 \text{ Mg/m}^3$$

$$(13) \quad \rho = \frac{A/(A-D)}{1000/(1000-495)} \times 100 = 1,98 \text{ Mg/m}^3 = g_2$$

$$(14) \quad \rho = \frac{(g_2 - g_1)/g_2}{(1/98 - 1/67)} \times 100 = 15,8$$

یا

$$\rho = \frac{(C-A)/(C-D)}{1000/(1095-495)} \times 100 = 15,7$$

یادآوری - این روش آزمون برای تعیین چگالی مطلق نیست. به همین دلیل، فضای حفراتی که ممکن است در آزمون وجود داشته باشد در طول فرآیند خشک شدن خالی نمی‌شود و در مدت غوطه‌وری و جوشاندن هم با آب پر نمی‌شود و در هر دو حالت نفوذ ناپذیر هستند و در محاسبات با قسمت جامد آزمون تفاوتی ندارد مخصوصاً برای محاسبه درصد حفرات هوا.

در مثالی که شرح داده شد چگالی مطلق قسمت جامد آزمون 210 Mg/cm^3 و فضای کل حفرات $16/67\%$ و فضای حفرات نفوذناپذیر 5 cm^3 بود. اگر دستورالعمل انجام آزمون و محاسبات مطابق آنچه شرح داده شد، انجام شود آنگاه، 95 cm^3 فضای خالی و 505 cm^3 فضای جامد داریم که شامل مواد جامد می‌شود، بنابراین چگالی ظاهری آن برابر $1/98$ در مقابل چگالی مطلق یعنی 210 Mg/m^3 می‌باشد و آزمون دارای $15/8\%$ حفره (فضای خالی) از مجموع $16/67\%$ فضای کل حفرات است. مطابق توزیع اندازه حفرات و نسبت حفرات وارد شده در بتن و اهدافی که از نتایج آزمون مورد انتظار است این فرآیند انجام آزمون ممکن است کیفیت کند و یا این که به اندازه کافی سخت‌گیرانه نباشد، در هر صورت بیشتر حفرات با شیوه‌های متفاوتی مثل شرایط خلا و یا افزایش فشار بیشتر از غوطه‌وری و جوشاندن پر خواهند شد. اگر اندازه حفرات را خیلی دقیق بخواهیم باید چگالی مطلق را تعیین کنیم. چگالی مطلق با کاهش دادن اندازه نمونه به قطعه‌های مجزا

امکان پذیر است، قطعات باید به اندازه‌ای کوچک باشد که هیچ فضای نفوذناپذیری در بین هیچ کدام از قطعات وجود نداشته باشد. اگر چگالی مطلق تعیین شود و آن را g_3 بنامیم، آن‌گاه:

$$\text{حجم کل حفرات بر حسب درصد} = (g_3 - g_1) / g_3 \times 100 = (2,00 - 1,67) / 2,00 \times 100 = 16,5$$

۷ دقت و اریبی

۷-۱ دقت، در حال حاضر اطلاعات کافی برای تعیین و بیان دقت برای این روش آزمون در دسترس نیست.

۷-۲ اریبی، در شرایطی که استاندارد مرجعی برای مقایسه وجود ندارد، انحراف این استاندارد را نمی‌توانیم مشخص کنیم.