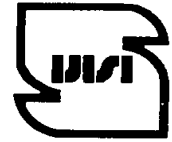




جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۶۰۸-۱۰

چاپ اول

۱۳۹۸

INSO

1608-10

1st Edition

2020

Identical with
BS EN 12390-10:
2018

بتن سخت شده - قسمت ۱۰: تعیین
مقاومت بتن در برابر کربناسیون
بر حسب سطوح کربن دی اکساید جوّی

**Hardened concrete-Part 10:
Determination of the carbonation
resistance of concrete at atmospheric
levels of carbon dioxide**

ICS: 91.100.30

استاندارد ملی ایران شماره ۱۰-۱۶۰۸ (چاپ اول): سال ۱۳۹۸

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۱۰۳ و ۸۸۸۸۷۰۸۰

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱-۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴-۰۲۶)

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 استانداردهای 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 سامانه‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمونگاه‌ها 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 - قسمت ۱۰: تعیین مقاومت بتن در برابر کربناسیون برحسب سطوح

کربن دی اکساید جوی»

رئیس:

احمدوند، مصطفی

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران - راه و ساختمان)

دبیر:

طیبان، محمدرضا

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران - سازه)

سمت و/یا محل اشتغال:

مرکز تحقیقات بتن (متب)

اداره کل استاندارد استان سمنان

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

ابراهیمی، اکبر

(کارشناسی مهندسی عمران)

دانشگاه علوم و توسعه پایدار آریا

احمدوند، آریا

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران - مدیریت ساخت)

دانشگاه علوم و توسعه پایدار آریا

اسدی کاوان، بهمن

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران - مدیریت ساخت)

آزمایشگاه مرکز تحقیقات بتن (متب)

افضلی فر، نجمه

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران - زلزله)

آزمایشگاه جهاد دانشگاهی سمنان

پاکدامن، مانی

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران - آب و سازه های هیدرولیکی)

شرکت وند شیمی ساختمان

حسنان، محدثه

(کارشناسی ارشد شیمی - شیمی فیزیک)

شرکت گچ آرین سمنان

خدامعباسی، روح ا...

(کارشناسی ارشد فیزیک - حالت جامد)

اداره کل استاندارد استان سمنان

رئیس قاسمی، امیر مازیار

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران - مدیریت ساخت)

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

سمت و/یا محل اشتغال:

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

سازمان ملی استاندارد ایران	رشیدوندی، وحید (کارشناسی ارشد نانوفناوری)
شرکت آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک	زمانی فر، الهام (دکتری شیمی معدنی)
سازمان ملی استاندارد ایران	طالبی، محمدحسین (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)
شرکت گچ آئینه سمنان	عبدالرحیمی، حسن (کارشناسی مهندسی عمران)
سازمان ملی استاندارد ایران	عباسی رزگله، محمدحسین (کارشناسی ارشد مهندسی عمران - مدیریت ساخت)
آزمایشگاه همکار سمیراب سمنان	علیان نژادی، محمدتقی (کارشناسی ارشد مهندسی عمران - خاک و پی)
دانشگاه علوم و توسعه پایدار آریا	غفاری مقدم، فرید (دکتری مهندسی عمران - مدیریت ساخت)
شرکت کرینات سدیم سمنان	کمدی، کمال (کارشناسی ارشد شیمی - شیمی تجزیه)
آزمایشگاه جهاد دانشگاهی سمنان	مولائی، ایمان (کارشناسی ارشد مهندسی عمران - خاک و پی)
اداره کل آموزش و پرورش استان سمنان	نظری، سمیراء (کارشناسی زبان و ادبیات انگلیسی)
شرکت گچ جبل متین	یغمایی، فرزاد (کارشناسی ارشد مهندسی عمران - مدیریت ساخت)
اداره کل استاندارد استان سمنان	ویراستار: خدامعباسی، روح ا... (کارشناسی ارشد فیزیک - حالت جامد)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ز	پیش‌گفتار
ح	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۲	۴ اصول
۲	۵ معرف‌ها و دستگاه
۴	۶ تولید آزمون‌ها
	۱-۶ کلیات
۴	۲-۶ روش اجرایی در زمان استفاده از محفظه کنترل‌شده اقلیمی
۵	۳-۶ روش اجرایی برای یک محل در معرض شرایط طبیعی
۶	۷ اندازه‌گیری‌های عمق کربناسیون
۶	۱-۷ آزمون سن و ایجاد تغییر رنگ
۷	۲-۷ تعیین عمق کربناسیون
۸	۸ تعیین آهنگ کربناسیون
۹	۹ گزارش آزمون
۱۰	۱۰ دقت
۱۳	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) راهنمای محفظه‌های کنترل‌شده اقلیمی مناسب
۱۷	پیوست ب (آگاهی‌دهنده) راهنمای مکان‌های در معرض شرایط طبیعی
۱۹	کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد «بتن سخت‌شده - قسمت ۱۰: تعیین مقاومت بتن در برابر کربناسیون برحسب سطوح کربن‌دی‌اکساید جوی» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شماره ۵ تهیه و تدوین شده، در هشتصد و هفتاد و هفتمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۸/۱۲/۵ 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 یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط، مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد منطقه‌ای زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی/منطقه‌ای مزبور است:

BS EN 12390-10: 2018, Testing hardened concrete - Part 10: Determination of the carbonation resistance of concrete at atmospheric levels of carbon dioxide

مقدمه

در سازه‌های بتنی مسلح و پیش‌ساخته^۱، آرماتورهای فولادی معمولی باید به‌منظور اطمینان از دستیابی به عمر کاری مورد نظر، توسط پوشش بتنی کافی محافظت شوند. خوردگی آرماتور ناشی از کربناسیون که می‌تواند نقش قابل ملاحظه‌ای در ترمیم‌پذیری و به تبع آن مقاومت در برابر کربناسیون بتن یک سازه، به ویژه منطقه پوشش ایفا کند، خاصیت مهمی است که باید اندازه‌گیری شود.

این استاندارد ممکن است برای اندازه‌گیری آهنگ کربناسیون هر بتن تازه قالب‌گیری شده، استفاده شود. این استاندارد ممکن است برای ارزیابی تأثیر تغییر یک مؤلفه^۲ به‌عنوان مثال نوع سیمان، افزودنی یا تأثیر تغییر در نسبت‌های اختلاط، به‌عنوان مثال نسبت W/C، مقدار سیمان و مقدار نرمه^۳، مورد استفاده قرار گیرد.

آهنگ کربناسیون تعیین شده توسط این استاندارد، ممکن است به‌عنوان ورودی یک مدل مورد استفاده قرار گیرد که شروع خوردگی آرماتور را تخمین می‌زند.

در زمان ارزیابی عملکرد بتنی با مقاومت در برابر کربناسیون نامعلوم یا بتنی با یک یا چند مؤلفه نامعلوم، ممکن است تعیین این که آیا این بتن/مؤلفه‌ها مقاومت در برابر کربناسیون مشابه یا بهتری نسبت به بتن-ها/مؤلفه‌های پذیرفته شده فعلی نشان می‌دهند، ضروری باشد. استاندارد CEN/TR 16563 اصول اساسی را که باید با روش‌های اجرایی دوام معادل دنبال شود، ارائه می‌دهد. داشتن روش‌های اجرایی آزمون مشترک و روش‌های اجرایی ارزیابی مشترک منطقی است^۴.

ممکن است بتن بر اساس مقاومت در برابر کربناسیون نیز طبقه‌بندی شود. از آن جا که این استاندارد روش-های اجرایی آزمون را ارائه می‌دهد، فقط نتایج آزمون استانداردسازی شده را توصیف می‌کند. چگونگی استفاده از نتایج این آزمون برای تعیین یک طبقه، در دامنه شمول این استاندارد نیست.

برای اهداف استانداردسازی، غلظت کربن‌دی‌اکساید در آزمون محفظه کنترل شده اقلیمی در ۴۰۰ ppm ثابت شده است، که نسبت به مقدار استفاده شده در نسخه قبلی این استاندارد ۵۰ ppm افزایش دارد؛ هرچند، سطح کربن‌دی‌اکساید جو، برحسب موقعیت یا زمان، ثابت نیست. ممکن است غلظت کربن‌دی‌اکساید در برخی مناطق شهری و صنعتی، از ۴۰۰ ppm بیشتر باشد.

این استاندارد یک قسمت از مجموعه استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۰۸ تحت عنوان «بتن سخت شده» است که سایر قسمت‌های این استاندارد به شرح زیر است:

قسمت ۱: شکل، ابعاد و سایر الزامات آزمون‌ها و قالب‌ها

- 1- Prestressed
- 2- Constituent
- 3- Fines content

۴- در حال حاضر این استاندارد روش توصیه شده تعیین مقاومت در برابر کربناسیون برحسب سطوح طبیعی کربن‌دی‌اکساید برای اروپا بوده و به‌عنوان روش توصیه شده‌ای است که در زمان تعیین «دوام معادل» با توجه به کربناسیون استفاده می‌شود.

قسمت ۲: ساخت و عمل آوری آزمون‌ها برای آزمون‌های مقاومت

قسمت ۳: تعیین مقاومت فشاری آزمون‌ها - روش آزمون

Part 4: Compressive strength. Specification for testing machines

Part 5: Flexural strength of test specimens

Part 6: Tensile splitting strength of test specimens

Part 7: Density of hardened concrete

قسمت ۸: تعیین عمق نفوذپذیری بتن تحت فشار آب-روش آزمون

Part 9: Freeze-thaw resistance with de-icing salts. Scaling

Part 11: Determination of the chloride resistance of concrete, unidirectional diffusion

Part 12: Determination of the carbonation resistance of concrete. Accelerated carbonation method

Part 13: Determination of secant modulus of elasticity in compression

Part 14: Semi-adiabatic method for the determination of heat released by concrete during its hardening process

Part 15: Adiabatic method for the determination of heat released by concrete during its hardening process

Part 16: Determination of the shrinkage of concrete

Part 17: Determination of creep of concrete in compression

بتن سخت شده - قسمت ۱۰: تعیین مقاومت بتن در برابر کربناسیون برحسب سطوح کربن دی اکساید جوئی

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، مشخص کردن روشی برای تعیین آهنگ کربناسیون بتن برحسب mm/\sqrt{a} است.

این استاندارد، روش اجرایی را بیان می کند که در آن، نمونه ها در محلی در معرض شرایط طبیعی حفاظت- شده از بارندگی مستقیم قرار می گیرند که با استفاده از یک محفظه کنترل شده اقلیمی استانداردسازی شده، ایجاد می شود.

این روش های اجرایی برای آزمون اولیه بتن کاربرد دارد، اما برای کنترل تولید کارخانه کاربرد ندارد.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه های بعدی برای این استاندارد الزام آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 EN 12390-1, Testing hardened concrete - Part 1: Shape, dimensions and other requirements for specimens and moulds

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۶۰۸: سال ۱۳۹۳، بتن سخت شده - قسمت ۱: شکل، ابعاد و سایر الزامات آزمون ها و قالب ها، با استفاده از استاندارد EN 12390-1: 2012 تدوین شده است.

2-2 EN 12390-2, Testing hardened concrete - Part 2: Making and curing specimens for strength tests

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۶۰۸: سال ۱۳۹۳، بتن سخت شده - قسمت ۲: ساخت و عمل آوری آزمون ها برای آزمون های مقاومت، با استفاده از استاندارد EN 12390-2: 2009 تدوین شده است.

2-3 EN 12390-3, Testing hardened concrete - Part 3: Compressive strength of test specimens

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۳-۱۶۰۸: سال ۱۳۹۳، بتن سخت شده - قسمت ۳: تعیین مقاومت فشاری آزمون ها - روش آزمون، با استفاده از استاندارد EN 12390-3: 2009 تدوین شده است.

۳ اصطلاحات و تعاریف

این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف ندارد.^۱

۴ اصول

جفت‌هایی از تیرهای بتنی (یا دو (نمونه) مکعب در هر سن آزمون) از یک بچ^۲ بتن، همان‌طور که در زیربند ۴-۵ برای نگهداری در یک محفظه کنترل‌شده اقلیمی مشخص‌شده است یا همان‌طور که در زیربند ۵-۵ برای نگهداری در محلی در معرض شرایط طبیعی مشخص‌شده است، نگهداری می‌شود. پس از دوره‌های زمانی تعریف‌شده در معرض قرارگیری، قطعه‌ای به ضخامت تقریبی ۵۰ mm از تیر بتنی در هر سن آزمون شکسته شده و برای تعیین عمق کربناسیون آن، آزمون می‌شود. در صورت استفاده از مکعب‌ها، آن‌ها به دو نیم شکسته شده و نیمی از مکعب برای اندازه‌گیری عمق کربناسیون مورد استفاده قرار می‌گیرد و نیمه دیگر آن، دور انداخته می‌شود.

عمق کربناسیون در سه موقعیت در هر وجه از هر تیر/مکعب اندازه‌گیری می‌شود و در کل ۱۲ اندازه‌گیری برای هر آزمون و ۲۴ اندازه‌گیری بالقوه برای دو آزمون انجام می‌شود. میانگین عمق کربناسیون همه اندازه‌گیری‌ها محاسبه می‌شود. باقیمانده‌های تیرها، برای آزمون در سایر سنین از پیش تعریف‌شده، به محفظه کنترل‌شده اقلیمی بازگردانده می‌شود. با استفاده از دست‌کم سه مجموعه اندازه‌گیری انجام‌شده در سه ماه، شش ماه و یک سال، آهنگ کربناسیون، برحسب mm/\sqrt{a} تعیین می‌شود.

۵ معرفی‌ها و دستگاه

۱-۵ یک گرم پودر فنل‌فتالئین^۳ در محلولی از ۷۰ ml اتانول و ۳۰ ml آب یون‌زدایی‌شده^۴ حل می‌شود. فنل‌فتالئین روش مرجع است؛ اما به‌منظور تمایز منطقه خنثی‌شده، ممکن است از شناساگر جایگزینی مانند تیمول‌فتالئین^۵، فلاونوئیدها^۶، کورکومین^۷ یا آنتوسیانین‌ها^۸ استفاده شود که یک تغییر رنگ کاملاً واضح در گستره pH ۸ تا pH ۱۱ در بتن ایجاد می‌کند.

۱- اصطلاحات و تعاریف به‌کار رفته در استانداردهای ISO و IEC در وبگاه‌های www.iso.org/obp و www.electropedia.org/ قابل‌دسترس است.

2- Bach
3- Phenolphthalein
4- Deionized water
5- Thymolphthalein
6- Flavonoids
7- Curcumine
8- Antocianines

هشدار - فنل فتالئین در فهرست نامزد ثبت ارزشیابی مجوز مواد شیمیایی (REACH)^۱ برای مجوز مواد بسیار نگران کننده قرار دارد. پودر فنل فتالئین باید با بیشترین مراقبت و با استفاده از دستکش‌های ایمنی در زیر هود، مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۵ برای تثبیت دائمی تغییر رنگ در آزمون بتنی (به زیربند ۷-۱ مراجعه شود)، می‌توان از یک محلول تثبیت کننده استفاده کرد.

یادآوری - تهیه کنندگان برخی از محلول‌های شناساگر نیز محلول تثبیت کننده‌ای ارائه می‌دهند که تغییر رنگ را، به‌طور دائمی تثبیت می‌کند.

۳-۵ یک ذره‌بین و یک گیج که برای اطمینان از اندازه‌گیری عمق کربناسیون، با دقت اندازه‌گیری mm ۰٫۵، عمود بر سطح در معرض بتن به کار می‌رود.

۴-۵ یک محفظه کنترل شده اقلیمی که در طول آزمون، میانگین غلظت کربن‌دی‌اکساید را در حجم (0.101 ± 0.040) ٪، در بازه (0.05 ± 0.040) ٪، در دمای $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ و رطوبت نسبی (2 ± 65) ٪ کنترل می‌کند (برای جزئیات مربوط به یک محفظه مناسب، به پیوست الف مراجعه شود).

۵-۵ به‌طور جایگزین برای محفظه کنترل شده اقلیمی، قرار گرفتن آزمون‌ها در محلی در معرض شرایط طبیعی است که از بارش مستقیم مانند باران، تگرگ و برف، محافظت می‌شود (برای جزئیات یک چیدمان مناسب، به پیوست ب مراجعه شود). این محل باید برای اندازه‌گیری رطوبت نسبی، دما و غلظت کربن‌دی‌اکساید، دست کم چهار بار در روز، به دستگاه‌هایی مجهز باشد. اگر این امر امکان‌پذیر نباشد، می‌توان از داده‌های هواشناسی محلی استفاده کرد.

۶-۵ دستگاه‌هایی که برای اطمینان از ثبت رطوبت نسبی، با دقت اندازه‌گیری ± 1.0 ٪ و ثبت دما با دقت $\pm 0.5^\circ\text{C}$ به کار می‌روند.

۷-۵ دستگاهی که برای ثبت غلظت کربن‌دی‌اکساید با دقت ± 0.001 ٪ حجم به کار می‌رود. اگر از یک محفظه کنترل شده اقلیمی استفاده شود، باید آن را به یک هشدار شنیداری/دیداری/الکترونیکی که به معنی عبور از حدود است، مجهز کرد.

۸-۵ بادبزن^۲ برای ایجاد غلظت همگنی از کربن‌دی‌اکساید در هوا به کار می‌رود. نوع، ابعاد و قدرت این بادبزن، باید با ابعاد محفظه سازگار باشد.

1- Registration Evaluation Authorization CHemicals
2- Fan

۶ تولید آزمونه‌ها

۱-۶ کلیات

نمونه‌های معرف مولفه‌هایی مانند سیمان و سنگدانه‌ها باید برای ساختن آزمونه‌ها مورد استفاده قرار گیرد. یک نمونه بتن که از کارگاه تولید بتن یا اختلاط‌های بتن برداشته می‌شود نیز باید با استفاده از روش‌های اجرایی استاندارد آزمایشگاهی تولید شود. آزمونه‌های یک آزمون، که شامل آزمونه‌هایی برای آزمون کربناسیون و آزمون‌های مقاومت فشاری هستند، باید از یک بچ از بتن، قالب‌گیری شوند.

برای تولید آزمایشگاهی، کمینه حجم بچ ۱ ۵۰ توصیه می‌شود.

هر آزمون باید دست‌کم شامل دو تیر منشوری باشد که طول هرکدام دست‌کم ۳۵۰ mm و سایر ابعاد آن دست‌کم سه برابر بیشینه اندازه سنگدانه است. در صورت مکعبی بودن نمونه‌ها، دو مکعب برای هر سن آزمون که طول ضلع آن‌ها دست‌کم سه برابر بیشینه اندازه سنگدانه است، مورد استفاده قرار می‌گیرد. تیرها به‌عنوان آزمونه‌های مرجع مورد استفاده قرار می‌گیرند.

به دلیل امکان تأثیر مواد رهاساز (روغن قالب)^۱ بر روی عمق کربناسیون، از استفاده کردن از این مواد، خودداری کرده یا آن را به کمترین مقدار خود برسانید.

همه آزمونه‌های مکعبی یا استوانه‌ای مورد استفاده در آزمون مقاومت فشاری، باید مطابق با استانداردهای EN 12390-1 و EN 12390-2 ساخته و عمل‌آوری شده و مطابق با استاندارد EN 12390-3 آزمون شوند.

۲-۶ روش اجرایی در زمان استفاده از محفظه کنترل‌شده اقلیمی

پس از پرداخت آزمونه‌ها، به‌منظور جلوگیری از خشک شدن سطح بتن در معرض، آن را با ورق‌های پلی اتیلن^۲ یا ورق‌های غیرقابل نفوذ مشابه، بپوشانید. پس از (2 ± 24) h، باید قالب‌ها جدا شده و آزمونه‌ها بدون تاخیر به وضعیت عمل‌آوری مطابق استاندارد EN 12390-2 منتقل شوند. پس از ۲۷ روز از عمل‌آوری استاندارد، آزمونه‌ها باید به مدت (2 ± 16) h در معرض هوای آزمایشگاه، دمای (2 ± 20) °C و رطوبت نسبی $(5 \pm 65)\%$ ، قرار گرفته و سپس در محفظه کنترل‌شده اقلیمی قرار داده شوند.

یادآوری ۱- دلیل عمل‌آوری مرطوب ۲۷ روزه این است که سیمان‌ها پیش از آزمون کربناسیون، هیدراته شوند؛ زیرا در شرایط آزمون، هیدراسیون به کمترین مقدار خود خواهد رسید.

یادآوری ۲- در محفظه‌های کنترل‌شده اقلیمی که امکاناتی برای کاهش رطوبت نسبی ندارند، اگر آزمونه‌ها بلافاصله در محفظه کنترل‌شده اقلیمی قرار گیرند، این ریسک وجود دارد که رطوبت نسبی به‌طور موقت از حد مجاز فراتر رفته و این رطوبت نسبی بالاتر، سرعت کربناسیون را کندتر کند. در صورتی که محفظه کنترل‌شده اقلیمی دارای امکاناتی برای کاهش رطوبت نسبی (نه در وضعیت عادی) باشد، آزمونه‌ها را می‌توان مستقیماً در محفظه کنترل‌شده اقلیمی قرار داد.

1- Mould release agents

2- Polythene

آزمونه‌ها باید طوری در محفظه کنترل شده اقلیمی قرار گیرند که هوا بتواند آزادانه در اطراف چهار وجه مورد آزمون، گردش کند. این امر در صورت اطمینان از وجود فاصله ۵۰ mm بین آزمون‌های مجاور، در مورد انبارش افقی یا عمودی نیز برقرار است. دما باید دست کم روزی یکبار و در یک زمان ثابت، اندازه‌گیری شود. رطوبت نسبی و غلظت کربن دی‌اکساید باید دست کم هر دو ساعت یکبار اندازه‌گیری و ثبت شود. غلظت میانگین کربن دی‌اکساید در محفظه کنترل شده اقلیمی، در طول مدت آزمون باید (0.101 ± 0.040) % بوده و در بازه (0.105 ± 0.040) % تغییر کند.

۳-۶ روش اجرایی برای یک محل در معرض شرایط طبیعی

برای هر مخلوط بتنی، دست کم دو تیر یا دست کم شش مکعب را برای آزمون کربناسیون و دست کم دو آزمون یا در صورت نامعلوم بودن رشد مقاومتی، دست کم پنج آزمون برای آزمون مقاومت فشاری را از یک بچ بتن قالب‌گیری کنید. این آزمون‌ها باید مطابق با استاندارد EN 12390-2 به صورت افقی قالب‌گیری شوند. پس از پرداخت آزمون‌ها، به منظور جلوگیری از خشک شدن، سطح در معرض آن‌ها را با ورق‌های پلی اتیلن یا ورق‌های غیرقابل نفوذ مشابه بپوشانید.

پس از (2 ± 24) h، باید قالب‌ها جدا شده و آزمون‌های آزمون کربناسیون بدون تأخیر، درون کیسه‌های پلی اتیلن مهر و موم شده مناسب یا وسایل انبارش با مواد مشابه منتقل شده و در دمای (20 ± 2) °C تا رسیدن به ۵۰٪ مقاومت مرجع، ذخیره شوند. اگر گستره دما از 15 °C تا 25 °C باشد، فرض می‌شود پس از دو روز برای رشد مقاومتی سریع، چهار روز برای رشد مقاومتی متوسط و هفت روز برای رشد مقاومتی کم، ۵۰٪ از مقاومت مرجع حاصل شود.

در صورت نامعلوم بودن رشد مقاومتی، باید مقاومت دست کم سه مکعب یا استوانه در سنین مختلف آزمون شود تا مشخص شود که در چه زمانی به ۵۰٪ مقاومت مرجع دست خواهد یافت. به منظور اثبات مقاومت مرجع، دو مکعب یا استوانه باید ۲۸ روز پس از قالب‌گیری، مورد آزمون قرار گیرد.

یادآوری ۱- روش‌های اجرایی عمل‌آوری، نسبت به روش‌های اجرایی مورد استفاده برای آزمون محفظه کنترل شده اقلیمی متفاوت هستند. روش‌های اجرایی این بند، منعکس‌کننده نحوه کار در محل بوده و «محیط طبیعی» مشخص خواهد کرد که آیا بتن به هیدراسیون ادامه می‌دهد یا خیر؟

یادآوری ۲- دوره‌های عمل‌آوری برای کلاس عمل‌آوری ۳ و گستره دمایی از 15 °C تا 25 °C از استاندارد EN 13670 گرفته شده است.

مقاومت مرجع، میانگین مقاومت فشاری دست کم سه مکعب/استوانه، پس از ۲۸ روز از عمل‌آوری استاندارد، مطابق با استاندارد EN 12390-2 است. اگر داده‌ای در دسترس نباشد، بهتر است فرضیات، از جدول F.2 استاندارد EN 13670 ارائه شده (کلاس عمل‌آوری ۳ برای رشد مقاومت سریع، متوسط و آهسته)، پیروی کنند.

زمانی که ۵۰٪ از مقاومت مرجع توسط این مکعب‌ها/استوانه‌ها به دست آید، باید آزمون‌ها از کیسه‌های پلی اتیلنی خارج شده و در محل در معرض شرایط طبیعی قرار گیرند. این آزمون‌ها باید به شکلی قرار داده شوند که به هوا اجازه دهد تا آزادانه در اطراف همه وجوه طولی، گردش کند.

رطوبت نسبی، غلظت کربن دی‌اکساید و دما، باید دست کم روزی یکبار و در یک زمان ثابت، اندازه‌گیری و ثبت شود.

۷ اندازه‌گیری‌های عمق کربناسیون

۱-۷ آزمون سن و ایجاد تغییر رنگ

پیش از شروع آزمون‌ها، باید سنین اندازه‌گیری عمق کربناسیون تعریف شود. این زمان‌ها باید حاصل از تاریخی باشد که آزمون‌ها در محفظه کنترل شده اقلیمی یا در محل در معرض شرایط طبیعی قرار داده شده‌اند.

عمق کربناسیون باید دست کم پس از سه ماه، شش ماه و یک سال از انبارش اندازه‌گیری شود. اگر عمق اندازه‌گیری شده کربناسیون در یک سال، کمتر از ۵ mm باشد، آزمون باید تا دو سال تمدید شود.

برای روش مرجع، اندازه‌گیری عمق کربناسیون در $t = 0$ لازم نیست (به بند ۸ مراجعه شود).

یادآوری ۱- عمق کربناسیون اندازه‌گیری شده، تحت تاثیر زمان اندازه‌گیری پس از استفاده از محلول شناساگر است.

یادآوری ۲- اگر میانگین رطوبت نسبی سطح طبیعی، بیش از ۶۵٪ باشد، معمولاً آهنگ کربناسیون آهسته‌تر (بسته به نوع سیمان و نسبت W/C) از آزمون محفظه کنترل شده اقلیمی بوده و در نتیجه، مدت زمانی که اندازه‌گیری‌ها باید انجام شود، احتمالاً طولانی‌تر است.

در کلیه موارد، سنین دقیق آزمون باید ثبت شده و در محاسبه آهنگ کربناسیون، مورد استفاده قرار گیرد. تاریخی که آزمون‌ها در محفظه کنترل شده اقلیمی یا در محل در معرض شرایط طبیعی قرار می‌گیرند، به صورت $t = 0$ ، در نظر گرفته می‌شود.

در هر سن آزمون، قطعه‌ای با ضخامت تقریبی ۵۰ mm از هر تیر شکسته می‌شود یا در مورد آزمون‌های مکعبی، دست کم دو مکعب در راستای عمود بر وجه ماله کشیده شده^۱ به دو نیم، تقسیم می‌شود. برش با اهر مجاز نیست. عمق کربناسیون، بر روی سطح قطعه‌ای از تیر تازه شکسته شده با ضخامت ۵۰ mm یا بر روی نیمی از مکعب تقسیم شده، اندازه‌گیری می‌شود.

سطح شکسته شده را بلافاصله پس از شکستن، از گرد و غبار و ذرات سست، پاک کرده و سپس با یک مه-پاش، محلول شناساگر را اسپری کنید. از تشکیل کانال‌های شارش محلول بر روی سطح آزمون، جلوگیری

1- Trowelled face

کنید. اگر فقط یک رنگ آمیزی ضعیف روی سطح مورد بررسی ظاهر شده یا هیچ رنگ آمیزی روی سطح مورد بررسی ظاهر نشد، آزمون اسپری کردن محلول شناساگر را، بعد از $1/2$ h تکرار کنید.

هشدار ۱- محلول شناساگر فنل فتالئین، قابل اشتعال است.

هشدار ۲- توصیه می شود از استنشاق بخار یا تماس با پوست یا چشم‌ها جلوگیری شود. اثرات احتمالی روی بدن انسان شامل آسیب کلیه و سرطان است. از دستکش‌های نیتریل و عینک‌های ایمنی استفاده کنید. در فضایی با تهویه مناسب از آن استفاده کرده یا زمانی که از آن استفاده می کنید، ماسک مناسب بپوشید.

اندازه‌گیری‌ها باید ($1 \text{ h} \pm 15 \text{ min}$) پس از اسپری کردن محلول شناساگر، شروع شده و بدون تاخیر، تکمیل شود. اگر خوانش‌ها را نتوان در این مدت شروع کرد، به منظور حفظ کردن رنگ بدون تغییر، از یک محلول تثبیت کننده استفاده کنید. در جایی که از محلول تثبیت کننده استفاده شده است، زمان بندی اندازه‌گیری‌های عمق، مهم نیست.

۲-۷ تعیین عمق کربناسیون

۱-۲-۷ کلیات

عمق کربناسیون، باید با استفاده از تغییر رنگ، مطابق با روش زیر تعیین شود.

۲-۲-۷ اندازه‌گیری عمق کربناسیون

موقعیت جبهه کربناسیون، باید در سه نقطه در هر وجه، اندازه‌گیری شود. برای پیدا کردن این نقاط، طول لبه باید به چهار قسمت مساوی تقسیم شود. بهتر است سه نقطه مرکزی، یعنی نقاطی در 0.25 ، 0.5 و 0.75 طول لبه را به عنوان نقاط اندازه‌گیری مورد استفاده قرار داد. با کمک خط کش یا گیج لغزشی و ذره بین، باید عمق کربناسیون (d_k)، عمود بر سطح تیر یا مکعب، با دقت 0.5 mm در هر نقطه اندازه‌گیری، تعیین شود.

توصیه می شود پس از اسپری کردن هر سطح تازه شکسته شده و تغییر رنگ حاصل از آن، از سطح مورد نظر عکس (شامل یک مقیاس و مرجع آزمون) گرفته شود.

عمق کربناسیون باید روی همه چهار وجه سطوح تازه شکسته شده، از قطعه‌ای از تیر با ضخامت 50 mm یا روی نیمه‌ای از مکعب تقسیم شده، که در کل دوازده نقطه بالقوه برای اندازه‌گیری ارائه می کند، اندازه‌گیری شود. این روش اجرایی با آزمون دوم تیر یا مکعبی، تکرار می شود.

اگر لبه‌های منطقه سطح مقطع مربعی کربناته نشده اطراف نقاط اندازه‌گیری بیرونی را احاطه کرده باشد، نقطه اندازه‌گیری را به سمت خط مرکزی این لبه حرکت دهید تا آن که این نقطه، درون بخش مستقیم جبهه کربناسیون قرار گیرد. انجام این اقدام را ثبت کنید.

باید میانگین عمق کربناسیون برای هر وجه، محاسبه و ثبت شده و میانگین حسابی همه نقاط مورد استفاده در ارزیابی، با دقت 0.1 mm محاسبه و ثبت شود.

یادآوری - هدف از ثبت میانگین هر وجه، نشان دادن وجهی است (اغلب وجه ماله کشیده شده) که نسبت به سایر وجوه، به-طور قابل توجهی کربناسیون عمیق تری دارد.

تعداد واقعی نقاط ارزیابی، باید در گزارش آزمون بیان شود.

۷-۲-۳ ارزیابی سنگدانه‌های متراکم

ذرات سنگدانه متراکمی که در جبهه کربناسیون قرار دارند، توسط فنل فتالئین، رنگی نخواهند شد و این جبهه کربناسیون، توسط ذره، قطع می‌شود (به شکل الف-۱ مراجعه شود). برای تعیین عمق کربناسیون، باید از جبهه کربناسیون نظری در محل تلاقی نقطه مکان‌یابی و خط مستقیم متصل‌کننده حدود روی هر وجه ذره (به شکل ب-۱ مراجعه شود)، استفاده شود.

۷-۲-۴ ارزیابی منافذ و سنگدانه‌های متخلخل و مقادیر نهایی

زمانی که منافذ یا ذرات سنگدانه‌های متخلخلی در منطقه جبهه کربناسیون قرار داشته باشد، ممکن است مقادیر بسیار زیادی برای عمق کربناسیون ظاهر شود (به شکل ۲ مراجعه شود). در جایی که افزایش‌های موضعی عمق کربناسیون (Δd_k) اندازه‌گیری شده، کمتر از ۴ mm باشد، این عمق کربناسیون اندازه‌گیری شده در سنگدانه متخلخل/منفذ، باید در محاسبه عمق متوسط کربناسیون مورد استفاده قرار گیرد (به شکل ۲ مراجعه شود). مقادیر بیشتر Δd_k نباید در زمان محاسبه میانگین عمق کربناسیون لحاظ شود، هرچند مقادیر زیاد Δd_k ، باید در گزارش آزمون ثبت شود. با وجود این، برای هر وجه، باید دست‌کم سه خوانش معتبر وجود داشته باشد و بهتر است تعداد کل عمق‌های معتبر کربناسیون، دست‌کم ۱۲ عدد باشد.

۸ تعیین آهنگ کربناسیون

زمان مؤثر، یعنی مدت زمان قرارگرفتن در محفظه کنترل‌شده اقلیمی یا در محل در معرض شرایط طبیعی، که باید برای تعیین آهنگ کربناسیون استفاده شود. عمق متوسط کربناسیون در هر زمان مؤثر (محور Y) برحسب ریشه دوم زمان مؤثر در سال (محور X) ترسیم شده و رگرسیون خطی از نقاط رسم می‌شود. مطابق با تعریف زمان مؤثر، در رگرسیون d_k باید به‌عنوان صفر در $t = 0$ گرفته شود. شیب رگرسیون، آهنگ کربناسیون برحسب mm/\sqrt{a} است.

به‌طور جایگزین، آهنگ کربناسیون در هر سن آزمون، ممکن است به‌صورت زیر تعیین شود:

میانگین عمق کربناسیون اندازه‌گیری شده برحسب $k_c \sqrt{t} = \text{mm}$ است،

که در آن:

k_c آهنگ کربناسیون برحسب $\text{mm}/a^{1/5}$

t زمان مؤثر برحسب سال است.

۹ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل موارد زیر باشد:

- الف- از یک محفظه آزمون استفاده شده، یا آزمون در محل در معرض شرایط طبیعی انجام شده است؛
- ب- در صورت استفاده از محل در معرض شرایط طبیعی، محل قرار گرفتن در معرض، بیشینه، کمینه و میانگین ماهانه غلظت کربن دی اکساید، رطوبت نسبی و دما در مدت زمان انجام آزمون؛
- پ- مرجع بتن؛
- ت- تاریخ قالب گیری آزمون‌ها، مدت زمان عمل‌آوری، تاریخ قرارگیری در معرض گذاری کربناسیون، مدت زمان آزمون و نوع و تعداد آزمون‌ها.
- ث- اگر از شناسگر دیگری غیر از محلول فنل فتالین استفاده شده است، گستره تغییر رنگ pH؛
- ج- در هر سن آزمون و برای هر آزمون؛
- سن آزمون؛
- میانگین عمق کربناسیون اندازه‌گیری شده روی هر وجه؛
- جابه‌جا شدگی هر یک از نقاط اندازه‌گیری، به دلیل گردش جبهه کربناسیون؛
- عمق‌های متوسط کربناسیون همه آزمون‌ها؛
- تعداد نقاط اندازه‌گیری؛
- چ- در صورت وجود، تعداد مقادیر Δd_k و بزرگی آن‌ها، که در محاسبه مقدار میانگین لحاظ نشده است؛
- ح- نمودار عمق‌های کربناسیون متوسط در برابر ریشه دوم زمان برحسب سال و رگراسیون خطی و تعیین آهنگ کربناسیون و ضریب تصحیح (R^2)؛
- خ- آهنگ متوسط کربناسیون برحسب mm/\sqrt{a} در طول دوره در معرض گذاری؛
- د- هرگونه عدم انطباق با شرایط آزمون، به عنوان مثال هرگونه عدم موفقیت در نگهداری غلظت مورد نیاز کربن دی اکساید برای یک دوره کوتاه تعریف شده؛
- گزارش آزمون، ممکن است شامل موارد زیر باشد:
- ذ- جزئیات مخلوط‌های بتن؛ و بتن مرجع (در صورت استفاده)؛
- ر- مقاومت اندازه‌گیری شده (در زمان اندازه‌گیری)؛
- ز- متوسط مقاومت فشاری ۲۸ روزه و در صورت اندازه‌گیری، مقاومت‌های اولیه و سن آزمون و در صورت عدم اندازه‌گیری، مقاومت مرجع فرض شده در ۲۸ روز (در زمان اندازه‌گیری)؛

ژ- نتایج آزمون خاص؛

س- اندازه‌گیری‌های عمق کربناسیون خاص در هر سن آزمون؛

ش- همه توضیحات یا مشاهدات تکمیلی؛

ص- هر گونه اعتبارسنجی برای روش اجرایی آزمون؛

ض- عکس‌هایی از محل در معرض شرایط طبیعی.

۱۰ دقت

دقت آهنگ کربناسیون تخمین زده شده در محفظه کنترل شده اقلیمی، در جدول ۱ ارائه شده است.

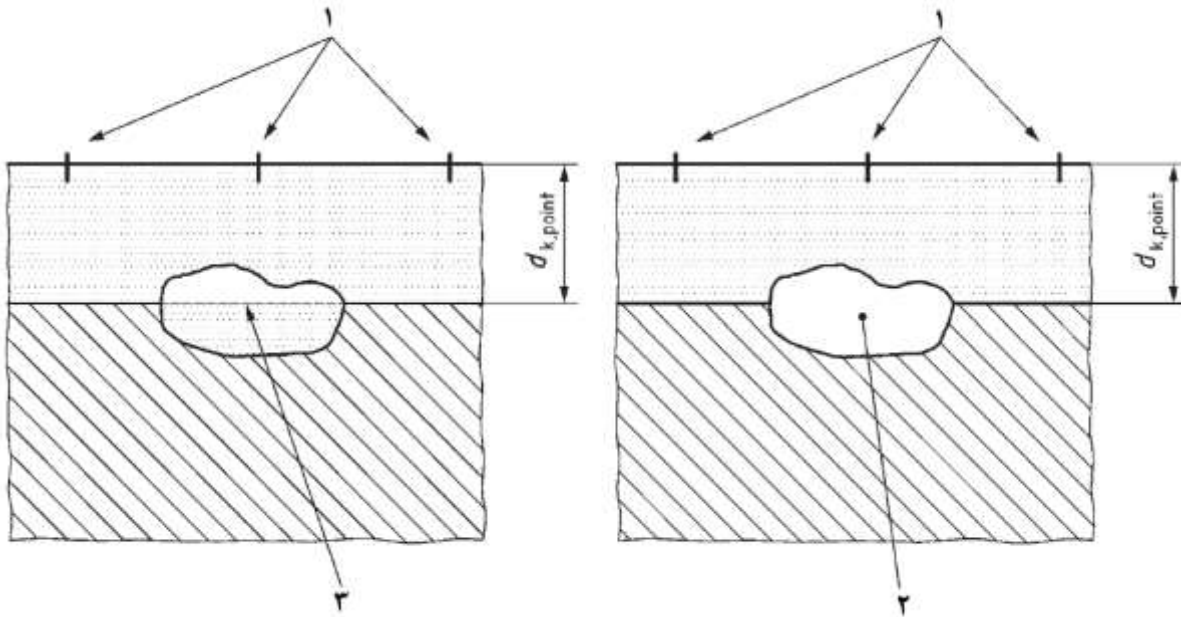
جدول ۱- تخمین‌های دقت آزمون کربناسیون

تجدیدپذیری		تکرارپذیری		سطح	پارامتر
$R=2,8 s_R$ (mm)	S_R (mm)	$r=2,8 s_r$ (mm)	s_r (mm)		
۲,۰۰	۰,۷۱	۰,۸۰	۰,۲۹	۰,۵ - ۷,۰ (mm/a ^{0.5})	آهنگ کربناسیون (k_c) در خارج از محل در معرض شرایط محیطی
۲,۳۸	۰,۸۵	۱,۶۸	۰,۶۰	۰,۵ - ۷,۰ (mm/a ^{0.5})	آهنگ کربناسیون (k_c) در محفظه آزمون
R (%)	CV_R (%)	r (%)	CV_r (%)	دقت بیان شده براساس ضریب تغییر	
۷۱	۲۵	۲۹	۱۰	آهنگ کربناسیون (k_c) در محل در معرض شرایط طبیعی	
۸۵	۳۱	۶۰	۲۲	آهنگ کربناسیون (k_c) در داخل محفظه آزمون	
<p>یادآوری ۱- این موارد براساس یک روش دقیق انجام شده در سال ۲۰۱۴، با استفاده از نمونه‌های بتنی ساخته شده مطابق با مقادیر محدودکننده استاندارد EN 206 برای ترکیب بتن است.</p> <p>یادآوری ۲- آهنگ‌های کربناسیون برای محل‌های در معرض شرایط طبیعی، توسط پنج آزمایشگاه و با استفاده از انواع سیمان CEM II / B-V 32,5R و CEM II / A- LL 42,5R و نسبت‌های w/c برابر با ۰,۵ و ۰,۶ (چهار متغیر) به دست آمده است.</p> <p>یادآوری ۳- آهنگ کربناسیون در محفظه‌های آزمون توسط چهار آزمایشگاه و با استفاده از دو نمونه بتن، به دست آمده است.</p> <p>یادآوری ۴- مقادیر اعمال شده برای دو روش آزمون (محل در معرض شرایط طبیعی و محفظه آزمون) که در این استاندارد برای یک دوره آزمون یک ساله توصیف شده است.</p>					

یادآوری ۱- در صورتی که عمق کربناسیون اندازه‌گیری شده، بیش از ۴ mm باشد، قابلیت تجدیدپذیری ثابت می‌شود.

یادآوری ۲- در صورتی که عمق کربناسیون کمتر از ۱ mm یا برابر با آن باشد، دقت، کاهش خواهد یافت.

در زمان تفسیر تجدیدپذیری آزمون‌های در معرض شرایط طبیعی، نیاز به مراقبت دارند. در حالی که آزمون‌ها فقط باید از بارندگی مستقیم محافظت شوند، ممکن است رطوبت نسبی، دما و سطح کربن‌دی‌اکساید، بین محل‌های مختلف در معرض شرایط طبیعی، تفاوت قابل توجهی داشته باشد.



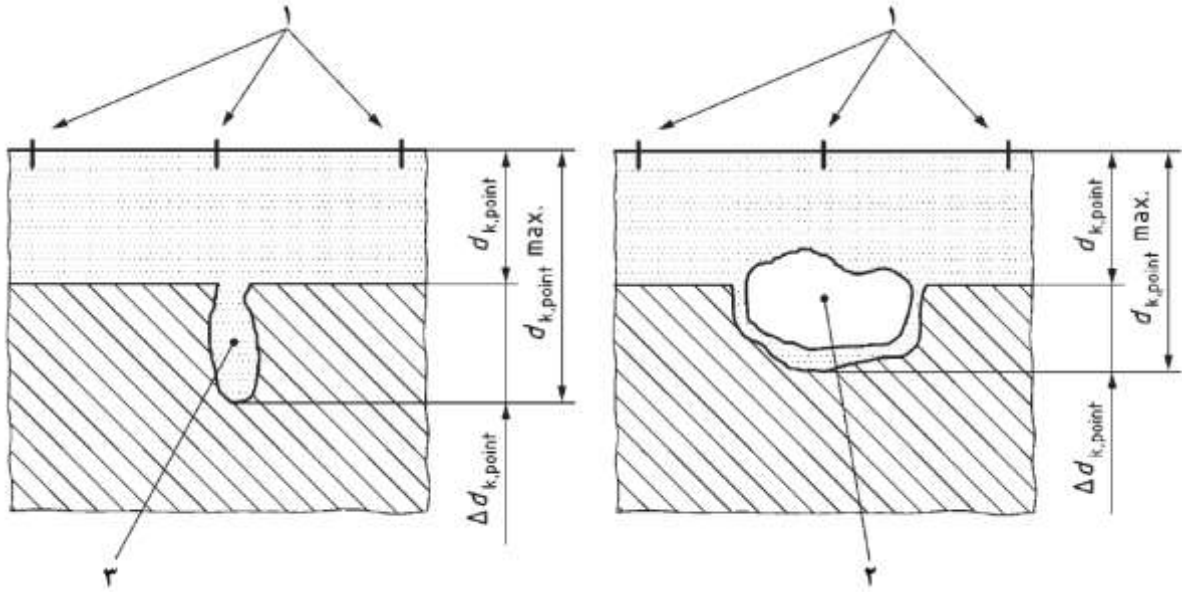
ب- جبهه کربناسیون نظری در کل سنگدانه متراکم کشیده شده است

الف- سنگدانه متراکمی که جبهه کربناسیون را قطع می کند

راهنما:

- ۱ نقاط اندازه گیری
- ۲ سنگدانه متراکم
- ۳ جبهه کربناسیون نظری

شکل ۱- روش اجرایی به دست آوردن عمق کربناسیون که در آن، نقطه اندازه گیری در یک ذره سنگدانه متراکم می افتد



ب- حفره هوا، جبهه کربناسیون را قطع می کند

الف- سنگدانه متخلخل، جبهه کربناسیون را قطع می کند

راهنما:

- | | |
|---|------------------|
| ۱ | نقاط اندازه گیری |
| ۲ | سنگدانه متخلخل |
| ۳ | حفره هوا |

شکل ۲- روش اجرایی به دست آوردن عمق کربناسیون که در آن، نقطه اندازه گیری روی یک ذره سنگدانه متخلخل یا حفره هوا می افتد

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

راهنمای محفظه‌های کنترل‌شده اقلیمی مناسب

خصوصیت‌های یک محفظه اقلیمی نوعی در شکل الف-۱ ارائه شده است. زمانی که تعداد زیادی از نمونه‌ها در یک محفظه قرار می‌گیرد، ممکن است غلظت کربن‌دی‌اکساید، به سرعت کاهش یافته و در زیر سطوح لازم باقی بماند. به همین دلیل، غلظت کربن‌دی‌اکساید باید با استفاده از یک تزریق‌کننده کربن‌دی‌اکساید متصل به این محفظه، کنترل شود تا جایگزین کربن‌دی‌اکساید مصرف‌شده توسط واکنش کربن‌اسیون شود. یک دستگاه مناسب، در شکل‌های الف-۲ و الف-۳ نشان داده شده است. بهتر است پایش خوانش‌های حاصل از تجهیزات تزریق کربن‌دی‌اکساید، رطوبت نسبی و دما، دست‌کم هر دو ساعت، انجام شود. بهتر است همه انحرافات حاصل از این رواداری‌ها، شناسایی شده و گزارش شود. توصیه می‌شود همه تجهیزات اندازه‌گیری، هم‌سو با روش‌های اجرایی کیفیت استاندارد آزمایشگاه، به‌طور دوره‌ای بررسی شود.

ممکن است تیرها به‌طور افقی یا عمودی نگهداری شوند. در صورتی که نمونه‌ها به‌طور افقی نگهداری شوند، طبقه‌ها باید از موادی ساخته شود که اجازه شارش آزاد هوا بر قسمت زیرین نمونه را فراهم کند، به‌عنوان مثال سازه فلزی مشبک. بهتر است در محفظه کنترل‌شده اقلیمی، نمونه‌ها به گونه‌ای قرار گیرند که فاصله دست‌کم ۵۰ mm بین نمونه‌ها را تضمین کند (به شکل الف-۴ مراجعه شود). توصیه می‌شود فاصله مشابهی، بین نمونه‌ها و دیوارها فراهم شود. اگر نمونه‌ها به‌طور افقی نگهداری شده و نیاز به انباشت آن‌ها باشد، توصیه می‌شود به‌منظور اطمینان از گردش هوا در اطراف همه وجوه، با استفاده از فاصله‌دهنده‌های مناسب، دست‌کم ۵۰ mm از هم فاصله داشته باشند (به شکل الف-۵ مراجعه شود).

بهتر است به‌منظور اطمینان از گردش هوا با هدف همگنی غلظت CO_2 در کل محفظه، بادبزن‌های مکانیکی (بادبزن‌های نوعی در شکل الف-۱ نشان داده شده است) در محفظه کنترل‌شده اقلیمی قرار داده شود. توصیه می‌شود در زمان راه‌اندازی محفظه با استفاده از یک ژنراتور دود قابل حمل/آزمون بمب دود یا یک روش مشابه، تلاطم هوا، پایش شود. بهتر است به‌منظور اطمینان از گردش هوای کافی در طول استفاده، محفظه با کمینه و بیشینه تعداد نمونه مورد استفاده قرار گیرد.

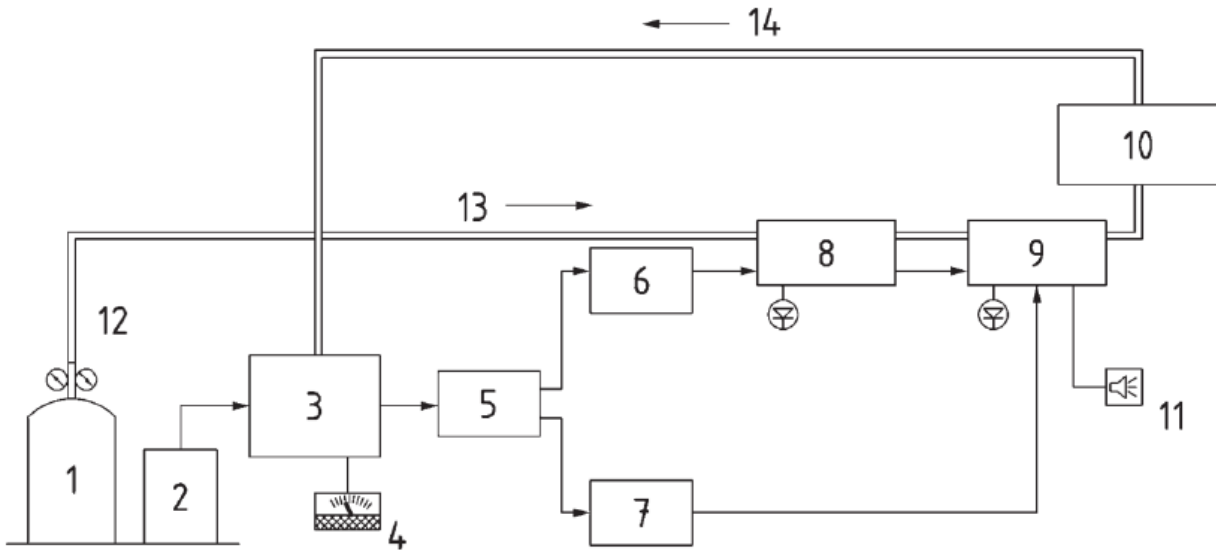
تحقیقات نشان داده است که اگر نمونه‌های با سطح خشک که در آب عمل‌آوری شده است، در محفظه کنترل‌شده اقلیمی قرار گیرد، ممکن است رطوبت نسبی به‌طور موقت، از حد مجاز بیشتر شود. با نگهداری نمونه‌ها در خارج از محفظه (به الزامات زیربند ۶-۲ مراجعه شود) پیش از قراردادن در محفظه کنترل‌شده اقلیمی، می‌توان از این امر جلوگیری کرد.



راهنما:

- 1 صفحه مشبک فلزی یا معادل آن، طبقه‌بندی
- 2 بادبزن برای گردش هوا در محفظه
- 3 آزمون‌های بتنی با فاصله طبقه ۵۰ mm

شکل الف-۱- مثال یک محفظه اقلیمی نوعی با انبارش افقی



راهنما:

- 1 سیلندر ۲۵ kg گاز CO₂ (یک سیلندر ۲۵ kg تقریباً شش ماه کار می کند)
- 2 منبع تغذیه ۱۴ V DC
- 3 کنترل کننده حسگر / صفحه نمایش CO₂
- 4 صفحه نمایش غلظت CO₂
- 5 رله دو طرفه
- 6 رله ۱
- 7 رله ۲
- 8 شیر کنترل ۱
- 9 شیر کنترل ۲
- 10 محفظه در معرض آزمون کربناسیون
- 11 اگر غلظت CO₂ خارج از حدود مشخص شده باشد، هشداردهنده فعال می شود
- 12 تنظیم کننده
- 13 تأمین گاز CO₂ (با فشار ۵۰ bar)
- 14 خط ورودی گاز نمونه

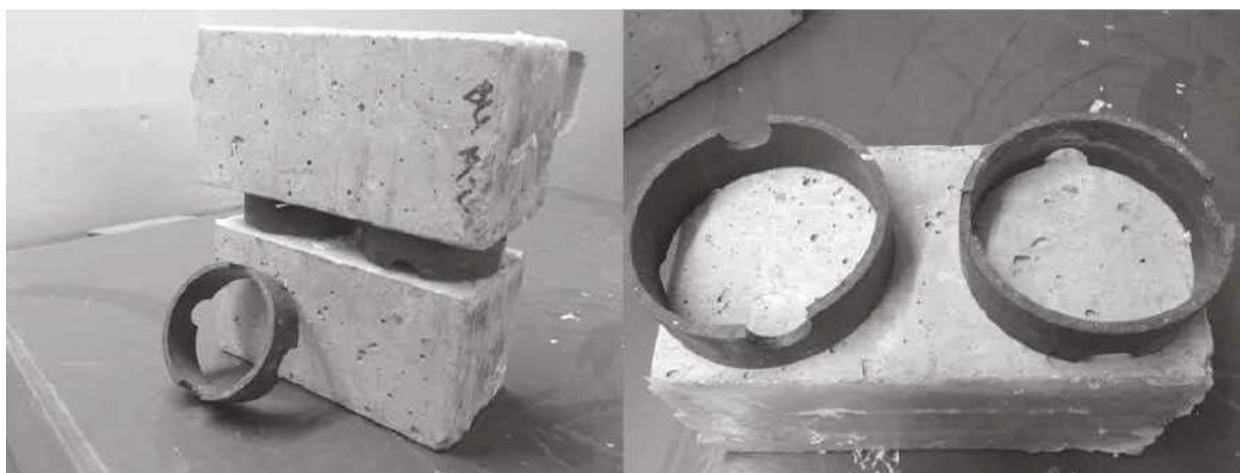
شکل الف-۲- مثال سامانه مناسب برای تزریق و پایش کربن دی اکساید



شکل الف-۳- دستگاه پایش / تزریق کربن دی اکساید



شکل الف-۴- انبارش عمودی آزمون‌ها



شکل الف - ۵ - مثال فاصله دهنده‌هایی که برای انباشت افقی استفاده می‌شود

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

راهنمایی برای محل‌های در معرض شرایط طبیعی

بهتر است محل در معرض شرایط طبیعی، در یک محیط خارجی قرار داشته باشد، که از بارش مستقیم در آن جلوگیری شده، اما اجازه تبادل آزاد جو را فراهم کند. بهتر است این محل طوری مکان‌یابی شده باشد که آزمون‌ها در معرض گازهای^۱ خروجی ناشی از تهویه هوا، مجاری گرمایش یا تهویه یا سایر سامانه‌ها قرار نگیرد.

ترجیحاً بهتر است آزمون‌ها، در یک حفاظ استیونسون^۲ هدفمند نگهداری شوند که در شکل‌های ب-۱ و ب-۲ نشان داده شده است. حفاظ استیونسون باید دارای ساختار دیواری مشابه با ایستگاه خوانش پارامترهای هواشناسی باشد. این امر اجازه تبادل آزاد جو را می‌دهد، در حالی که، از این‌که آزمون‌ها به‌طور مستقیم در معرض بارندگی قرار گیرند، جلوگیری می‌کند. همچنین توصیه می‌شود به‌منظور کمینه‌سازی اثرات اشعه خورشیدی و تمیز نگه داشتن محفظه به‌منظور حفظ ضریب بازتاب^۳ (جلاً^۴ یا بازتابندگی^۵) سطح، محفظه، با یک رنگ روشن، رنگ‌آمیزی شود.

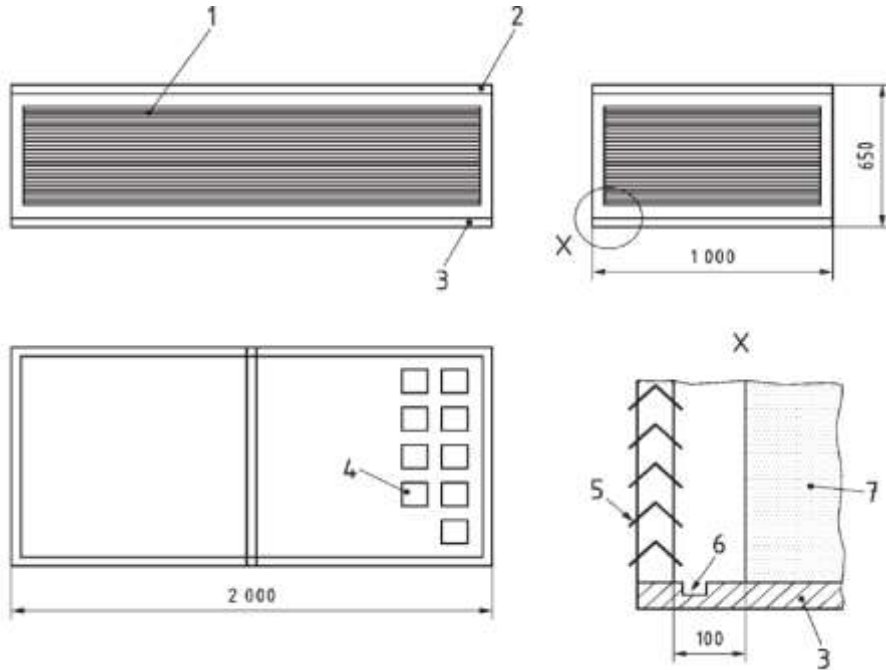
بهتر است تخته‌های باریک حفاظ استیونسون، در زاویه تقریبی 45° بوده و به‌منظور حذف هر رطوبت اضافی که ممکن است وارد محفظه شود، یک زهکشی بر روی کف محفظه، تامین شود. بهتر است به‌منظور اطمینان از بیش از حد دور نبودن آزمون‌ها از لبه محفظه، نسبت عرض: ارتفاع: طول محفظه بیش از ۱: ۰٫۷: ۲ نباشد. در مورد آزمون‌هایی که به‌طور عمودی قرار می‌گیرند، بهتر است به‌منظور اطمینان از شارش هوای آزاد کافی دست‌کم ۱۰۰ mm بین آزمون‌ها و/یا دیواره محفظه فاصله ایجاد شود. بهتر است از انباشت آزمون‌ها بر روی هم اجتناب شود.

بهتر است تولید و آزمون آزمون‌ها، مطابق با بند ۶ باشد.

خوانش‌های جوی غلظت کربن‌دی‌اکساید، دما و رطوبت نسبی، در مجاورت حفاظ استیونسون باید دست‌کم یک‌بار در روز و در یک زمان ثابت انجام شده و به‌صورت میانگین ماهانه، بیان شود. همچنین توصیه می‌شود بیشینه و کمینه خوانش‌های دمای و رطوبت نسبی ماهانه نیز گزارش شود. ممکن است داده‌های هواشناسی

-
- 1- Fumes
 - 2- Stevenson Screen
 - 3- Albedo
 - 4- Shininess
 - 5- Reflectiveness

حاصل از یک ایستگاه محلی، به شرط وجود شباهت معقول در شرایط جوی با محیط محل در معرض شرایط طبیعی، مورد استفاده قرار گیرد.



راهنما:

- 1 تخته‌های باریک حفاظ استیونسون
- 2 درب قابل جدا شدن از جنس UPVC یا مشابه آن
- 3 صفحه کف ۴۰ mm
- 4 آزمون‌ها
- 5 تخته‌های باریک زاویه‌دار ۴۵°
- 6 زهکشی
- 7 آزمون
- X جزئیات دیوار و کف

شکل ب-۱- شمایی از محفظه آزمون نوعی حفاظ استیونسون برای در معرض شرایط طبیعی



شکل ب-۲- محفظه در معرض شرایط طبیعی نوعی در محل پشت‌بام که نمای داخلی را نشان می‌دهد

کتابنامه

- [1] EN 206, Concrete - Specification, performance, production and conformity
- [2] EN 13670, Execution of concrete structures
- [3] CEN/TR 16563, Principles of the equivalent durability procedure
- [4] CEN/TR 17172, Validation testing program on chloride penetration and carbonation standardized test methods
- [5] SMITS. A. J.; LIM, T. T. Flow visualization: Techniques and examples. Imperial College Press, 2000
- [6] ECHA. European Chemicals Agency, Candidate List of substances of very high concern for
Authorisation: Phenolphthalein, <https://echa.europa.eu/substance-information/-/substanceinfo/100.000.914>
- [7] CHINCHON-PAYA. S, ANDRADE, C, CHINCHON S, Indicator of carbonation front in concrete as substitute to phenolphthalein. Cement Concr. Res. 2016, 82 (April) pp. 87-91