



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۸۴۱۶

چاپ اول

۱۳۹۳

INSO

18416

1st. Edition

2014

عامل کف زا برای تولید بتن سلولی با استفاده
از کف آماده - روش آزمون

**Foaming Agents for Use in Producing
Cellular Concrete
Using Preformed Foam- Test Method**

ICS:91.100.30

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه 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 حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و موسسات 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 فنی 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 موسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته 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 شماره ۵ تدوین و در کمیته 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)^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 نماید. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و موسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سامانه‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمونگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان‌ها و موسسات را بر اساس ضوابط نظام تایید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تایید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی 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

« عامل کف زا برای تولید بتن سلولی با استفاده از کف آماده - روش آزمون »

رئیس:

زهرایی، سید مهدی
(فوق دکترای عمران)

سمت و/ یا نمایندگی
عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی عمران
دانشگاه تهران

دبیر:

ترابی زاده، محمدرضا
(کارشناسی مهندسی عمران)

اداره کل استاندارد هرمزگان

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

احمد نژاد، سلیم
(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)

مدیر کنترل کیفیت سیمان هرمزگان

امیرشکاری، ایمان
(کارشناسی مهندسی عمران)

دفتر فنی دانشگاه علوم پزشکی استان
هرمزگان

بدخشان، آرش
(کارشناسی مهندسی عمران)

شرکت فنی، مهندسی میزان

بشیری، عباس
(کارشناسی مهندسی عمران)

دایره ساختمان بانک صادرات استان
هرمزگان

بنی هاشمی، سید محسن
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

شرکت آبا بتن ساحل

تدین، محسن
(دکترای مهندسی عمران)

انجمن بتن ایران

رنجبر، احسان
(کارشناسی فیزیک کاربردی)

اداره کل استاندارد هرمزگان

زارع زاده، مجید
(کارشناسی ارشد فیزیک هسته ای)

اداره کل استاندارد هرمزگان

پژوهشگاه استاندارد	سامانیان، حمید (کارشناسی ارشد مهندسی مواد)
نظام مهندسی ساختمان استان هرمزگان	سیمراخ، مجید (کارشناسی مهندسی عمران)
اداره نظارت بر اجرای استاندارد صنایع غیرفلزی	عباسی رزگله، محمد حسین (کارشناسی مهندسی مواد)
شرکت کیش بتن جنوب	کالبدی، سید علی (کارشناسی مهندسی عمران)
شرکت مشاور پیمون	لشکری، آرش (کارشناس ارشد مهندسی عمران - سازه)
اداره نظارت بر استاندارد صنایع غیرفلزی	مجتبوی، سید علیرضا (کارشناسی مهندسی مواد)
موسسه پایدار سازه	مصطفی زاده، سید حجت (کارشناسی ارشد مهندسی عمران - سازه)
آزمایشگاه کالیبراسیون پایش ابزار برتر	مهدی زاده صفار، سعید (کارشناسی مهندسی شیمی)
شرکت فرآیند ساخت پارسه	هاشمی، پویان (کارشناسی مهندسی عمران)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
د	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها، اختصارات و یکاها
۳	۴ کلیات
۳	۵ وسایل
۴	۶ مصالح و نسبت آن‌ها
۵	۷ روش انجام آزمون
۷	۸ محاسبات
۹	۹ گزارش آزمون
۹	۱۰ دقت و اریبی
۱۱	پیوست الف

پیش‌گفتار

استاندارد «عامل کف زا برای تولید بتن سلولی با استفاده از کف آماده -روش آزمون» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های فنی مربوطه توسط سازمان ملی استاندارد تهیه و تدوین شده و در پانصد و یازدهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمانی و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۳/۲/۱۴ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه 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 تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوطه مورد توجه قرار خواهد 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 C796 / C796M:2012, Standard Test Method for Foaming Agents for Use in Producing Cellular Concrete Using Preformed Foam

عامل کف زا برای تولید بتن سلولی با استفاده از کف آماده - روش آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد تعیین روش اندازه‌گیری آزمایشگاهی عملکرد یک ماده شیمیایی کف زا برای استفاده در تولید فوم (سلول های هوا) جهت استفاده در ساخت بتن سلولی (متخلخل)، است.

۲-۱ این روش آزمون، شامل موارد زیر می‌شود:

۱-۲-۱ ساخت مقادیر آزمایشگاهی بتن سلولی؛

۲-۲-۱ تعیین مقدار هوای بتن سلولی تازه آماده شده و بتن سخت شده بعد از کار با دستگاه‌های متداول؛

۳-۲-۱ تعیین ویژگی‌های بتن سخت شده، شامل: مقاومت فشاری، مقاومت کششی شکافتی، چگالی و جذب آب. بسته به اهداف استفاده از مواد، ممکن است مطالعه همه ویژگی‌های بالا، در همه موارد، لازم نباشد.

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:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۳۸۹: سال ۱۳۷۸، سیمان پرتلند- ویژگی‌ها.

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۴۴۹: سال ۱۳۸۹، سنگدانه- سلامت سنگدانه با استفاده از محلول سولفات سدیم یا منیزیم- روش آزمون.

۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۸۱۲۹: سال ۱۳۸۲، بتن ساخت نمونه‌های استوانه‌ای و منشوری جهت تعیین مقاومت و چگالی بتن پیش آکنده در آزمایشگاه آیین کار.

2-4 ASTM C495 / C796M, Standard Test Method for Compressive Strength of Lightweight Insulating Concrete

2-5 ASTM C496 / C496M, Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens

2-6 ASTM C511 / C796M, Standard Specification for Mixing Rooms, Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes

- 2-7 ASTM C511 / C796M, Standard Specification for Mixing Rooms, Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes
- 2-8 ASTM C88, Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate

۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها، اختصارات و یکاها

۱-۳

اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۱-۳

بتن متخلخل

یک محصول سبک وزن، متشکل از سیمان پرتلند، خمیرهای سیمان- سیلیس، سیمان - پوزولان، پوزولان- آهک یا آهک- سیلیس یا خمیرهایی که حاوی مخلوطی از این مواد هستند و دارای ساختار سلولی یا حفره‌ای همگنی هستند که توسط مواد شیمیایی تشکیل دهنده گازی یا مواد کفزا (برای بتن‌های سلولی (متخلخل) دارای سایر مواد چسپاننده متفاوت، یا آمیخته سیمان پرتلند، از عمل‌آوری بتن با اتوکلاو استفاده می‌شود)، به دست آمده‌اند. در بتن متخلخل، کنترل چگالی توسط جایگزینی سلول‌های هوا قابل مشاهده برای همه یا بخشی از سنگدانه‌های ریز، به دست می‌آید. معمولاً از سنگدانه‌های درشت با وزن معمولی، استفاده نمی‌شود اما از سبک دانه، ریز و یا درشت، اغلب در بتن متخلخل استفاده می‌شوند.

۳-۲ نمادها، اختصارات و یکاها

در این استاندارد نمادها، اختصارات و یکاهای مندرج در جدول ۱، به کار می‌رود:

جدول ۱- نمادها، اختصارات و یکاها

نماد	کمیت	یکا
D_{ex1}	چگالی آزمایشگاهی بتن قبل از پمپ کردن	Kg/m^3
D_{ex2}	چگالی آزمایشگاهی بتن بعد از پمپ کردن	Kg/m^3
D_{th}	چگالی نظری مخلوط خمیری بر اساس حجم مطلق	Kg/m^3
D_d	چگالی مورد نظر در طراحی	Kg/m^3
SGC	چگالی نسبی ذرات سیمان ^۱	--
T	زمان مورد نیاز برای پر کردن سرشار شده	دقیقه
T_1	زمان مورد نیاز برای تولید یک مترمکعب از کف	دقیقه
v	حجم ظرف حاوی کف	m^3
V_a	حجم هوای مورد نیاز در پیمانانه آزمون	m^3
V_c	حجم آزمون (استوانه)	m^3
V_f	حجم کف در پیمانانه آزمون	m^3
V_w	حجم آب جذب شده توسط نمونه آزمون در ۲۴ ساعت	m^3
W_1	وزن خالص کف در ظرف سرشار شده، قبل از برداشتن قسمت اضافی	Kg
W_2	وزن خالص کف در ظرف بعد از برداشتن قسمت اضافی	Kg
W_c	جرم سیمان در پیمانانه آزمون	Kg
W_f	جرم کف در پیمانانه آزمون	Kg
W_{TW}	جرم نهایی آب در پیمانانه آزمون، شامل وزن کف	Kg
W_{uf}	چگالی کف	Kg/m^3
W_w	جرم آب اضافه شده به پیمانانه آزمون در مخلوط کن	Kg

۴ کلیات

۴-۱ این استاندارد شامل موارد زیر است:

۴-۱-۱ ساخت آزمایشگاهی بتن متخلخل.

۴-۱-۲ تعیین مقدار هوای بتن متخلخل تازه آماده شده و بتن سخت شده بعد از کار با دستگاه‌های متداول.

۳-۱-۴ تعیین ویژگی‌های زیر در بتن سخت شده: مقاومت فشاری، مقاومت کششی شکافتی، چگالی و جذب آب. بسته به اهداف استفاده از مواد، ممکن است مطالعه همه ویژگی‌های بالا، در همه موارد، لازم نباشد.

۵ وسایل

۱-۵ مخلوط‌کن

مخلوط‌کن باید از نوع مخلوط‌کن تیغه‌ای پارویی^۱ قدرتی با حداقل ظرفیت ۱ مترمکعب، و سرعت (۴۰ تا ۵۰) دور در دقیقه و مجهز به تیغه‌های پاک‌کن لاستیکی باشد.

۲-۵ دستگاه مولد کف

دستگاه مولد کف باید یک مولد آزمایشگاهی مناسب و باید مشابه با نوع استفاده شده در کارگاه باشد.

۳-۵ پمپ

پمپ باید از نوع پمپ دهانه باز یا دهانه بسته باشد^۲ و باید در (۲۶۰ تا ۶۳۰) دور بر دقیقه به کار افتد. پمپ باید با یک منبع تغذیه ۰/۱۵ مترمکعبی مجهز شود و یک لوله خرطومی لاستیکی ۱۵ متری با قطر داخلی ۲۵ میلی‌متر، بر روی محل تخلیه پمپ، به طوری که انتهای لوله خرطومی با پمپ در یک ارتفاع یکسان قرار داشته باشند.

۴-۵ محفظه عمل آوری بتن

محفظه عمل آوری بتن باید مطابق استاندارد ۲-۶ باشد.

۵-۵ قالب‌ها

قالب‌های استوانه‌ای برای نمونه‌های آزمون فشاری، باید مطابق با آنچه که در بخش ابزار روش آزمون استاندارد بند ۲-۴ توصیف شده است باشد. قالب‌های همه آزمون‌های دیگر، باید با قالب‌های آزمون ابزار روش آزمون استاندارد، بند ۲-۳، مطابقت داشته باشند.

۶-۵ صفحه سرزنی برای قالب‌ها

یک صفحه فولادی مسطح به ضخامت ۶ میلی‌متری که حداقل ۲۰۰ میلی‌متر، درازتر و ۵۰ میلی‌متر، عریض‌تر از قطر قالب باشد.

1-Paddletype

2-Throat tyope

۷-۵ ترازو

باید دقتی در ۰/۱ درصد وزن مواد اندازه‌گیری شده داشته باشند.

۸-۵ دستگاه‌های فشاری

دستگاه‌های انجام آزمون فشاری استفاده شده برای آزمون‌های مقاومت فشاری و آزمون‌های مقاومت کششی شکافتی به ترتیب باید با الزامات روش‌های استاندارد بند ۲-۵ و ۲-۴، مطابقت داشته باشند.

۹-۵ گرمخانه

گرمخانه باید مطابق آن چه که در استاندارد بند ۲-۷، توصیف شده است، باشند.

۱۰-۵ هوای متراکم

یک منبع از هوای متراکم با قابلیت نگهداری فشار در محدوده انتخابی (۴۰۰ تا ۷۰۰) کیلو پاسکال، فشار انتخابی باید در محدوده تغییرات ± 35 کیلو پاسکال، نگه داشته شود.

۱۱-۵ ظرف اندازه‌گیری (سنجش) برای بتن

یک ظرف فولادی ماشین‌کاری شده با حجم ۰/۱۵ مترمکعب با لبه‌های صاف مسطح باشد.

۱۲-۵ صفحه سرزنی برای ظرف اندازه‌گیری

یک صفحه فولادی مسطح با ضخامت ۶ میلی‌متری که حداقل ۲۰۰ میلی‌متر، درازتر و ۵۰ میلی‌متر، عریض‌تر از قطر لبه ظرف اندازه‌گیری باشد.

۱۳-۵ زمان سنج

ساعت درجه‌بندی شده به دقیقه و ثانیه است.

۱۴-۵ کولیس‌ها

با دهانه ی (۷۵، ۱۵۰ و ۳۰۰) میلی‌متری.

۱۵-۵ ظرف اندازه‌گیری کف

یک مخزن سبک وزن با ظرفیت تقریبی ۰/۰۶ مترمکعب، با لبه‌های صاف درزبندی.

۱۶-۵ صفحه درزبندی برای ظرف اندازه‌گیری کف

یک صفحه فولادی مسطح با ضخامت ۶ میلی‌متری که حداقل ۲۰۰ میلی‌متر، درازتر و ۵۰ میلی‌متر، عریض‌تر از قطر لبه ظرف باشد.

۱۷-۵ ابزارهای کوچک

ابزارهای کوچکی مانند یک چکش لاستیکی و یک ماله، باید فراهم شود.

۶ مصالح و نسبت ها

۱-۶ سیمان

سیمان استفاده شده باید از نوع سیمان پرتلند نوع ۱ یا نوع ۳ و مطابق با الزامات مشخصات فنی استاندارد بند ۱-۲ باشد.

۲-۶ نسبت آب به سیمان

مقدار آب مورد نیاز، با نوع و تولید کننده سیمان، تغییر خواهد کرد. برای اهداف این روش آزمون، باید از نسبت آب به سیمان ۰/۵۸ برای سیمان پرتلند نوع ۱ و ۰/۶۴ برای سیمان پرتلند نوع ۳، استفاده شود. با این وجود، اگر یک سیمان ویژه یا یک عامل کفزا که با نسبت آب به سیمان، استفاده شده است، یک مخلوط رضایت بخش را ایجاد نکند، ممکن است با استفاده از نسبت های آب به سیمان مختلف، مخلوط یا مخلوط-های آزمایشی، ساخته شوند.

۳-۶ حجم نمونه

مقدار سیمان باید به اندازه کافی باشد تا اجازه قالب گیری همه آزمون های از یک پیمان را بدهد. نسبت آب و سیمان مخلوط بند ۲-۶ تعیین شد، باید برای ساختن پیمان آزمون، استفاده شود.

۱-۳-۶ محلول کفزا در فوم، باید به عنوان بخشی از آب اختلاط نهایی، منظور شود. حجم فوم باید برای پیمان، تنظیم شود تا بعد از پمپ کردن، چگالی $(\pm 50) 640$ کیلوگرم بر مترمکعب را ایجاد کند.

۷ روش انجام آزمون

۱-۷ یک محلول رقیق از عامل کفزا را با میزان رقیق شدگی که توسط تولید کننده تعیین شده است، را بسازید. اگر میزان رقیق شدگی تعیین نشده باشد، انجام آزمون های مقدماتی برای تعیین رقیق شدگی، ضروری است. نقطه شروع پیشنهادی برای چنین آزمون هایی، ۴۰ بخش حجمی آب و ۱ بخش حجمی از عامل کفزا است.

۲-۷ دستگاه مولد کف را با مقداری از محلول کفزا که توسط سازنده دستگاه مولد، پیشنهاد شده است، بارگیری کنید.

۳-۷ مولد را به منبعی از هوای فشرده تا فشار مقدار مناسب، تنظیم می کند، متصل کنید.

۴-۷ با استفاده از یک ساعت زمان گیری، مولد را به صورت زیر، واسنجی کنید:

ظرف خالی از کف وزن کنید و حجم آن را تعیین نمایید. ظرف را از کف سرریز کنید و زمان مورد نیاز را با یک زمان سنج، اندازه گیری کنید و سپس آن را وزن کنید. فوم‌های اضافی را با استفاده از نگه داشتن صفحه سرزنی در موقعیت افقی (سطح افقی صفحه) و حرکت دادن آن در سراسر بالای ظرف با عمل اهر کردن، حذف و دوباره وزن کنید. زمان مورد نیاز را بر مترمکعب فوم، با استفاده از معادله (۱)، محاسبه کنید:

$$T_1 = \frac{TW_2}{W_1V} \quad (1)$$

۷-۴-۱ چگالی کف را هم با استفاده از معادله (۲)، محاسبه کنید:

$$W_{uf} = \frac{W_2}{V} \quad (2)$$

۷-۴-۲ طول مدت مورد نیاز برای تولید حجم لازم فوم $V_f T_1$ را از معادله (۳) به دست آورید:

$$V_f T_1 = \frac{1000 V_a T_1}{1000 - W_{uf}} \quad (3)$$

۷-۴-۳ جرم W_f ، از حجم مورد نیاز کف $V_f W_{uf}$ را محاسبه کنید.

یادآوری- متناسب با کاربرد استفاده شیمیایی از کف، چگالی آن معمولاً در محدوده (۳۰ تا ۶۵ کیلوگرم بر مترمکعب خواهد بود). اگر مولد کف، قابل تنظیم است، چگالی کف، W_{uf} ، را بر اساس توصیه سازنده، تنظیم کنید.

۷-۴-۳-۱ اگر از سیمان پرتلند نوع ۱ استفاده شود، $W_f = W - W_{uf}$ از وزن آب، W_w ، و ۴۵ کیلوگرم سیمان نوع ۱.

۷-۴-۳-۲ اگر از سیمان پرتلند نوع ۳ استفاده شود، $W_f = W - W_{uf}$ از وزن آب، W_w ، و ۴۵ کیلوگرم سیمان نوع ۳.

۷-۴-۵ مخلوط‌کن را با آب، مرطوب کنید. آب، (W_w) را اضافه و مخلوط‌کن را روشن کنید. سیمان را به تدریج (بیش از یک دوره $\frac{1}{2}$ دقیقه‌ای) اضافه کنید. با یک ماله، کلوخه های سیمان را خرد کنید. سپس آن را به مدت ۵ دقیقه مخلوط کنید.

۷-۴-۶ در حین اختلاط مقدار (V_f) را به مخلوط اضافه کنید، $V_f m^3$ ، از کف را اضافه کنید. زمان کف مورد نیاز، $V_f T_1$ ، است. تا ۲ دقیقه بعد از این که همه کف، اضافه شد، مخلوط کردن را ادامه دهید. محتوای مخلوط کن را در پمپ، تخلیه کنید و بلافاصله مرحله ۷-۷ بروید.

۷-۴-۷ وزن کردن ظرف وزن شده را با نمونه بتن موجود در مخزن پمپ، پر کنید. قبل از برداشتن نمونه، با دقت بتن درون مخزن مخلوط کنید تا یکنواختی بهتری را حاصل شود. بدون این که حباب‌های بزرگ هوا در آن محبوس گردد از یک بیل دسته کوتاه با اندازه مناسب که به کف مخزن برسد، استفاده کنید. برای انتقال بتن به ظرف، از یک سرتاس استفاده کنید و در مدت زمان عملیات پرکردن، با یک چکش لاستیکی، به

سرعت به جداره بیرونی، ضربه بزنید. ظرف را پر از بتن کنید، اضافه را با استفاده از نگه داشتن صفحه سرریزی در موقعیت افقی (سطح افقی صفحه) و حرکت دادن آن در سراسر بالای ظرف با حرکت اهر ای، حذف کنید. با استفاده از یک پارچه، بتن‌های جدا شده را از سطح ظرف، پاک کنید. ظرف پر شده را وزن کنید. چگالی بتن را محاسبه و به عنوان چگالی قبل از پمپ کردن (D_{ex1})، ثبت کنید.

۷-۷-۱ نمونه بتن را در یک شیلنگ خرطومی ۱۵ متری پمپ کنید و آن را به درون یک حوضچه نمونه-گیری، بریزید. از حوضچه نمونه‌گیری، نمونه چگالی دوم را مطابق بخش ۷-۷ برداشته، و به عنوان چگالی بعد از پمپ کردن (D_{ex2})، وزن کرده و ثبت کنید.

۷-۸ قالب‌گیری - به سرعت، قالب‌های استوانه ای را با بتن حوضچه نمونه‌گیری، پر کنید. تا زمانی که قالب در حال پر شدن است، با یک چکش لاستیکی به جداره بیرونی قالب، ضربه بزنید. حداقل تعداد آزمون‌های مورد نیاز، چهار استوانه (150×75) میلی‌متری و ده استوانه (300×150) میلی‌متری، است.

۷-۸-۱ به محض این‌که قالب‌ریزی انجام شد، سطح بالایی هر آزمون را تمیز کنید و برای جلوگیری از تبخیر شدن، بدون صدمه زدن به سطح، آن را توسط یک کیسه پلاستیکی، بپوشانید.

۷-۹ جدا کردن از قالب‌ها و عمل‌آوری بتن از الزومات استاندارد بند ۲-۴ پیروی کنید به استثنای موارد زیر: نمونه‌ها را به جای گرمخانه، با قرار دادن ۲۵ تا ۲۸ روز در برابر هوا، خشک کنید. آزمون‌هایی که برای انجام آزمون استفاده می‌شوند را با گرمخانه، خشک نکنید.

۷-۱۰ مقاومت کششی شکافتی - چهار استوانه (150×75) میلی‌متری را برای مقاومت فشاری مطابق با روش آزمون استاندارد بند ۲-۴، آزمون کنید.

۷-۱۱ مقاومت شکاف‌خوردگی کششی - چهار استوانه (300×150) میلی‌متری، را برای مقاومت شکاف-خوردگی کششی، در سن ۲۸ روزه، مطابق با روش آزمون استاندارد بند ۲-۶، آزمون کنید.

۷-۱۲ چگالی خشک گرمخانه - چگالی خشک گرمخانه ای را مطابق بخش چگالی خشک گرمخانه ای روش آزمون استاندارد بند ۲-۴، تعیین کنید. از سه استوانه (300×150) میلی‌متری، بند ۷-۸، در سن ۲۸ روزه، استفاده کنید.

۷-۱۳ جذب آب

۷-۱۳-۱ سه آزمون (300×150) میلی‌متری، از بخش ۷-۸، در سن ۲۸ روزه‌گی برداشته و با کولیس، ابعاد آن را مطابق با آزمون استاندارد بند ۲-۴، توصیف شد، اندازه بگیرید.

۷-۱۳-۲ آزمون‌های ۱۵۰ میلی‌متری را زیر سطح آب غوطه ور کنید. دمای آب را در (23 ± 2) درجه سلسیوس، نگه دارید. آزمون را از درون آب بردارید و اجازه دهید تا آب اضافی خارج شود (۳۰ ثانیه) و بعد آن را وزن کنید که این، وزن مرطوب آزمون است.

۸ محاسبات

۱-۸ درصد هوا

۱-۱-۸ چگالی آزمایشگاهی بتن تازه را در مخلوط‌کن، D_{ex1} و چگالی بعد از تخلیه شدن (انتهای لوله خرطومی)، D_{ex2} ، با تقسیم کردن وزن خالص آزمون‌ها از بندهای ۷-۷ و ۷-۷ به حجم ظرف، تعیین کنید. و با تقریب، ۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب، ثبت کنید.

۲-۱-۸ چگالی آزمایشگاهی نمونه‌ها طبق بند ۱۲-۷، قبل و بعد از خشک شدن، از تعمیم وزن به حجم نمونه‌ها، تعیین کنید. از سه استوانه (۳۰×۱۵۰) میلی‌متری، استفاده کنید و نتیجه را با تقریب ۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب، ثبت کنید.

۳-۱-۸ درصد هوای بتن تازه مخلوط شده را قبل و بعد از پمپ کردن، از چگالی‌های آزمایشگاهی، و چگالی نظری، D_{th} ، را بر اساس حجم مطلق، تعیین کنید. درصد هوا را تا تقریب ۱ درصد، ثبت کنید. چگالی نظری را بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب بر اساس معادله (۴)، محاسبه کنید:

$$D_{th} = \frac{W_w + W_c + W_f}{\frac{W_w}{1000} + \frac{W_c}{1000 SGC} + \frac{W_f}{1000}} \quad (۴)$$

۱-۳-۱-۸ درصد هوای قبل از پمپ کردن یا درصد هوا در مخلوط‌کن را به کمک معادله (۵) محاسبه کنید:

$$\text{درصد هوای قبل از پمپ کردن} = 100 \left(1 - \frac{D_{ex1}}{D_{th}} \right) \quad (۵)$$

۲-۳-۱-۸ محتوای هوای بعد از پمپ کردن یا درصد هوا در انتهای لوله خرطومی را طبق معادله (۶) محاسبه کنید:

$$D_{th} = \frac{W_w + W_w + W_f}{\frac{W_w}{1000} + \frac{W_c}{100 SGC} + \frac{W_f}{1000}} = \text{محتوای هوای بعد از پمپ کردن} \quad (۶)$$

یادآوری- با استفاده از روش‌های تعیین شده و با فرض این‌که وزن مخصوص سیمان، ۳/۱۵ است و کل آب استفاده شده برای سیمان نوع ۱، ۲۶ کیلوگرم و چگالی تئوری ۱۷۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب است. به همین نحو، برای سیمان نوع ۳، آب نهایی ۲۹ کیلوگرم و چگالی نظری ۱۷۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب است.

۴-۱-۸ اتلاف هوا در ضمن پمپ کردن را به عنوان درصد افت هوای قبل و بعد از پمپ کردن، را محاسبه و با تقریب ۱ درصد، ثبت کنید.

$$\text{درصد اتلاف هوا بر حسب حجم} = 100 \frac{D_{ex2} - D_{ex1}}{D_{th}} \quad (۷)$$

۸-۱-۵ چگالی طراحی (D_d)، مخلوط آزمون بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب، از معادله (۸)، محاسبه کنید:

$$D_d = \frac{W_w + W_c + W_f}{\frac{W_w}{1000} + \frac{W_c}{1000SGC} + V_f} \quad (8)$$

۸-۲ جذب آب

۸-۲-۱ میانگین وزن آب جذب شده توسط استوانه‌ها را از کم کردن میانگین وزن خشک استوانه‌ها (بخش ۷-۱۲ را مشاهده کنید) از میانگین وزن مرطوب آن‌ها (بند ۷-۱۳ را مشاهده کنید)، به دست آورید. و با تقریب ۰/۰۵ کیلوگرم، ثبت کنید.

۸-۲-۲ میانگین حجم آب جذب شده با تقسیم کردن میانگین وزن آب جذب شده به چگالی آب بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب، دست آورید. جذب آب را با استفاده از معادله (۹)، محاسبه کنید:

$$\text{درصد حجمی جذب} = 100 \frac{V_w}{V_c} \quad (9)$$

جذب را با تقریب ۰/۵ درصد، ثبت کنید.

۹ گزارش آزمون

۹-۱ با استفاده از دقت تعیین شده در بند ۸، موارد زیر را گزارش کنید:

۹-۱-۱ شناسایی آزمون شده‌های شیمیایی، شامل نام سازنده، نام تجاری و شماره سری؛

۹-۱-۲ نسبت آب به سیمان و نوع سیمان استفاده شده؛

۹-۱-۳ محتوای هوا، قبل و بعد از پمپ کردن؛

۹-۱-۴ چگالی خشک با استفاده از گرمخانه؛

۹-۱-۵ جذب آب، درصد به حجم؛

۹-۱-۶ مقاومت فشاری؛

۹-۱-۷ درصدافت هوا در ضمن پمپ کردن؛

۹-۱-۸ مقاومت شکافتی؛

۹-۱-۹ اختلاف بین چگالی طراحی شده و چگالی تجربی، قبل و بعد از پمپ کردن.

۱۰ دقت و اریبی

۱۰-۱ دقت

۱-۱-۱۰ دقت یک آزمونگر

انحراف استانداردهای یک آزمونگر تنها، در سومین ستون جدول ۲، لیست شده‌اند. بنابراین نتایج دو آزمونی که به طور صحیح توسط یک آزمونگر انجام شده‌است، نباید بیش‌تر از مقادیر نشان داده شده در ستون چهارم جدول ۲، با هم متفاوت نمی باشند.

جدول ۲ - دقت اندازه گیری یک کارور

آزمون	متوسط میانگین‌های آزمایشگاهی	انحراف معیار (1s)	محدوده قابل قبول دو نتیجه (d2s)
مقاومت فشارشی بر حسب <i>Mpa</i>	۲٫۹	۰٫۴	۱٫۲
مقاومت شکافتی بر حسب <i>Mpa</i>	۰٫۳	۰٫۰۶	۰٫۲
چگالی بر حسب kg/m^3	۵۰۱	۲۷	۷۷
جذب بر حسب %	۱۷٫۸	۰٫۶	۱٫۸

۲-۱-۱۱ دقت بین آزمایشگاهی

انحراف استانداردهای چند آزمایشگاهی، در سومین ستون جدول ۳، لیست شده‌اند. بنابراین نتایج دو آزمونی که به طور صحیح بر روی مواد یکسان توسط دو آزمایشگاه مختلف انجام شده‌است، نباید بیش‌تر از مقادیر نشان داده شده در ستون چهارم جدول ۳، با هم متفاوت باشند.

جدول ۳ - دقت چند آزمایشگاهی

آزمون	متوسط میانگین‌های آزمایشگاهی	انحراف معیار (1s)	محدوده قابل قبول دو نتیجه (d2s)
مقاومت فشارشی بر حسب <i>Mpa</i>	۲٫۹	۰٫۵	۱٫۳
مقاومت خراش شکافتی بر حسب <i>Mpa</i>	۰٫۳	۰٫۰۶	۰٫۲
چگالی بر حسب kg/m^3	۵۰۱	۳۲	۹۰
جذب بر حسب %	۱۷٫۸	۰٫۶	۱٫۸

۲-۱۱ اریبی

۱-۲-۱۱ از آن جا که هیچ ماده مرجع قابل قبولی برای تعیین اریبی این روش آزمون وجود ندارد، میزان اریبی مشخص نشده است.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

نحوه بدست آوردن حجم کف

الف-۱ رابطه حجم کف مورد نیاز برای نمونه، می تواند از موارد زیر، مشتق شده باشد:

الف-۱-۱ با دانستن چگالی مرطوب ۶۴۰ کیلوگرم بر مترمکعب، حجم هوای مورد نیاز را از رابطه (الف-۱) به دست آورید:

$$\text{الف-۱)} \quad 640 \text{ kg/m}^3 = \frac{W_{TW} + W_C}{\frac{W_{TW}}{1000} + \frac{W_C}{3.15 \times 1000} + V_a} \quad \text{چگالی مرطوب}$$

الف-۱-۲ حجم هوای مورد نیاز بر حسب مترمکعب بصورت زیر به دست می آید:

$$\text{الف-۲)} \quad V_a = \frac{0.359W_{TW} + 0.7965W_C}{640}$$

الف-۲ حجم هوای مورد نیاز برای نمونه ها برای سیمان پرتلند نوع ۱، ۰٫۰۷۱ مترمکعب و برای سیمان پرتلند نوع ۳، ۰٫۰۷۲ مترمکعب، می باشد.

الف-۳ با رقیق کردن کف شیمیایی رقیق شده با احتساب آب (spgr = ۱)، رابطه حجم هوا و حجم کف، می تواند به صورت معادله (الف-۳) بیان شود:

$$\text{الف-۳)} \quad V_f = V_a + \frac{W_f}{1000}$$

الف-۴ اگر W_{uf} چگالی کف باشد، پس $W_f = W_{uf} \times V_f$ و معادله (الف-۳) را می توان به صورت (الف-۴) بیان کرد:

$$\text{الف-۴)} \quad V_f - \frac{W_{uf} V_f}{1000} = V_a m^3$$

$$\text{الف-۵)} \quad V_f = \frac{V_a}{1 - \frac{W_{uf}}{1000}} m^3$$

$$\text{الف-۶)} \quad V_f = \frac{1000 V_a}{1000 - W_{uf}} m^3$$