INSO
20584
1st.Edition
2016

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۲۰۵۸۴
چاپ اول
۱۳۹۴

سبکدانه مورد مصرف در عمل‌آوری داخلی بتن– ویژگی‌ها و روش آزمون

Standard Specification for Lightweight Aggregate for Internal Curing of Concrete

ICS: 91.100.30

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد 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 وظیفهٔ 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 منصفانهٔ 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 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 ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ 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)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] 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 زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی 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، گواهینامهٔ 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
"سبکدانه مورد مصرف در عمل‌آوری داخلی بتن– ویژگی‌ها و روش آزمون"

رئیس:	**سمت و/یا نمایندگی**
سعادت، سینا (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	پژوهشگاه بحران‌های طبیعی شاخص پژوه
دبیر:	
معافی، حسن (کارشناس مهندسی عمران)	کارشناس اداره کل استاندارد استان فارس
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
جوکار، ابراهیم (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	دانشگاه آزاد اسلامی داریون
حاجی باقری، بنت‌الهدی (کارشناس ارشد مدیریت)	سازمان صنعت، معدن وتجارت فارس
خضراء، بابک (کارشناس مهندسی عمران)	اداره کل استاندارد استان فارس
شاپوری، محسن (کارشناس مهندسی عمران)	آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان فارس
شفیعی، امیرحسین (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	دانشگاه شیراز
کریم‌زاده، محمد امین (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان فارس
مصلائی، مهرداد (کارشناس ارشد شیمی-فیزیک)	کارشناس اداره کل استاندارد فارس

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
آشنایی با سازمان استاندارد	ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد	ج
پیش‌گفتار	ه
۱ هدف و دامنهٔ کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها	۲
۴ اطلاعات سفارش‌دهی	۵
۵ الزامات شیمیایی	۷
۶ خصواص فیزیکی	۷
۷ نمونه برداری	۸
۸ تعداد آزمونه‌ها	۹
۹ روش آزمون	۹
پیوست الف (اطلاعاتی) راهنمای محاسبه مقدار سبکدانه برای عمل‌آوری داخلی	۱۵
کتاب‌نامه	۱۸

پیش‌گفتار

استاندارد "سبکدانه مورد مصرف در عمل‌آوری داخلی بتن- ویژگی‌ها و روش آزمون" که پیش نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده و در ششصد و پنجاه وششمین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده های ساختمانی مورخ ۹۴/۱۲/۱۹ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد وتحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

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

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

ASTM C1761:2013, Standard Specification for Lightweight Aggregate for Internal Curing of Concrete

سبکدانه مورد مصرف در عمل‌آوری داخلی بتن– ویژگی‌ها و روش آزمون

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد تعیین ویژگی‌های سبکدانه مورد استفاده برای تأمین آب جهت عمل‌آوری داخلی بتن است که شامل روش‌های آزمون برای تعیین خواص جذب و دفع سبکدانه می‌باشد.

۱-۲ دو نوع اصلی سبکدانه مشمول این استاندارد ویژگی‌ها، به شرح زیر می‌باشند:

۱-۲-۱ سنگدانه‌های تهیه شده توسط منبسط کردن، گلوله کردن و کلوخه کردن محصولاتی از قبیل سرباره کوره آهن‌گدازی، رس، دیاتومیت، خاکستر بادی، شیل یا سنگ لوح و ...

۱-۲-۲ سنگدانه‌های تهیه شده از فرآوری مواد طبیعی مانند پومیس[1]، پوکه سنگ و توف.

۱-۳ سنگدانه‌ها باید به طور عمده شامل مواد سلولی سبک و مواد معدنی دانه‌ای باشند.

یادآوری- عمل‌آوری داخلی یک منبع اضافی آب را فراهم می‌کند تا هیدراتاسیون را حفظ و به طور قابل ملاحظه‌ای باعث کاهش جمع‌شدگی ذاتی زودرس و خشک شدگی خودبه‌خودی شود که می‌تواند کمک قابل توجهی به ترک خوردگی زودرس بتن نماید. پیوست الف راهنمای محاسبه مقدار سبکدانه را برای عمل‌آوری داخلی ارائه می‌دهد.

۲ مراجع الزامی[1]

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین‌ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۶۹۳، سیمان هیدرولیکی- اندازه گیری عناصر فرعی

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۷۷، سنگدانه‌ها - دانه‌بندی سنگدانه‌های ریز و درشت - روش آزمون

۲-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۷۸، سنگدانه‌ها - کلوخه های رسی وذرات خرد شونده در سنگدانه- روش آزمون

۲-۴ استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۷۹، سنگدانه‌ها - ناخالصی‌های آلی سنگدانه‌های ریز مورد مصرف در بتن- روش آزمون

---

1 -Pumice
2- Normative references

۲-۵ استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۸۰، سنگدانه‌های ریز - روش آزمون تعیین وزن مخصوص انبوهی و جذب آب

۲-۶ استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۸۱، سنگدانه‌ها - روش آزمون وزن واحد و فضای خالی

۲-۷ استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۸۵، سنگدانه - سبکدانه برای بتن سازه ای – ویژگی‌ها

۲-۸ استاندارد ملی ایران شماره ۷۱۴۶، سنگدانه‌ها - کاهش دادن نمونه سنگدانه تا اندازه آزمون- آیین کار

۲-۹ استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۲۶۷، سنگدانه- نمونه برداری از سنگدانه‌ها – آیین کار

2-10 ASTM C87, Test Method for Effect of Organic Impurities in Fine Aggregate on Strength of Mortar

2-11 ASTM c125, Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates

2-12 ASTM c641, Test Method for Iron Staining Materials in Light-weight Concrete Aggregates

2-13 ASTM c1498, Test Method for Hygroscopic Sorption Isotherms of Building Materials

2-14 ASTM c1608, Test Method for Chemical Shrinkage of Hydraulic Cement Paste

2-15 ASTM c1698, Test Method for Autogenous Strain of Cement Paste and Mortar

2-16 ASTM E11, Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves

۳ اصطلاحات، تعاریف و نمادها

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف، نمادهای به کار رفته در استاندارد ASTM C125، اصطلاحات و تعاریف و نمادهای زیر نیز به کار می‌رود:

۳-۱ اصطلاحات و تعاریف

۳-۱-۱

جذب ۷۲ ساعته سبکدانه

A_{72}

افزایش جرم یک آزمونه از سبکدانه خشک با توجه به نفوذ آب به منافذ نفوذپذیر ذرات پس از ۷۲h غوطه‌ورسازی در آب، که به صورت درصدی از جرم خشک بیان می‌شود.

۳-۱-۲

جمع شدگی ذاتی

کاهش حجم به علت انقباض شیمیایی مخلوط سیمانی آب‌بند شده که در معرض نیروهای خارجی و تحت دمای ثابت قرار ندارد و در زمان گیرش نهایی اندازه‌گیری شده است.

یادآوری- جمع‌شدگی شیمیایی منجر به تخلیه منافذ داخلی (به بند ۳-۱۰ مراجعه شود) که باعث تشکیل کشش سطحی در منافذ داخلی نیمه پر شده از آب می‌شود. کشش سطحی منجر به فشارهای کشش داخلی شده که باعث انقباض توده‌ای می‌شود. در حالی که جمع شدگی ذاتی به علت جمع‌شدگی شیمیایی به وجود می‌آید، مقدار جمع شدگی ذاتی کمتر از جمع-شدگی شیمیایی است که بعد از گیرش اتفاق می‌افتد، زیرا ذرات مصالح دانه‌ای و مجموعه خمیر سیمان هیدراته انقباض را مهار می‌کنند که این امر به نوبه خود ممکن است منجر به ترک خوردن شود.

۳-۱-۳

جمع‌شدگی شیمیایی

کاهش حجم خمیر سیمانی که در طول هیدراتاسیون به دلیل این که محصولات هیدراتاسیون حجم کمتری از حجم اصلی با آب و موادسیمانی غیرهیدراته اشغال می‌کنند به وجود می‌آید.

۴-۱-۳

چگالی خشک شده در آون (OD)

جرم ذرات سبکدانه خشک شده در آون در واحد حجم ذرات مصالح دانه‌ای، که حجم شامل منافذ نفوذپذیر و نفوذ ناپذیر می باشد و فضاهای خالی بین ذرات را شامل نمی‌شود.

۵-۱-۳

دفع

کاهش جرم سبکدانه که در اصل به دلیل خروج آب جذب شده آنها از منافذ نفوذپذیر، زمانی‌که مصالح به تعادل رطوبتی با محیط نگهداری در دمای ثابت و رطوبت نسبی کمتر از ٪ ۱۰۰ است.

۶-۱-۳

عمل آوری داخلی

تامین آب درون مخلوط سیمانی با استفاده از سبکدانه پیش مرطوب شده، یا دیگر مواد که به آسانی آب را از درون ذرات خود آزاد می‌کنند که در نتیجه باعث کاهش خود خشک‌شدگی و حفظ هیدراتاسیون می‌شوند.

۷-۱-۳

خشک شده در آون

OD[1]

مربوط به ذرات سبکدانه است، در حالتی که نمونه سبکدانه با گرم شدن در آون با دمای °C (۵±۱۱۰) به مدت کافی برای رسیدن به جرم ثابت خشک شود.

1 -oven dry

۸-۱-۳

چگالی نسبی (OD)

مربوط به ذرات سبکدانه است، نسبت چگالی (OD) سبکدانه نسبت به چگالی آب در دمای معین است.

۹-۱-۳

مرطوب با سطح خشک

WSD[1]

مربوط به ذرات سبکدانه است، در شرایطی که منافذ نفوذپذیر ذرات سبکدانه با آب پر شود، که از غوطه‌ور کردن نمونه خشک شده در آون به مدت ۷۲ h، درحالتی‌که سطح ذرات خشک است، در آب به دست آید.

۱۰-۱-۳

خودخشک شدگی

کاهش رطوبت نسبی درونی مخلوط سیمانی آب‌بندی شده، به دلیل جمع شدگی شیمیایی که موجب کاهش یا توقف نرخ هیدراسیون می‌شود.

۲-۳ نمادها

A_{72} جذب ۷۲ ساعته- به صورت درصدی از جرم خشک بیان می‌شود.

G_{OD} چگالی نسبی سبکدانه (خشک).

G_{ODN} چگالی نسبی (خشک) سنگدانه با وزن معمولی.

M_{LWA} جرم محاسبه شده سبکدانه خشک برای عمل‌آوری داخلی در واحد حجم بتن، kg/m^3.

M_{nwa} جرم سنگدانه با وزن معمولی در شرایط خشک شده در آون که باید حذف شود، kg/m^3.

M_{OD} جرم آزمونه سبکدانه در شرایط خشک برحسب گرم.

M_{PS} جرم چگالی‌سنج حاوی آزمونه سبکدانه که از آب پرشده است برحسب گرم.

M_{PW} جرم چگالی‌سنج پر شده از آب بر حسب گرم.

M_{SD} جرم آزمونه سبکدانه مرطوب با سطح خشک برحسب گرم.

M_{94} جرم تعادلی مصالح دانه‌ای که اصولا در محیط مرطوب با سطح خشک هستند و پس از آن در رطوبت نسبی ٪ ۹۴ ذخیره می‌شوند بر حسب گرم.

C_F محتوای مواد سیمانی مخلوط بتن، kg/m^3.

C_S انقباض شیمیایی مواد سیمانی، که برحسب کیلوگرم سیمان/کیلوگرم آب بیان می شود (مطابق یادآوری زیر).

S درجه اشباع سبکدانه نسبت به شرایط مرطوب با سطح خشک (۰ به ۱٫۰).

---

1 - wetted surface-dry

w/cm نسبت آب به سیمان، kg/kg.

α_{max} حداکثر درجه پتانسیل هیدراسیون مواد سیمانی که به صورت کسر اعشاری (۰ به ۱/۰) بیان شده است.

W_{LWA} جرم آب رها شده توسط سبکدانه از وضعیت مرطوب با سطح خشک به جرم تعادلی با رطوبت نسبی ٪ ۹۴، که به صورت بخشی از جرم خشک بیان شده است.

یادآوری- جمع‌شدگی شیمیایی بر حسب واحد حجم آب بر واحد جرم سیمان اندازه گیری می شود. در استفاده از مقدار جمع شدگی شیمیایی برای محاسبه میزان مورد نیاز سبکدانه برای عمل آوری داخلی، حجم آب به جرم آب تبدیل شده است. از این رو جمع‌شدگی شیمیایی به صورت جرم آب در واحد جرم سیمان بیان شده است.

۴ اطلاعات سفارش‌دهی (خرید)

خریدار مستقیم سبکدانه برای عمل آوری داخلی، باید اطلاعات زیر را هنگام سفارش خرید در برگه درخواست ارائه دهد.

۴-۱ ارجاع به شماره این استاندارد ملی ایران.

۴-۲ آیا سفارش برای مصالح دانه‌ای ریز، درشت و یا ترکیبی از ریز و درشت است.

۴-۳ تعداد موجود در تن یا متر مکعب.

۴-۴ اگر سفارش برای مصالح درشت یا ترکیبی از ریز و درشت باشد، باید براساس اندازه اسمی داده شده جدول ۱ انتخاب شود یا این که دانه‌بندی جایگزین با توافق بین خریدار و تامین کننده سنگدانه صورت گیرد.

۴-۵ آیا گواهی‌نامه صادر شده نهایی نشان دهنده آن است که مواد نمونه برداری شده و آزمون شده مطابق با این استاندارد و دربردارنده الزامات آن می‌باشد.

۴-۶ آیا گزارش نتایج آزمون‌های مصالح دانه‌ای باید تهیه شود.

۴-۷ آیا نتایج آزمون خواص بتن مورد نیاز است.

۴-۸ موارد استثناء یا اضافه شده به این استاندارد.

جدول ۱-الزامات دانه بندی

اندازه اسمی	درصد (جرمی) عبوری از الک با چشمه‌های مربعی									
	۲۵٫۰ mm	۱۹٫۰ mm	۱۲٫۵ mm	۹٫۵ mm	۴٫۷۵ mm	۲٫۳۶ mm	۱٫۱۸ mm	۳۰۰ µm	۱۵۰ µm	[a]۷۵ µm
	1 in	$^3/_4$ in	$^1/_2$ in	$^3/_8$ in	No.4	No.8	No.16	No.50	No.100	No.200
ریزدانه										
mm (۴٫۷۵ تا ۰) (No. 4 to 0)	...	...	...	۱۰۰	۱۰۰-۸۵	...	۸۰-۴۰	۳۵-۱۰	۲۵-۵	....
درشت‌دانه										
mm (۲۵٫۰ تا ۴٫۷۵) (1 in. to No. 4)	۱۰۰-۹۵	...	۶۰-۲۵	...	۱۰-۰	...	...	...	...	۱۰-۰
mm (۱۹٫۰ تا ۴٫۷۵) (3⁄4 in. to No.4)	۱۰۰	۱۰۰-۹۵	...	۵۰-۱۰	۱۵-۰	...	...	....	...	۱۰-۰
mm (۱۲٫۵ تا ۴٫۷۵) (1⁄2 in. to No. 4)	...	۱۰۰	۱۰۰-۹۵	۸۰-۴۰	۴۰-۵	۲۰-۰	۱۰-۰	...	...	۱۰-۰
mm (۹٫۵ تا ۲٫۳۶) (3⁄8 in. to No. 8)	...	...	۱۰۰	۱۰۰-۸۰	۴۰-۵	۲۰-۰	۱۰-۰	...	...	۱۰-۰
درشت دانه و ریزدانه ترکیب شده										
mm (۱۲٫۵ تا ۰) (1⁄2 in. to 0)	...	۱۰۰	۱۰۰-۹۵	...	۸۰-۵۰	...	...	۲۰-۵	۱۵-۲	۱۰-۰
mm (۹٫۵ تا ۰) (3⁄8 in. to 0)	...	...	۱۰۰	۱۰۰-۹۰	۹۰-۶۵	۶۵-۳۵	...	۲۵-۱۰	۱۵-۵	۱۰-۰

[a] سطوح ذرات سبک‌دانه تولید شده در فرایندهای حرارتی ریزتر از الک ۷۵ µm (No.200) زیان‌آور نیستند و ممکن است تا حدی پوزولانی باشند.

۵ الزامات شیمیایی

۵-۱ ناخالصی آلی

هنگامی که ناخالصی‌های آلی مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۴۹۷۹ آزمون شوند نباید رنگی تیره‌تر از رنگ محلول استاندارد تولید کنند. مگر زمان آزمون مصالح برای اثر ناخالصی‌های آلی بر روی مقاومت ملات، مشخص شود که نسبت مقاومت فشاری ۷ روزه ملات، براساس روش آزمون استاندارد ASTM C87، کمتر از ٪ ۹۵ نباشد.

۵-۲ لکه شدگی

هنگامی که سبکدانه مطابق استاندارد ASTM C641 آزمون‌شود، باید اندیس لکه‌شدگی کمتر از ۶۰ باشد. در صورتی که مصالح دانه‌ای سبک شاخص رنگ ۶۰ یا بالاتر را تولید کند و لکه ایجاد شده براساس تجزیه و تحلیل شیمیایی شامل آهن براساس Fe_2O_3 برابر یا بیشتر از ۱٫۵ mg در ۲۰۰g از نمونه باشد، باید مردود شناخته شود.

۵-۲-۱ افت وزن در اثر سرخ شدن

هنگامی که مصالح دانه‌ای مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۶۹۳ آزمون شود افت وزن در اثر سرخ شدن نباید بیش از ٪ ۵ باشد.

یادآوری- بعضی سنگدانه‌ها ممکن است حاوی کربنات‌ها یا آب هیدراتاسیون باشند که در افت سرخ شدن سهیم هستند اما ممکن است بر کیفیت محصول اثر نگذارند. بنابراین، هنگام ارزیابی یک سنگدانه، باید به خصوصیات موادی که باعث افت سرخ شدن می‌شوند توجه کرد.

۶ خصوصیات فیزیکی

۶-۱ کلوخه‌های رسی و ذرات خرد شونده

هنگامی که مصالح دانه‌ای مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۴۹۷۸ آزمون شود، مقدار کل کلوخه‌های رسی و ذرات خرد شونده نباید بیش از ٪ ۲ جرم خشک باشد.

۶-۲ دانه‌بندی

دانه‌بندی که براساس استاندارد ملی ایران به شماره ۴۹۷۷ انجام می‌شود در استاندارد ملی شماره ۴۹۸۵ مشخص شده است. دانه‌بندی باید مطابق با الزامات نشان داده شده در جدول ۱ باشد. یا براساس توافق دو جانبه بین اشخاص ذی‌نفع انجام شود.

یادآوری- به طور کلی، یک حجم از سبکدانه (ریز یا ترکیبی از ریز و درشت) برای عمل آوری داخلی باید جایگزین حجم برابر از مصالح با وزن معمولی در مخلوط بتنی متعارف موجود شود. دانه‌بندی سبکدانه را می‌توان به صورتی انتخاب کرد تا مطابق با دانه‌بندی‌های موجود در مصالح با وزن معمولی باشد یا گسستگی موجود در دانه‌بندی مصالح با وزن معمولی را با استفاده از سبکدانه با اندازه متوسط به منظور افزایش دقت دانه‌بندی پر کرد.

۶-۲-۱ یکنواختی دانه‌بندی

برای ادامه حمل مصالح ریز از یک منشاء معین، مدول نرمی نباید بیش از ٪ ۷ از مدول نرمی مبنا تغییر کند. مدول نرمی مبنا باید مقدار نمونه‌وار منشاء باشد. خریدار این قدرت را دارد که تغییر در مدول نرمی پایه را تأیید کند. برای مصالح درشت و ترکیبی از ریز و درشت، الزامات یکنواختی دانه‌بندی مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۴۹۸۵ اعمال شود.

۶-۳ چگالی توده

باید مقدار چگالی توده خشک با روش آزمون استاندارد ملی ایران به شماره ۴۹۸۱ به روش فشرده‌سازی با بیلچه و استفاده از پیمانه l ۱۴ مطابق جدول ۲ باشد.

جدول۲- حداکثر چگالی توده سست خشک

مشخصه اندازه	حداکثر چگالی Kg/m^3
ریزدانه	۱۱۲۰
درشت‌دانه	۸۸۰
ترکیب ریزدانه و درشت‌دانه	۱۰۴۰

۶-۴ جذب آب

سبکدانه هنگامی که مطابق بند ۱۰ این استاندارد آزمون شود باید جذب آب ۷۲ ساعته بیشتر از ٪ ۵ داشته باشد.

۶-۵ خواص دفع

سبکدانه هنگامی که مطابق بند ۱۱ این استاندارد آزمون شود باید حداقل ٪ ۸۵ از آب جذب شده را در رطوبت نسبی ٪ ۹۴ دفع کند.

۷ نمونه برداری

۷-۱ سبکدانه ها مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱۲۶۷ نمونه برداری شوند.

۷-۲ کاهش دادن مصالح نمونه برداری شده مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۷۱۴۶ تا مقدار مورد نیاز انجام شود.

۸ تعداد آزمونه‌ها

۸-۱ آزمون بر روی مصالح دانه‌ای

یک نمونه نماینده به اندازه مناسب برای آماده‌سازی آزمونه جهت آزمون‌های زیر مورد نیاز است: ناخالصی‌های آلی، لکه‌پذیری، افت وزن در اثر سرخ شدن، دانه بندی، کلوخه‌های رسی و ذرات خرد شونده ، چگالی انبوهی خشک و جذب، دفع از رطوبت با سطح خشک (WSD) تا رطوبت نسبی ٪ ۹۴.

۸-۲ آزمون بر روی بتن عمل‌آوری شده داخلی

زمانی که توسط خریدار تعیین شده باشد، حداقل سه آزمونه برای هر یک از آزمون‌های بتن زیر مورد نیاز است: مقاومت فشاری، انقباض، مقاومت در برابر یخ‌زدن و آب‌شدن و وجود آلوئک در سطح بتن. حداقل هشت آزمونه برای آزمون مقاومت کششی دو نیم نمودن مورد نیاز است. آزمون باید مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۴۹۸۵ انجام شود و نتایج باید با آن مطابقت داشته باشد.

۹ روش‌های آزمون

۹-۱ جذب و چگالی نسبی

- در این روش آزمون از چگالی‌سنج برای تعین جذب آب ۷۲ ساعته و چگالی نسبی سبکدانه خشک مورد مصرف در عمل آوری داخلی بتن استفاده می‌شود.

- رسیدن به اشباع کامل در منافذ نفوذ پذیر در برخی از ذرات سبکدانه دشوار است. در این روش آزمون، یک دوره غوطه‌ورسازی ۷۲h برای تعریف جذب در مصالح اساساً خشک انجام می‌شود.

- بعد از دوره غوطه‌ورسازی و از دست دادن رطوبت سطحی، مصالح در شرایط مرطوب با سطح خشک می‌باشند، این شرایط مشابه شرایط اشباع با سطح خشک قابل اجرا برای مصالح با وزن معمولی است. اصطلاح مرطوب با سطح خشک به این دلیل استفاده شده که بعضی از منافذ نفوذپذیر موجود در برخی از ذرات سبکدانه به طور کامل در ظرف مدت ۷۲ ساعت اشباع نمی‌شوند.

- اصطلاح جذب برای تعیین جرم سبکدانه برای فراهم کردن مقدار آب مورد نیاز برای عمل آوری داخلی به کار برده می‌شود.

یادآوری – هر چه میزان جذب سبکدانه بالاتر باشد، میزان کمتری از آن برای تأمین مقدار آب تعیین شده برای عمل‌آوری داخلی به‌کار می‌رود. برای مصالح با جذب پایین‌تر، با فرض دانه بندی یکسان، مصالح بیشتری مورد نیاز است، که منجر به توزیع بهتر آب در مخلوط سیمانی برای عمل آوری داخلی خواهد شد.

- چگالی نسبی (خشک) برای محاسبه جرم مصالح با وزن معمولی به کار می‌رود که باید با همان حجم از سبکدانه جایگزین شوند.

۹-۱-۱ دستگاه

۹-۱-۱-۱ ترازو- با ظرفیت حداقل kg ۴ و دقت حداقل g ۰٫۱.

۹-۱-۱-۲ ظروف با دهانه باز- ظرف‌های شیشه ای با ظرفیت‌های اسمی l ۱ و l ۲.

یادآوری- قوطی های کنسرو معمولی برای این منظور مناسب هستند.

۹-۱-۱-۳ پیکنومتر - برای پر کردن ظرف‌های l ۱ یا l ۲ با آب تا سطح قابل تکرار.

۹-۱-۱-۴ حوله های کاغذی- درجه تجاری- هر دو نوع تا شده یا رولی قابل قبول است.

یادآوری – حوله‌های کاغذی قهوه‌ای کار را برای تعیین این امر که آیا ذرات سنگدانه دارای آب سطحی طی عمل خشک کردن به شرایط مرطوب با سطح خشک شده می‌رسند یا خیر، آسان‌تر می‌کنند.

۹-۱-۱-۵ آون خشک‌کن- با اندازه مناسب و قابلیت نگهداری دمای یکنواخت در °C (۵±۱۱۰) .

۹-۱-۱-۶ تشت‌های فلزی- برای غوطه ورسازی مصالح در زیر آب و خشکاندن در آون خشک‌کن.

۹-۱-۱-۷ مخزن ذخیره آب- با ظرفیت تقریبی l ۲۰ برای نگهداری آب در دمای آزمایشگاهی (۲۳±۲) °C

۹-۱-۲ روش آزمون

۹-۱-۲-۱ ظرف با دهانه باز را تا بالای چگالی‌سنج با آب در دمای °C (۲±۲۳) پر کنید. برای آزمون مصالح دانه‌ای درشت یا ترکیب دانه درشت و ریز از ظرف l ۲ استفاده کنید. از ظرف l ۱ برای آزمون مصالح ریز دانه استفاده کنید. اطمینان حاصل کنید که هیچ حباب هوایی بر روی دیواره ظرف شیشه‌ای وجود ندارد و تا بالای چگالی سنج به اندازه ظرفیت پر شده است. سطح شیشه را پاک کرده تا هر گونه آب سطحی حذف شود. جرم شیشه پر را با دقت g ۰٫۱ اندازه‌گیری و جرم اندازه‌گیری شده را به عنوان M_{PW} یادداشت کنید.

۹-۱-۲-۲ یک نمونه معرف از سبکدانه را مطابق بند ۷-۲ نمونه برداری کنید. برای مصالح درشت دانه و یا ترکیبی از درشت دانه و ریز اندازه مناسب برای آزمون باید بین kg ۲٫۰ تا kg ۲٫۵ باشد. برای مصالح ریزدانه اندازه آن باید بین g ۵۰۰ تا g ۷۵۰ باشد. مصالح را باید به مدت h (۱±۲۴) در آون خشک‌کن قرار دهید. اجازه دهید مصالح تا حدود °C ۵۰ یا کمتر خنک شوند. مصالح در آب غوطه‌ور شود و اجازه دهید به مدت h (۴±۷۲) در دمای °C (۲±۲۳) باقی بمانند.

۹-۱-۲-۳ آب اضافی را خارج کرده و مراقب باشید که مصالح دانه‌ریز خارج نشوند. مصالح را بر روی یک سطح صاف غیرجاذب که با حوله کاغذی قهوه‌ای پوشیده شده پهن کنید. مصالح را در معرض جریان هوایی که به آرامی حرکت می‌کند قرار دهید. سطح مصالح را با حوله‌های کاغذی لمس و به طور مرتب پخش کنید تا به صورت یکنواخت خشک شوند. در حین لمس و پخش کردن مصالح، حوله‌هایی را که بیش از حد در اثر جذب رطوبت اضافی مرطوب شده‌اند تعویض کنید. این عمل را تا زمانی که هیچ رطوبتی بر روی حوله‌ها باقی نماند تکرار کنید. مصالح اکنون در شرایط مرطوب با سطح خشک هستند.

۹-۱-۲-۴ برای مصالح دانه درشت و یا ترکیبی از دانه درشت و ریز، وزن آزمونه حدود ۱۵۰۰ g برای مصالح ریز دانه وزن آزمونه حدود ۳۰۰ g است. جرم آزمونه را با دقت ۰٫۱ g اندازه‌گیری و به عنوان M_{SD} یادداشت کنید.

۹-۱-۲-۵ چگالی‌سنج را با آب °C (۲±۲۳) پر کنید. آزمونه وزن شده را درون چگالی‌سنج بریزید مراقب باشید تا تمامی آزمونه به چگالی سنج منتقل شود. ظرف را با آب اضافی تا حدود ٪ ۹۰ پر کنید. چگالی‌سنج را جهت از بین بردن حباب‌های هوای قابل مشاهده تکان دهید (مطابق یادآوری ذیل). جهت روش‌های قابل قبول تکان دادن چگالی‌سنج به استاندارد ملی ایران به شماره ۴۹۸۰ مراجعه کنید.

یادآوری - در حدود ۱۵ min تا ۲۰ min زمان لازم است تا حباب‌های هوا از بین بروند. فرو کردن نوک یک حوله کاغذی به درون ظرف چگالی سنجی برای متفرق کردن کف مناسب است. این کف‌ها گاهی اوقات بر اثر از بین رفتن حباب هوا ایجاد می‌شوند. همچنین می‌توان مقداری ایزوپروپیل الکل برای متفرق کردن کف استفاده کرد.

۹-۱-۲-۶ بعد از حذف حباب‌های هوای قابل مشاهده، سطح آب را در چگالی سنج به حد نصاب خود برسانید. هر نوع آب موجود بر روی سطح چگالی‌سنج را حذف نموده و جرم کل چگالی سنج، آزمونه و آب را با دقت ۰٫۱ g اندازه‌گیری کنید. جرم اندازه‌گیری شده را به عنوان M_{ps} یادداشت کنید.

۹-۱-۲-۷ مصالح را از چگالی سنج به ظرف توزین منتقل کنید. آب اضافی را دور بریزید و از دست رفتن مصالح ریز جلوگیری کنید. آزمونه را در آون قرار دهید و تا رسیدن به جرم ثابت خشک کنید. زمانی نمونه با جرم ثابت در نظر گرفته می‌شود که در طول ۲۴ h جرم آن بیش از ٪ ۰٫۱ از جرم اصلی مرطوب با سطح خشک تغییر نکند. جرم خشک شده در آون را با دقت ۰٫۱ g اندازه گیری کنید. جرم اندازه‌گیری شده را به عنوان M_{od} یادداشت کنید.

۹-۱-۳ محاسبات

۹-۱-۳-۱ جذب آب ۷۲ ساعته را با دقت ٪ ۰٫۱ از معادله ۱ محاسبه کنید.

$$A_{72} = \frac{M_{SD} \times M_{OD}}{M_{OD}} \times 100\% \qquad (۱)$$

۹-۱-۳-۲ چگالی نسبی را با دقت ٪ ۰٫۱ از معادله ۲ محاسبه کنید.

$$G_{OD} = \frac{M_{OD}}{M_{SD} + M_{PW} - M_{PS}} \qquad (۲)$$

۹-۱-۴ گزارش آزمون

۹-۱-۴-۱ ارجاع به شماره این استاندارد ملی ایران.

۹-۱-۴-۲ منبع مصالح دانه‌ای سبک.

۹-۱-۴-۳ تعیین اندازه ظاهری بر اساس جدول ۱.

۹-۱-۴-۴ جرم پیکنومتر پر شده از آب، با دقت g ۰٫۱.

۹-۱-۴-۵ جرم آزمونه در شرایط مرطوب با سطح خشک با دقت g ۰٫۱.

۹-۱-۴-۶ جرم چگالی‌سنج با آزمونه و پر از آب، با دقت g ۰٫۱.

۹-۱-۴-۷ جرم آزمونه خشک شده با دقت g ۰٫۱.

۹-۱-۴-۸ جذب ۷۲ ساعته با دقت ٪ ۰٫۱.

۹-۱-۴-۹ چگالی نسبی خشک با دقت ٪ ۰٫۱.

۹-۱-۵ دقت و اریبی

۹-۱-۵-۱ مطالعه درون آزمایشگاهی این روش آزمون هنوز کامل نشده است. انحراف استاندارد آزمون‌گر ماهر در یک آزمایشگاه برای جذب ۷۲h برابر ٪ ۰٫۳ و برای چگالی نسبی خشک ۰٫۰۱۰ می‌باشد.

یادآوری- آزمونه سبکدانه ریز از چهار منبع در یک مطالعه آزمایشگاهی استفاده شدند. جذب ۷۲ ساعتی بین ٪ ۹ تا ٪ ۲۸ و چگالی نسبی خشک بین ۱٫۰۶ تا ۱٫۷۴ تغییر کرد. انحراف استاندارد به مقادیر میانگین بستگی ندارد و انحراف استاندارد ترکیبی این روش آزمون را نمی‌توان تعیین کرد.

۹-۱-۵-۲ انحراف این روش آزمون را نمی‌توان تعیین کرد چون سبکدانه ای که دارای مقادیر مرجع پذیرفته شده باشند در دسترس نیستند.

۹-۲ دفع در رطوبت نسبی ٪ ۹۴

این روش آزمون برای تعیین مقدار آب جذب شده‌ای استفاده می‌شود که از سبکدانه زمانی‌که از ابتدا در شرایط مرطوب با سطح خشک در محیطی با رطوبت نسبی ٪ ۹۴ نگهداری می‌شوند، خارج خواهد شد.
مصالح دانه‌ای سبکی برای عمل‌آوری داخلی مناسب هستند که آب جذب شده آنها به راحتی به عنوان رطوبت نسبی داخلی، از بتن سخت آب‌بندی شده که رطوبت آن با توجه به خود خشک‌شدگی کاهش یافته، خارج شود. این روش آزمون میزان آب جذب شده را زمانی که مصالح دانه‌ای مرطوب با سطح خشک در هوا با رطوبت نسبی ٪ ۹۴ و دمای °C (۱±۲۳) قرار دارند تعیین می‌کند.

این روش آزمون امکان استفاده از یک فضای محیطی یا یک محلول فوق اشباع نیترات پتاسیم برای ایجاد رطوبت نسبی محدود (تقریباً ٪ ۹۴) را فراهم می‌کند.

یادآوری- رطوبت نسبی محدود محلول فوق اشباع نیترات پتاسیم بستگی به دمای هوا دارد. برای دمای بین °C ۲۲ تا °C ۲۴ رطوبت نسبی حدود ٪ ۹۳٫۸ تا ٪ ۹۴٫۲ با عدم قطعیت حدود ٪ ۵ است.

۹-۲-۱ دستگاه ها

۹-۲-۱-۱ ترازو- با ظرفیت حداقل ۵۰۰ g و دقت حداقل ۰٫۰۱ g و بهتر.

۹-۲-۱-۲ ظرف توزین – ظرف شیشه‌ای یا فلزی ضد زنگ برای نگهداری نمونه مصالح در محیط با رطوبت نسبی کنترل شده و برای خشک کردن در آون.

۹-۲-۱-۳ محیط با رطوبت نسبی کنترل شده- این محیط را می توان با روش‌های جایگزین ارائه شده در زیر فراهم کرد.

۹-۲-۱-۳-۱ اتاق محیطی- اتاقی که قادر به حفظ رطوبت نسبی ٪ (۵٫±۰٫۹۴) و دمای °C (۱±۲۳) باشد.

۹-۲-۱-۳-۲ محلول فوق اشباع نیترات پتاسیم- رطوبت نسبی مورد نیاز را می توان با تهیه یک محلول فوق اشباع نیترات پتاسیم در دمای °C (۱±۲۳) فراهم کرد (به یادآوری مراجعه شود). تقریباً ۳۰۰ g از محلول فوق اشباع را درون یک پلاستیک و یا ظرف شیشه‌ای دهانه گشاد دارای درپوش محکم با ظرفیت حدود ۴ *l* لیتر قرار دهید. یک قاب از مواد ضد زنگ برای نگهداری ظرف توزین حامل آزمونه‌ها باید فراهم شود.

یادآوری- در دمای °C ۲۳، حلالیت نیترات پتاسیم در حدود ۴۰ g در هر ۱۰۰ ml آب است. یک محلول فوق اشباع دارای مقدار قابل توجه بیشتری از نمک است و دارای قوام شبه دوغابی است.

۹-۲-۱-۴ آون - با اندازه مناسب و قادر به حفظ دمای یکنواخت °C (۵±۱۱۰).

۹-۲-۲ روش آزمون

۹-۲-۲-۱ یک آزمونه از سبکدانه در شرایط مرطوب با سطح خشک با استفاده از روش بند ۹-۱-۲-۳ تهیه کنید. برای مصالح ریز دانه، نمونه‌های آزمونی حدود ۵ g را وزن کنید. برای مصالح دانه درشت و یا ترکیبی از دانه درشت و دانه ریز، نمونه‌های آزمونی حدود ۲۰ g را وزن کنید جرم ظرف توزین خالی را اندازه‌گیری و ثبت کنید. مصالح دانه‌ای را اضافه کرده و ظرف توزین و مصالح را مجدد وزن کنید. تفاوت این دو، جرم آزمونه را نشان می‌دهد. تمام اندازه‌گیری‌ها را با دقت ۰٫۰۱ g انجام دهید و جرم آزمونه را به عنوان M_{SD} یادداشت کنید.

۹-۲-۲-۲ ظرف آزمونه را در محیط با رطوبت کنترل شده قرار دهید. جرم آزمونه‌ها را به صورت روزانه تا زمان رسیدن به تعادل اندازه‌گیری کنید. جرم زمانی به تعادل رسیده است که در دوره زمانی ۲۴ h بیشتر از ۰٫۰۱ g تغییر در جرم مشاهده نشود. جرم تعادل یافته آزمونه را با دقت ۰٫۰۱ g اندازه‌گیری کرده و به عنوان M_{94} یادداشت کنید.

۹-۲-۲-۳ پس از رسیدن به تعادل، ظرف حاوی آزمونه را در آون قرار دهید و تا زمانی که یک جرم ثابت به دست آید خشک کنید. جرم ثابت زمانی به‌دست می‌آید که در دوره زمانی ۲۴ h بیشتر از ۰٫۰۱ g تغییر در جرم مشاهد نشود. اجازه دهید که مصالح در دمای اتاق خنک شوند و سپس جرم را با دقت ۰٫۰۱ g اندازه‌گیری کنید. جرم خشک شده را به عنوان M_{OD} یادداشت کنید.

۹-۲-۳ محاسبه

۹-۲-۳-۱ از معادله ۳ برای محاسبه جرم آب آزاد شده در رطوبت نسبی ٪ ۹۴ به عنوان کسری از جرم خشک با دقت ۰٫۰۱ استفاده کنید.

$$W_{LWA} = \frac{M_{SD} - M_{94}}{M_{OD}} \qquad (۳)$$

۹-۲-۴ گزارش آزمون

۹-۲-۴-۱ ارجاع به شماره این استاندارد ملی.

۹-۲-۴-۲ منبع سبکدانه .

۹-۲-۴-۳ تعیین اندازه اسمی براساس جدول ۱.

۹-۲-۴-۴ جرم آزمونه در شرایط مرطوب با سطح خشک به عنوان M_{SD}، با دقت ۰٫۱ g.

۹-۲-۴-۵ جرم تعادل M_{94} آزمونه در رطوبت نسبی ۹۴ درصد با دقت ۰٫۱ g.

۹-۲-۴-۶ جرم آزمونه خشک به عنوان M_{OD} با با دقت ۰٫۱ g.

۹-۲-۴-۷ میزان آب آزاد شده W_{LWA} در رطوبت نسبی ۹۴ درصد، به عنوان بخشی از جرم خشک با دقت۰٫۰۱.

۹-۲-۵ دقت و اریبی

۹-۲-۵-۱ مطالعات درون آزمایشگاهی این روش آزمون هنوز کامل نشده است. انحراف معیارآزمون‌گر ماهر در یک آزمایشگاه، برای مقدار آب آزاد شده در رطوبت نسبی ٪ ۹۴ که به عنوان بخشی از جرم خشک بیان شده است برابر ۰٫۰۰۵ می باشد.

یادآوری- آزمونه سبکدانه ریز از چهار منبع مختلف در یک مطالعه آزمایشگاهی استفاده شدند. مقدار آب خارج شده در رطوبت نسبی ٪ ۹۴ در حدود ۰٫۰۹ تا ۰٫۲۵ به عنوان بخشی از جرم خشک بیان شده است. جذب ۷۲ ساعته بین ٪ ۹ تا ٪ ۲۸ و چگالی نسبی خشک بین ۱٫۰۶ تا ۱٫۷۴ تغییر کرد. انحراف استاندارد به مقادیر میانگین بستگی ندارد و یک انحراف استاندارد مرکب محاسبه شده است.

۹-۲-۵-۲ اریبی این روش آزمون را نمی‌توان تعیین کرد چون برای سبکدانه یک مرجع پذیرفته شده در دسترس نیست.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

راهنمای محاسبه مقدار سبکدانه برای عمل‌آوری داخلی

الف-۱ کلیات

الف-۱-۱ هدف اصلی از عمل‌آوری داخلی فراهم کردن منبع آب اضافی برای حفظ حالت اشباع منافذ موئینه در خمیر سیمان و اجتناب از خود خشک‌شدگی می‌باشد. خود خشک‌شدگی همان کاهش رطوبت نسبی در بتن است که در شرایط آب‌بندی شده ذخیره شده است. در این حالت هیچ انتقال رطوبتی به داخل یا خارج از بتن وجود ندارد. فرآیند خود خشک‌شدگی در اثر انقباض شیمیایی همراه با هیدراسیون مواد سیمانی است. انقباض شیمیایی به این دلیل رخ می دهد که حجم اشغال شده توسط محصولات هیدراتاسیون کمتر از حجم اصلی آب به همراه مواد سیمانی غیرهیدراته می‌باشد. مخلوط‌های سیمانی با مقادیر کمتر آب به سیمان، از عمل‌آوری داخلی بیشترین بهره را خواهند برد، به این دلیل که آنها بیشتر مستعد خود خشک‌شدگی می‌باشند.

الف-۱-۲ به عنوان یک نتیجه از انقباض شیمیایی، رطوبت نسبی داخلی مخلوط سیمانی آب‌بندی شده تا ٪ ۹۰ و حتی پایین‌تر، بسته به نسبت آب به سیمان مخلوط بتنی و توزیع اندازه ذرات مواد سیمانی کاهش می یابد. کاهش رطوبت نسبی داخلی موجب جمع‌شدگی ذاتی (مطابق استاندارد ASTM C1698) و کاهش درجه هیدراتاسیونی می‌شود که می‌توان به دست آورد. با جایگزینی یک بخش از مصالح دانه‌ای با وزن معمولی با سبکدانه پیش مرطوب شده، آب اضافی به‌دست آمده رطوبت نسبی بالایی را در منافذ موئینه خمیر سیمان حفظ می‌کند. این امر موجب رسیدن به درجه بالاتری از هیدراتاسیون و کاهش جمع‌شدگی ذاتی می‌شود.

الف-۱-۳ اگر از سبکدانه برای عمل‌آوری داخلی استفاده شود، آب درون منافذ نفوذپذیر ذرات مصالح به درون ملات سیمانی برای پر کردن خلل و فرج موئینه در خمیر سیمانی ناشی از جمع‌شدگی ذاتی حرکت خواهند کرد. حرکت آب توسط ساختار منفذی خمیر که به نسبت آب به سیمان، نوع مواد سیمانی و درجه هیدراتاسیون بستگی دارد، محدود خواهد شد. بنابراین تنها یک "پوسته" پوشاننده اطراف یک ذره سبکدانه به دلیل نزدیکی کافی به مخزن آب "حفاظت شده" است. کسری از خمیر که توسط ذرات سبکدانه محافظت می‌شود به مقدار مصالح سبک استفاده شده و دانه‌بندی آن بستگی دارد. برای حجم‌های مساوی از مصالح دانه‌ای سبک، استفاده از ذرات مصالح کوچک‌تر به دلیل مساحت سطح بیشتر آنها در واحد حجم، محافظت بیشتری را از خمیر خواهد کرد.

الف-۲ جذب و دفع

الف-۲-۱ جذب ۷۲ ساعته نشانه ظرفیت آب سبکدانه برای عمل‌آوری داخلی است. با این حال، ارزیابی سهولت انتشار آب جذب شده از سبکدانه به اطراف مخلوط سیمانی درطول عمل‌آوری بسیار مهم است. روش آزمون دفع برای تعیین مقدار آب جذب شده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد که به آسانی رها شده و برای

حفظ اشباع منافذ موئینه ملات در دسترس است. در این استاندارد، یک محیط با رطوبت نسبی ٪ ۹۴ و دمای °C (۱±۲۳) برای ارزیابی ظرفیت دفع استفاده می‌شود. روش شرح داده شده در این استاندارد در اصل مشابه روش آزمون استاندارد ASTM C1498 برای تعیین جذب رطوبت مصالح ساختمانی در شرایط هم‌دما است. مطابق این استاندارد، سبکدانه باید حداقل ٪ ۸۵ از آب جذب شده را در مدت h ۷۲ تحت شرایط ذخیره‌سازی رها کنند.

الف-۳ مقدار مورد نیاز سبکدانه

الف-۳-۱ مقدار سبکدانه مورد نیاز برای عمل‌آوری داخلی در واحد حجم بتن را می‌توان با استفاده از معادله الف-۱ به دست آورد.

$$M_{LWA} = \frac{C_f \times CS \times \alpha_{max}}{S\, W_{LWA}} \qquad \text{(الف-۱)}$$

که در آن:

M_{LWA} جرم (خشک) سبکدانه مورد نیاز در واحد حجم بتن، kg/m^3؛

C_F میزان مواد سیمانی بر ای مخلوط بتنی، kg/m^3؛

CS انقباض شیمیایی مصالح سیمانی در هیدراتاسیون کامل (۱۰۰درصد) ، کیلوگرم سیمان / کیلوگرم آب؛

α_{max} حداکثر درجه بالقوه هیدراتاسیون مواد سیمانی (۰ تا ۱/۰)؛

S درجه اشباع مصالح از پیش مرطوب شده نسبت به شرایط مرطوب با سطح خشک (۰ تا ۱/۰)؛

W_{LWA} جرم آب رها شده توسط سبکدانه در گذر از وضعیت مرطوب با سطح خشک به جرم تعادلی در رطوبت نسبی ٪ ۹۴ که به عنوان بخشی از جرم خشک بیان شده است.

الف-۳-۲ صورت کسر معادله الف-۱ نشان دهنده میزان آب مورد تقاضا برای پر کردن منافذ موئینه خالی در خمیر حاصل از انقباض شیمیایی است. مخرج کسر، میزان آب رها شده از مصالح در واحد جرم سبکدانه در شرایط خشک است. درجه اشباع زمانی استفاده می‌شود که میزان رطوبت مصالح دانه‌ای کمتر از شرایط مرطوب با سطح خشک که در این استاندارد تعریف شده باشد.

الف-۳-۳ برای سیمان پرتلند، انقباض شیمیایی را می‌توان از ترکیب مراحل برآورد نمود. یک مقدار محافظه‌کارانه برای انقباض شیمیایی نسبت وزنی آب به سیمان ۰٫۰۷ است. به طور کلی، مواد سیمانی مکمل انقباض شیمیایی بالاتری از سیمان پرتلند خواهند داشت، با این حال، تقریبا برای تمام کاربردهای عملی نسبت وزنی آب به سیمان ۰٫۰۷ قابل قبول است. در صورت نگرانی، استاندارد ASTM C1608 را می‌توان برای اندازه‌گیری انقباض شیمیایی برای درجه هیدراتاسیون انتخاب شده، استفاده کرد.

الف-۳-۴ درصورتی‌که تمام آب‌های فراهم شده برای هیدراسیون توسط سبکدانه ها در دسترس بوده و از طریق تبخیر از بین نرفته باشند، مقدار α_{max} نشان‌دهنده حداکثر میزان پتانسیل هیدراسیون است. به منظور تخمین مقدار مورد نیاز سبکدانه، برای سیمان پرتلند با مقدارW/C بزرگتر یا مساوی ۰٫۳۶می‌توان مقدار α_{max} را ۱٫۰ در نظرگرفت. برای مقادیر آب به سیمان پایین‌تر از ۰٫۳۶ می‌توان $\alpha_{max}=(W/C)/0.36$ استفاده کرد. از همین مقادیر می‌توان برای مخلوط‌های بتنی حاوی مواد سیمانی مکمل استفاده کرد.

الف-۴ میزان مصالح دانه‌ای با وزن معمولی که جایگزین می‌شوند

الف-۴-۱ در طرح اختلاط بتن با سبکدانه برای عمل‌آوری داخلی، حجمی از مصالح دانه‌ای با وزن معمولی با همان حجم از سبکدانه جایگزین می‌شود. پس از این که جرم مورد نیاز سبکدانه با استفاده از معادله الف-۱ محاسبه شد، میزان سنگدانه با وزن معمولی که باید حذف شود از معادله الف-۲ تعیین می‌شود:

$$M_{NMA} = M_{LWA} \frac{G_{ODN}}{G_{OD}} \qquad \text{(الف-۲)}$$

که در آن:

M_{NWA} جرم سنگدانه با وزن معمولی در شرایط خشک که باید حذف شود، kg/m^3

G_{ODN} چگالی نسبی (آون خشک) سنگدانه با وزن معمولی

G_{OD} چگالی نسبی (آون خشک) سبکدانه

الف-۵ تأیید خواص بتن

برای ارزیابی خصوصیات عملکردی طرح اختلاط نهایی بتن، نیاز است که مخلوط آزمایشی ساخته شود و خواص بتن تازه، بتن سخت شده، پایایی و کارآیی آن اندازه‌گیری شود. ضوابط آزمون ذکر شده در استاندارد ملی شماره ۴۹۸۵ را می‌توان برای این هدف استفاده کرد.

کتاب‌نامه

[1] Villareal, V.H., and Crocker, D.A., “Better Pavements through Internal Hydration,” Concrete International, 29(2), 2007, pp. 32-36.

[2] Bentz, D.P., and Weiss W. J., “Internal Curing: A 2010 State-of-theArt Review,” NISTIR 7765, U.S. Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology, February 2011.

[3] Greenspan, L., “Humidity Fixed Points of Binary Saturated Aqueous Solutions,” Journal of Research of NBS, Vol. 81A, No. 1, Jan. 1977, pp. 89-96.

[4] Bentz, D., and Snyder, K., (1999), “Protected Paste Volume in Concrete: Extension to Internal Curing using Saturated Lightweight Fine Aggregate,” Cement and Concrete Research , 29 (11), 1999, pp. 1863-1867

[5] Bentz, D.P., Lura, P., and Roberts, J.W., “Mixture Proportioning for Internal Curing,” Concrete International, 27 (2), 2005, pp. 35-40.