



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran  
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۳۲۰۱-۱۲

چاپ اول

۱۳۹۴

INSO

3201-12

1st.Edition

2016

بتن - قسمت ۱۲: تعیین مقاومت بتن در برابر  
کربناته شدن به روش تسریع شده - روش  
آزمون

**Concrete -Part 12:  
Determination of the carbonation  
resistance of concrete by accelerated  
carbonation method- Test Method**

ICS:91.100.30

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

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و 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، 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 - قسمت ۱۲: تعیین مقاومت بتن در برابر کربناته شدن به روش تسریع شده - روش آزمون»

### رئیس:

تدین، محسن  
(دکترایمهندسی عمران)

### سمت و / یا نمایندگی

انجمن بتن ایران

### دبیر:

رحمتی، علیرضا  
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

مجتمع تولیدی، تحقیقاتی و  
آزمایشگاهی پاکدشت بتن

### اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

افشار، معصومه  
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

مجتمع تولیدی، تحقیقاتی  
ایران فریمکو

بزرگمهر، سعید  
(دکترای مهندسی عمران)

شرکت آپتوس ایران

پور یکتا، پولاد  
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

صنایع شیمی ساختمان ابادگران

حسام، ناهید  
(کارشناس شیمی کاربردی)

حسینی اقدام، سید رضا  
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

سازمان ملی استاندارد ایران

سقط چی، غزاله  
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

شرکت مرصوص بتن

عباسی رزگله، محمد حسین  
(کارشناس مهندسی مواد-سرامیک)

سازمان ملی استاندارد ایران

عیسایی، مهین  
(کارشناس ارشد شیمی آلی)

شرکت شیمی ساختمان

انجمن تولید کنندگان بتن آماده  
و قطعات بتنی ایران

فروتن مهر، حسین  
(کارشناس مهندسی عمران)

انجمن شن و ماسه استان تهران

گنجی، مجتبی  
(کارشناس ارشد مکانیک سنگ)

سازمان ملی استاندارد ایران

مجتبوی، سید علیرضا  
(کارشناس مهندسی مواد-سرامیک)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ه	پیش‌گفتار
و	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۲	۴ کلیات
۳	۵ واکنشگرها و وسایل
۴	۶ آماده سازی نمونه‌ها
۷	۷ اندازه‌گیری عمق کربناته شدن
۷	۸ تعیین عمق کربناته شدن
۹	۹ گزارش آزمون
۱۰	۱۰ دقت
۱۱	پیوست الف (اطلاعاتی) راهنمایی برای محفظه کربناته شدن مناسب

## پیش گفتار

استاندارد «بتن- قسمت ۱۲: تعیین مقاومت بتن در برابر کربناته شدن به روش تسریع شده- روش آزمون» که پیش نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده است و در ششصد و سی و چهارمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۴/۱۲/۲ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود.

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 مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

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

ISO 1920-12: 2015, Testing of concrete -Part 12:Determination of the carbonation resistance of concrete - Accelerated carbonation method

## مقدمه

این استاندارد یکی از مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۳۲۰۱ است. مجموعه این استانداردها به شرح زیر است:

- استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۳۲۰۱: سال ۱۳۹۲، بتن تازه - قسمت ۱: نمونهبرداری
- استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۳۲۰۲: سال ۱۳۹۲، بتن - قسمت ۵: چگالیونفوذآبتنسختشده - روش - هایآزمون
- استاندارد ملی ایران به شماره ۷-۳۲۰۱: سال ۱۳۹۲، بتن تازه - قسمت ۷: آزمونهای غیر مخرب بر روی بتن سخت شده - روشآزمون
- استاندارد ملی ایران به شماره ۸-۳۲۰۱: سال ۱۳۹۲، آزمون بتن - قسمت ۸: تعیین انقباض و ترکیدگی بتن بر اثر از دست دادن آب در نمونههای آماده شده در کارگاه یا در آزمایشگاه
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰-۳۲۰۱: سال ۱۳۹۲، آزمون بتن - قسمت ۱۰: تعیین مدول الاستیسیته استاتیکی در آزمون فشار
- استاندارد ملی ایران به شماره ۱۱-۳۲۰۱: سال ۱۳۹۲، آزمون بتن - قسمت ۱۱: تعیین مقاومت بتن در برابر کلراید، انتشار یک سویه

## بتن - قسمت ۱۲: تعیین مقاومت بتن در برابر کربناته شدن به روش تسریع شده - روش آزمون

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد تعیین مقاومت در برابر کربناته شدن بتن به روش تسریع شده است.  
۱-۲ در این روش پس از یک دوره پیش آماده سازی، آزمون تحت شرایط کنترل شده با استفاده از افزایش سطح کربن دی اکسید، زمانی که وجوه عمودی آزمون پروبارو با آن می باشد، انجام می گردد.  
۱-۳ نتایج آزمون ها، الزامات عملکرد را تعیین نمی کند اما برای مقایسه مقاومت بتن هایی با رده مقاومتی یکسان که در شرایط محیطی مشابه به کار گرفته می شوند از نظر مقاومت در برابر کربناته شدن، کاربرد دارد.

### ۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می شود.  
در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه های بعدی آن ها مورد نظر است.  
استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 1920-2, Testing of concrete — Part 2: Properties of fresh concrete

2-2 ISO 1920-3, Testing of concrete — Part 3: Making and curing test specimens

2-3 ISO 1920-4, Testing of concrete — Part 4: Strength of hardened concrete

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می رود:

۱-۳

#### عمق کربناته شدن

عمق اندازه گیری شده پس از پاشش محلول فنل فتالین بر روی سطحی از بتن سخت شده که به تازگی دو نیم شده است.



۲-۳

عمق کربناته شدن نقطه منفرد

عمق کربناته شدن اندازه گیری شده در یک نقطه منفرد روی یک آزمون (d<sub>k,point</sub>)

۳-۳

عمق کربناته شدن سطح آزمون

متوسط عمق کربناته شدن یک سطح قرار گرفته در معرض کربن دی اکسید از یک آزمون منفرد (d<sub>k,face</sub>).

۴-۳

عمق کربناته شدن آزمون

متوسط عمق کربناته شدن یک آزمون منفرد (d<sub>k,spec</sub>)

۵-۳

میانگین عمق کربناته شدن

میانگین عمق کربناته شدن دو آزمون (d<sub>k</sub>)

## ۴ کلیات

دو مکعب بتنی طبق استاندارد ISO 1920-3 قالب گیری و به مدت ۲۸ روز عمل آوری می شود (تغییرات عمل - آوری در بند ۶-۲ را ببینید). سپس دو مکعب بتنی قبل از آب بندی سطوح بالایی و پایینی و دو سطح جانبی روبروی هم، به مدت ۱۴ روز در شرایط آزمایشگاهی قرار می گیرند. پس از آب بندی تمامی سطوح به غیر از دو سطح جانبی روبروی هم، دو آزمون مکعبی به مدت ۷۰ روز در یک محفظه با شرایط مشخص شده در بند ۴-۵ که دارای سطح کربن دی اکسید (۳/۰±۰/۵) درصد می باشد، نگهداری می شوند. پس از ۷۰ روز قرار گیری در معرض کربن دی اکسید، آزمون های مکعبی باید در راستای عمود بر سطوح در معرض قرار گرفته دو نیم گردد، عمق کربناته شدن طبق روش مندرج در بند ۷ اندازه گیری شود.

بنابراین انجام آزمون تحت شرایط مرجع حداقل ۱۱۲ روز به طول خواهد انجامید، دوره ای که شامل یک سن حداقل ۲۸ روزه برای آزمون پیش از قرار گیری در شرایط محیطی و یک دوره حداقل ۱۴ روزه قرار گیری در شرایط محیطی و یک دوره حداقل ۷۰ روزه برای قرار گیری در معرض افزایش سطوح کربن دی اکسید می باشد. در صورت استفاده از مواد جایگزین (مکمل) سیمان مانند مواد پوزولانی، سرباره و غیره به میزان زیادتر، افزایش زمان عمل آوری و خشک کردن مجاز می باشد و باید چنین شرایطی گزارش شود.

در صورت نیاز، قالب‌گیری و استفاده از آزمون‌های مکعبی بیش‌تر برای اندازه‌گیری عمق کربناته شدن پس از قرار گیری در شرایط آزمون، به مدت بیش از ۷۰ روز مجاز می‌باشد. هر آزمون مکعبی باید فقط برای یک دوره در معرض قرار گیرد.

زمانیکه هدف آزمون اندازه‌گیری عمق کربناته شدن بر روی یک آزمون‌در بیش از یک دوره قرار گیری در معرض کربن دی‌اکسید باشد باید به جای مکعب بتنی از منشور بتنی استفاده شود. در این حالت، طبق استاندارد ISO 1920-3 دو منشور قالب‌گیریو به مدت ۲۸ روز عمل آوری می‌شود (تغییرات عمل آوری در بند ۶-۲ را ببینید). دو منشور پیش از آب بندی سطح بالایی، پایینی و دو سطح انتهایی، به مدت ۱۴ روز در شرایط محیطی آزمایشگاهی قرار می‌گیرند. پس از آب‌بندی تمامی سطوح به غیر از دو سطح طولی روبروی هم، دو آزمون منشور به مدت ۷۰ روز در یک محفظه طبق شرایط مندرج در بند ۵-۴ که دارای سطح کربن دی‌اکسید  $(3.0 \pm 0.5)$  درصد می‌باشد، نگهداری می‌شوند. پس از هر دوره قرار گیری در معرض کربن دی‌اکسید، یک تکه ۵۰ میلی‌متری از هر منشور شکسته شده و عمق کربناته شدن آن اندازه‌گیری می‌شود. پس از جدا نمودن یک برش از منشور و انجام آزمون، سطح شکسته شده انتهایی هر منشور دوباره آب‌بندی شده‌شده و منشورهای باقی‌مانده به محفظه نگهداری برگردانده می‌شود. سطحی از آزمون‌های منشوری یا مکعبی که در معرض کربن دی‌اکسید قرار دارد باید به صورت عمودی قرار گیرند.

## ۵ واکنش‌گرها و وسایل

۵-۱ موم پارافین یا معادل آن، برای آب‌بندی وجهی از آزمون‌هکه در معرض قرار نمی‌گیرد.  
۵-۲ محلول، متشکل از ۱ گرم پودر فنل فتالئین حل شده در ۱۰۰ میلی لیتر محلولیحاوی ۷۰ میلی لیتر اتانول و ۳۰ میلی لیتر آب یون‌زدایی شده.

۵-۳ ذره بین و اندازه‌گیر، برای اندازه‌گیری عمق کربناته شدن بتن با دقت ۰/۵ میلی‌متر.  
۵-۴ محفظه نگهداری، حاوی کربن دی‌اکسید با غلظت  $(3.0 \pm 0.5)$  درصد حجمی، دمای  $(22 \pm 2)$  درجه سلسیوس و رطوبت نسبی  $(55 \pm 5)$  درصد، جزئیات یک مخزن مناسب را در پیوست الف ببینید. در مناطق آب و هوایی گرم شرایط محفظه نگهداری ممکن است دما تا  $(27 \pm 2)$  درجه سلسیوس و رطوبت نسبی  $(65 \pm 5)$  درصد تغییر کند.

تجربه نشان داده است که اگر آزمون اشباع با سطح خشک بلافاصله بعد از حذف آب عمل آوری در محفظه نگه‌داری قرار گیرد، رطوبت نسبی می‌تواند از مقدار مجاز، تجاوز کند. همچنین در محفظه نگه‌داری فاقد کنترل فعال کربن دی‌اکسید، ممکن است در طی فرآیند پیوسته کربناته شدن، سطح کربن دی‌اکسید می‌تواند به زیر رواداری مجازافت کند. بنابراین توصیه میشود در این روش آزمون، محفظه نگهداری، قابلیت‌کنترل فعال کربن دی‌اکسید، رطوبت نسبی و دما را داشته باشد.

ممکن است سطوح غلظت کربن دی اکسید، رطوبت نسبی و دماهای دیگری استفاده شود. در هر صورت این مورد باید ثبت و گزارش شود.

**یادآوری** - سطح رطوبت نسبی ممکن است با استفاده از روش های در اختیار آزمایشگاه تعیین شود، به عنوان مثال رطوبت افزایشی / رطوبت زدایی فعال یا محلول های نمک اشباع شده.

**۵-۵ دستگاه ثبت دما و رطوبت نسبی**، با دقت  $\pm 0.2$  درصد برای رطوبت و  $\pm 0.5$  درجه سلسیوس برای دما.

**۵-۶ دستگاه ثبت غلظت  $CO_2$** ، با دقت  $0.1$  درصد حجمی

توصیه می شود این وسیله اندازه گیری مجهز به یک هشدار دهنده دیداری / شنیداری باشد تا بتواند نوسان غلظت  $CO_2$  در داخل محفظه نگه داریناشی از درست کار نکردن احتمالی دستگاه را هشدار دهد.

**۵-۷ فن ها؛** با امکان چرخش یکنواخت هوا داخل محفظه نگه داری.

## ۶ آماده سازی آزمونه ها

### ۶-۱ کلیات

مکعب ها/ یا منشورها برای تعیین مقاومت کربناته شدن باید مطابق با این استاندارد ساخته شوند. اگر آزمونه ها توسط آزمایشگاه ساخته شده باشد، آزمایشگاه باید قادر باشد مشخصات کامل از جمله مقادیر اختلاط، روش اختلاط و در صورت لزوم مواد تشکیل دهنده را ارائه کند. در صورتی که آزمونه ها توسط مشتری یا نمایندگان تهیه شده . آزمایشگاه باید از تاریخ قالب گیری آزمونه ها مطلع شود و مطمئن باشد که شرایط نگه داری آنها مطابق این استاندارد است.

برای تعیین عمق کربناته شدن در هر دوره قرار گیری در معرض کربن دی اکسید، باید دو آزمونه مکعبی با مقطع عرضی  $100$  میلی متر یا بزرگتر تهیه کرد. برای تعیین عمق کربناته شدن در بیش از یک دوره قرار گیری در معرض بر روی یک آزمونه، باید دو منشور با طول  $400$  میلی متر و سطح مقطع  $(100 \times 100)$  میلی متر تهیه شود. کوچکترین بعد آزمونه مکعبی یا منشوری نباید کوچکتر از  $4$  برابر بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه باشد. باید از استفاده رهاساز قالب (روغن قالب) اجتناب کرد یا مصرف آن را به حداقل رساند، چون ممکن است عمق کربناته شدن را تحت تأثیر قرار دهد.

### ۶-۲ ساخت، عمل آوری و آزمون مکعبها و منشورها

قبل از قالب گیری آزمونه ها، رده روانی یا مقدار روانی هدف را با استفاده از آزمون های اسلامپ، وی بی، درجه تراکم، میز جریان، طبق روش های آزمون مندرج در استاندارد ISO 1920-2 اندازه گیری کنید. برای هر طرح مخلوط دو قالب مکعبی / منشوری از یک پیمانهمنفرد بتن تهیه کنید. منشورها را طبق روش مندرج در استاندارد ISO 1920-3 به طور افقی قالب گیری کنید. در مناطق آب و هوایی گرم، شرایط عمل آوری پس از خارج کردن آزمونه از قالب می تواند با روش مندرج در استاندارد ISO 1920-3 متفاوت باشد. در این صورت آزمونه ها باید در آب با دمای  $(27 \pm 2)$  درجه سلسیوس یا در محفظه با رطوبت نسبی حداقل  $95$  درصد و دمای  $(27 \pm 2)$  درجه

سلسیوس نگه‌داری شوند. پس از اتمام ساخت آزمون‌های مکعبی/منشوری سطحی که قرار است در معرض قرار گیرند با ورقه پلی‌اتیلنی یا یک پوشش نفوذناپذیر مشابه بیوشانید تا خشک نشود. بعد از گذشت ( $2 \pm 22$ ) ساعت قالب‌ها باز و آزمون‌های مکعبی و منشوری بی‌درنگ به‌ظرف پر از آب که دمای آن ( $2 \pm 20$ ) درجه سلسیوس طبق استاندارد ISO 1920-3 تنظیم شده است، منتقل می‌شوند. در مناطق گرمسیری دمای آب ظرف ممکن است ( $2 \pm 27$ ) درجه سلسیوس باشد.

توصیه می‌شود حداقل دو آزمون مقاومت فشاری نیز طبق استاندارد ISO 1920-4 ساخته و در سن ۲۸ روزه آزمون شود. در صورتی که مخلوط‌های متعددی ساخته می‌شوند، آزمون تکمیلی مانند مقاومت فشاری ۲۸ روزه باید انجام شود تا یکنواختی تولید، تایید شود یا پیمان‌های غیر عادی شناسایی شوند.

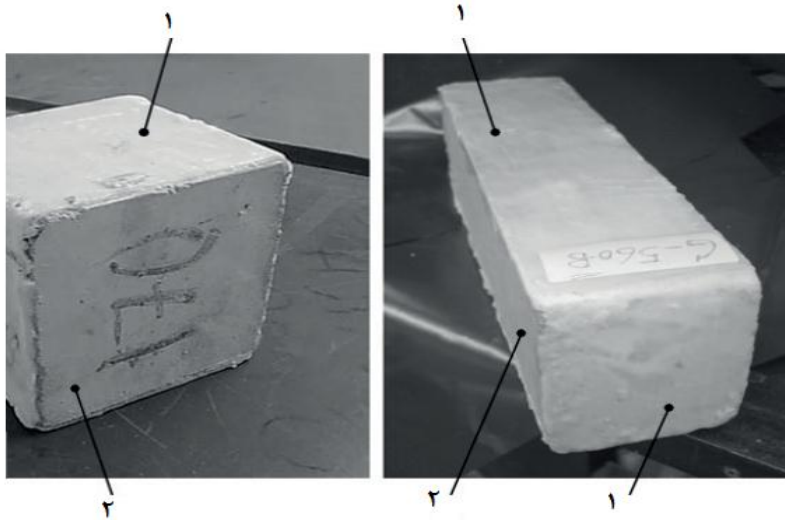
پس از خارج کردن آزمون‌ها از مخزن عمل‌آوری، بلافاصله باید آن‌ها را در ورق پلی‌اتیلن یا پوشش نفوذناپذیر مشابه پیچیده و آب‌بندی کرد تا از خشک شدن آزمون‌ها در حین انتقال جلوگیری شود. به عنوان یک روش جایگزین بهتر است آزمون‌ها در حین انتقال کاملاً در آب غوطه‌ور باشد، مانند، یک مخزن عمل‌آوری متحرک. در زمان رسیدن به آزمایشگاه، باید آزمون‌ها باز شده و بررسی شوند که آسیب ندیده باشند و سپس در محفظه عمل‌آوری پر شده از آب با دمای ( $2 \pm 20$ ) درجه سلسیوس طبق استاندارد ISO 1920-3 تا سن ۲۸ روزه نگه‌داری شوند. در مناطق گرم، دمای آب حمام می‌تواند تا ( $2 \pm 27$ ) درجه سلسیوس باشد.

در یک دوره ۲۸ روزه، مکعب‌ها و / یا منشورها باید از مخزن آب خارج و برای خشک کردن به مدت ۱۴ روز به شرایط آزمایشگاهی با دمای (۱۸-۲۹) درجه سلسیوس و رطوبت نسبی (۷۰-۵۰) درصد منتقل شوند. ممکن است شرایط محیطی دیگر و جایگزین مورد استفاده قرار گیرد، با این حال آن شرایط باید ثبت و گزارش شود.

بعد از ۱۴ روز آماده‌سازی، دو وجه طولی بالا و پایین و دو وجه انتهایی منشور (برای مکعب دو وجه بالا و پایین و دو وجه جانبی) را باید بوسیله موم پارافین یا ماده مشابه آن آب‌بندی نمود تا از ورود کربن دی‌اکسید جلوگیری و اجازه داده شود که فرآیند کربناته شدن فقط در دو وجه طولی قالب رخ دهد (شکل ۱-الف را ببینید). **یادآوری ۱-** هدف از آب‌بندی سطح بالایی، پایینی و وجوه انتهایی این است که اثر ناشی از کربناته شدن چند جهته، در هر گوشه به حداقل برسد و از عملیات کربناته شدن طولی در منشور یا مکعب جلوگیری شود.

**یادآوری ۲-** اگر برای آب‌بندی سطوح از موم پارافین استفاده می‌شود، در ظرف مخصوص در دمای کنترل شده، ذوب و به‌وسیله قلم‌مو نقاشی در سه لایه مساوی بر روی سطح بتن اعمال کنید. بین هر بار استفاده موم اجازه دهید موم اعمال شده گرفته‌شده سفت شود.

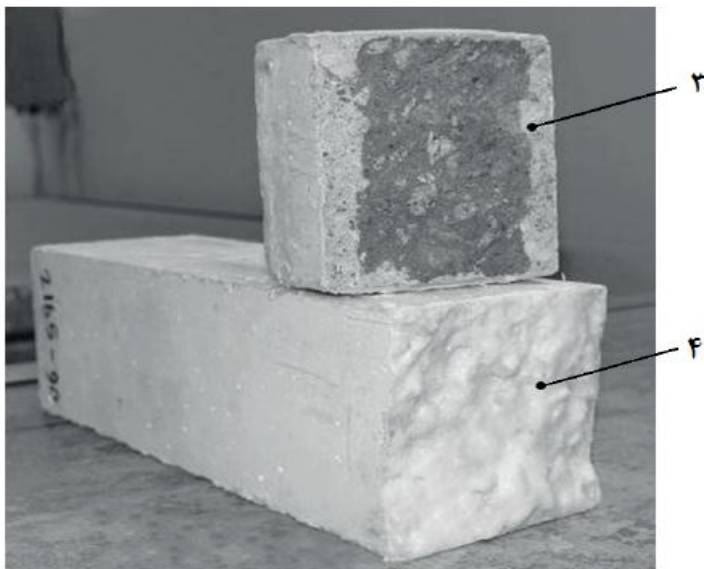
وقتی مکعب‌ها و یا منشورها آب‌بندی شدند، باید طبق بند ۵-۴ در محفظه نگه‌داری قرار گیرند. مکعب‌ها و یا منشورها باید به صورتی قرار بگیرند که سطوحی که باید در معرض قرار گیرند عمود بوده و اجازه چرخش آزادانه هوا بین دو وجهی که کربناته شدن روی آن‌ها صورت می‌گیرد؛ داده شود (پیوست الف را ببینید).



راهنما:

۱ وجوه موم زده شده ۲ وجوه در معرض قرار گیری (بدون موم)

الف- آب بندی مکعب و منشور پیش از قرار دادن در محیط محفظه برای اولین بار



راهنما:

۳ تکه جدا شده از بتن که با فنل فتالیئیناسپری شده ۴ منشور جدا شده که دوباره آب بندی شده

ب- آب بندی انتهای وجه منشور پس از جدا کردن قسمتی از منشور برای تعیین عمق کربناته شدن

شکل ۱- آب بندی آزمون منشور منشور پیش از آزمون و در طول آزمون

## ۷ اندازه‌گیری عمق کربناته شدن

### ۷-۱ دوره قرار گیری در معرض کربن دی اکسید و گسترش تغییر رنگ

عمق کربناته شدن منشورها باید بعد از طی دوره‌های قرارگیری در معرض کربن دی اکسید ۵۶ روز، ۶۳ روز و ۷۰ روز یا زمان مشخص شده قرارگیری در محفظه نگهداری، اندازه‌گیری شود. عمق کربناته شدن مکعب‌ها باید بعد از طی ۷۰ روز اندازه‌گیری شود، مگر آن‌که طور دیگری مشخص شده باشد.

عمق کربناته شدن ۱۰ نقطه مستقل ( $d_{k,point}$ ) روی هر منشور یا مکعب پس از طی هر دوره قرار گیری در معرض کربن دی اکسید، اندازه‌گیری می‌شود و میانگین ۲۰ نقطه مستقل به عنوان عمق کربناته شدن ( $d_k$ )، خوانده شود.

یک برش به ضخامت تقریباً ۵۰ میلی‌متر بعد از اتمام هر دوره در معرض قرار گیری جدا شده و هر سطح در معرض قرار گرفته در قطعه باقی‌مانده از منشور برای جلوگیری از کربناته شدن طولی، آب بندی می‌شود (شکل ا-ب را ببینید).

هنگامی که یک تعیین عمق کربناته شدن منفرد بر روی یک مکعب بعد از ۷۰ روز نگهداری انجام می‌شود، آن مکعب باید به دو نیم تقسیم شود. عمق‌های کربناته شدن بر روی هر سطح تازه شکسته از تکه جدا شده، اندازه‌گیری شود.

یادآوری ۱- برش توسط اره، مناسب نیست.

بعد از شکستن، سطح شکسته شده را از گرد و غبار و ذرات سست پاک کنید سپس محلول شناساگر را به آرامی بپاشید. از تشکیل شره بر روی سطح آزمون جلوگیری کنید. اگر تغییر رنگ ضعیف بود و یا هیچ رنگی ظاهر نشد، مجدداً بعد از ۳۰ ثانیه رنگ بپاشید.

اندازه‌گیری باید پس از تثبیت رنگ، انجام شود.

یادآوری ۲- عمق کربناته شدن اندازه‌گیری شده ممکن است تحت تاثیر زمان اندازه‌گیری بعد از اعمال محلول شناساگر قرار گیرد.

## ۸ تعیین عمق کربناته شدن

### ۸-۱ کلیات

عمق کربناته شدن باید به وسیله تغییر رنگ طبق روش زیر تعیین شود.

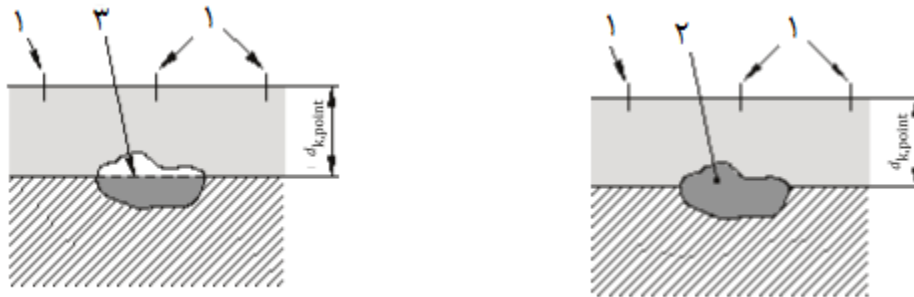
### ۸-۲ اندازه‌گیری عمق کربناته شدن

عمق کربناته شدن باید در ۵ نقطه روی هر وجه در معرض قرار گرفته اندازه‌گیری شود. برای مکان‌یابی این نقاط، طول لبه باید به ۶ فاصله مساوی تقسیم شود. ۵ نقطه مرکزی باید استفاده شود. به کمک خط‌کش و یا اندازه‌گیر کشویی و ذره بین، عمق نقاط کربناته شدن ( $d_{k,point}$ ) را عمود بر سطح در معرض قرار گرفته منشور با دقت ۰٫۵ میلی‌متر اندازه‌گیری کنید.

عمق کربناته شدن باید بر روی وجه شکسته شده بر روی هر دو طرف و حداقل در ۲۰ نقطه اندازه‌گیری شود.

### ۳-۸ بررسی سنگدانه‌های با چگالی زیاد

ذرات سنگدانه‌های با چگالی بالا که در جبهه‌های کربناته شدن قرار گرفته‌اند، با فنل فتالین رنگی نخواهند شد و جبهه نفوذ توسط این ذره منقطع می‌شود (شکل ۲-الف). برای تعیین عمق کربناته شدن باید عمق فرضی کربناته شدن در محل تقاطع نقطه نشانه گذاری شده و از یک خطارتباط دهنده روی هر وجه آن ذره استفاده گردد (شکل ۲-ب).



الف- قطع جبهه کربناته شده توسط سنگدانه با چگالی بالا ب- خط فرضی رسم شده جبهه‌های کربناته شده در

مقطع سنگدانه متراکم

راه‌نما:

۱ نقاط اندازه‌گیری

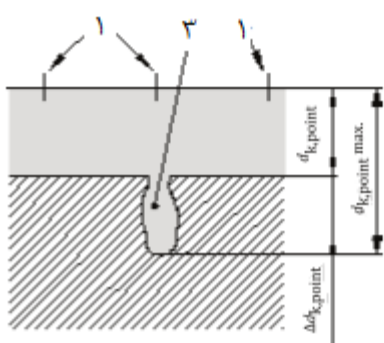
۲ سنگدانه متراکم

۳ خط فرضی مقابل کربناته شدن

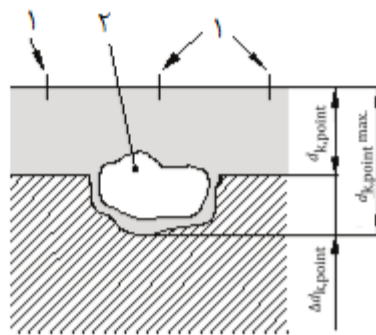
شکل ۲- روش به دست آوردن عمق کربناته شده در جایی که نقاط اندازه‌گیری با ذرات سنگدانه با چگالی بالا برخورد می‌کنند

### ۴-۸ بررسی تخلخل‌ها و سنگدانه‌های متخلخل و مقادیر حدی

هنگامی که تخلخل‌ها یا ذراتی از سنگدانه‌های متخلخل در سطح جبهه کربناته شدن وجود داشته باشد، ممکن است، مقادیر بیشتری از عمق کربناته شدن ظاهر شود (شکل ۳). در جایی که مقادیر بیشتر از عمق کربناته شدن شده از  $\Delta d_{k,point}$  کم‌تر از ۴ میلی‌متر باشند، این اعداد باید در محاسبه عمق کربناته شدن متوسط استفاده شود. مقادیر بزرگ‌تر از  $\Delta d_{k,point}$  نباید در محاسبه میانگین عمق کربناته شدن لحاظ شوند؛ در هر حال وجود مقادیر بزرگ‌تر از  $\Delta d_{k,point}$  باید در گزارش آزمون ثبت شود.



ب- حفره هوا جدا شده در جبهه کربناته شدن



الف- قطع جبهه کربناته شدن توسط سنگدانه متخلخل

راهنما:

- ۱ نقاط اندازه‌گیری
- ۲ سنگدانه متخلخل
- ۳ حفره هوا

شکل ۳- روش به‌دست آوردن عمق کربناته شدن در جایی که نقاط اندازه‌گیری با ذرات سنگدانه متخلخل یا حفره هوا برخورد می‌کنند

## ۵-۸ بیان نتایج

میانگین عمق کربناته شدن برای هر وجه در معرض قرار گرفته شده یک آزمون  $(\Delta d_{k,face})$  باید محاسبه و ثبت شود. میانگین عمق کربناته شدن هر آزمون  $(\Delta d_{k,spec})$  باید محاسبه و ثبت شود. میانگین های حسابی عمق کربناته شدند آزمون  $(d_k)$  در ۷۰ روز باید به‌عنوان عمق کربناته شدن متوسط بتن ثبت شود. جایی که آزمون بر روی منشورها در دوره‌های در معرض قرارگیری متناوب انجام می‌شود، نتایج باید به‌عنوان میانگین حسابی دو آزمون  $(d_k)$  در دوره های در معرض قرارگیری متناوب گزارش شده، بیان شود.

## ۹ گزارش آزمون

۹-۱ گزارش آزمون باید شامل موارد زیر باشد:

۹-۱-۱ مرجع بتن تحت آزمون؛

۹-۱-۲ تاریخ قالب‌گیری آزمون‌ها؛

۹-۱-۳ تاریخ شروع آزمون؛

۹-۱-۴ تمام عمق‌های کربناته شدن حداقل و حداکثر اندازه‌گیری شده در حداقل ۲۰ نقطه در دوره مرجع رویارویی ۷۰ روزه یا دوره‌های مشخص؛

۹-۱-۵ میانگین عمق کربناته شدن وجوه آزمون  $(d_{k,face})$ ، هر آزمون  $(d_{k,spec})$  و میانگین کل  $(d_k)$ ؛



- ۹-۱-۶ در صورت وجود تعداد و پراکندگی مقادیر  $\Delta d_{k,point}$  که در محاسبه مقدار میانگین لحاظ نشده.
- ۹-۱-۷ هر گونه انحراف عمدی از شرایط مرجع یا عدم انطباق با شرایط آزمون، مانند، هر عیب یا نقصی در نگه-داری کربن دی اکسید مورد نیاز بیان شده برای یک دوره کوتاه معین یا تغییرات در شرایط پیش آماده سازی.
- ۹-۲-۲ گزارش آزمون می تواند شامل موارد زیر نیز باشد:
- ۹-۲-۱-۱ جزئیات مخلوط های بتن؛
- ۹-۲-۲-۲ نتایج آزمون های منفرد و سوابق تصویربرداری مربوطه؛
- ۹-۲-۳ نتایج حاصل از آزمون های تکمیلی مانند، نتایج مقاومت فشاری ۲۸ روزه؛
- ۹-۲-۴ هر گونه نظر یا مشاهدات اضافی؛
- ۹-۲-۵ هر مجوز رسمی برای انجام آزمون.

## ۱۰ دقت

تکرار پذیری (R) اندازه گیری های کربناته شدن ( با سطح اطمینان ۹۵ درصد ) ، با انحراف استاندارد تکرار پذیری ۱/۰ میلی متر برابر با ۲/۰ میلی متر است. اطلاعات مناسبی برای تکرار پذیری یا تجدید پذیری برای آزمون کامل وجود ندارد.

## پیوست الف

### (اطلاعاتی)

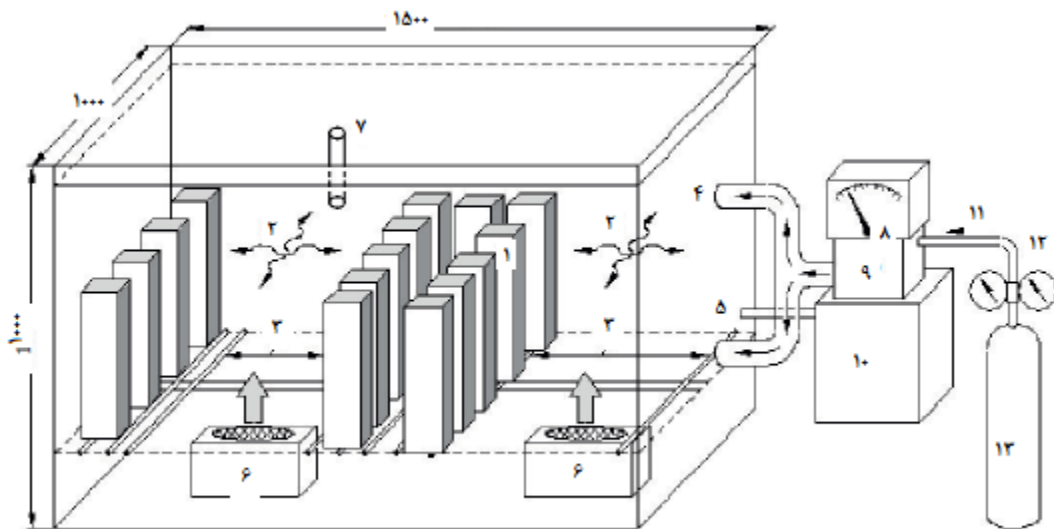
#### راهنمایی برای محفظه نگهداری مناسب

مشخصات و طرح نوعی یک محفظه نگهداری مناسب در شکل الف-۱ نشان داده شده است. برای شرایط مرجع، نیاز است مقدار کربن دی اکسید موجود در هوای داخل محفظه نگهداری  $(310 \pm 0.5)$  درصد حجمی باشد هنگامی که تعداد زیادی از نمونه در محفظه نگهداری قرار داده می شود ممکن است میزان کربن دی اکسید به زیر سطح مورد نیاز سریعاً افت کند و باقی بماند. به همین دلیل، توصیه می شود که میزان کربن دی اکسید کنترل شود و با یک روش مناسب توسط منبع متصل به محفظه به جهت جایگزینی میزان کربن دی اکسید از بین رفته، توسط یک واکنش کربناته شدن تزریق شود. وسایل مناسب به این منظور در شکل های الف-۲ و الف-۳ نشان داده شده است. اساساً پایش خواندن تجهیزات تزریق کربن دی اکسید باید به صورت روزانه انجام شود. هر گونه انحراف از این سطح باید گزارش شود.

منشورها باید در دو جهت عمودی و افقی نگهداری شوند. در جایی که منشور به صورت افقی نگهداری می شوند، آن ها در موقعیتی قرار گیرند که هوا آزادانه بتواند وجوه آب بندی نشده منشور را در معرض قرار دهد، نظیر استفاده از جدا کننده هایی لوله پلاستیکی با قطر ۵۰ میلی متر. توصیه می شود جدا کننده ها را روی وجوه آب بندی شده نمونه ها قرار دهید. منشورها باید به شیوه ای در داخل محفظه نگهداری قرار گیرند که مطمئن شوید حداقل ۵۰ میلی متر بین آن ها فاصله است، شکل الف-۴ را ببینید. یک فاصله مشابه هم باید بین منشورها و دیوارهای محفظه قرار داد.

در داخل محفظه نگهداری باید از فن های مکانیکی (فن های رومیزی مناسب هستند) استفاده کرد تا از گردش هوا اطمینان حاصل شود. توصیه می شود در طول راه اندازی محفظه، تلاطم هوا را توسط دود سیگار و یا روش مشابه، پایش کنید. محفظه نگهداری باید با بیشترین و کمترین تعداد منشورها باید استفاده شود تا از گردش هوا اطمینان حاصل کرد.

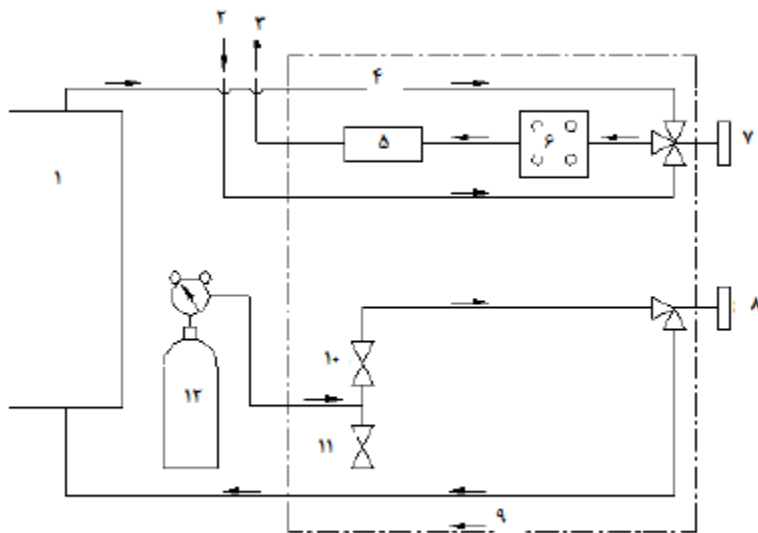
تجربه نشان داده است که اگر نمونه های اشباع با سطح خشک غیر استاندارد در محفظه قرار داده شود، رطوبت نسبی می تواند از حدود مجاز، تجاوز کند. از این رو توصیه می شود که محفظه یک کنترل فعال رطوبت نسبی در حدود (۷۰-۵۰) درصد، و دما در حدود (۱۸-۲۹) درجه سلسیوس داشته باشد.



راهنما:

- ۱ آزمون‌های بتن
- ۲ جریان متلاطم
- ۳ کف چوبی
- ۴ ورودی  $CO_2$
- ۵ ورودی بخار
- ۶ فن
- ۷ تجهیز کنترل دما
- ۸ کنترلر  $CO_2$
- ۹ جعبه کنترل
- ۱۰ رطوبت زدا
- ۱۱ ورودی گاز
- ۱۲ تنظیم کننده
- ۱۳ مخزن گاز  $CO_2$

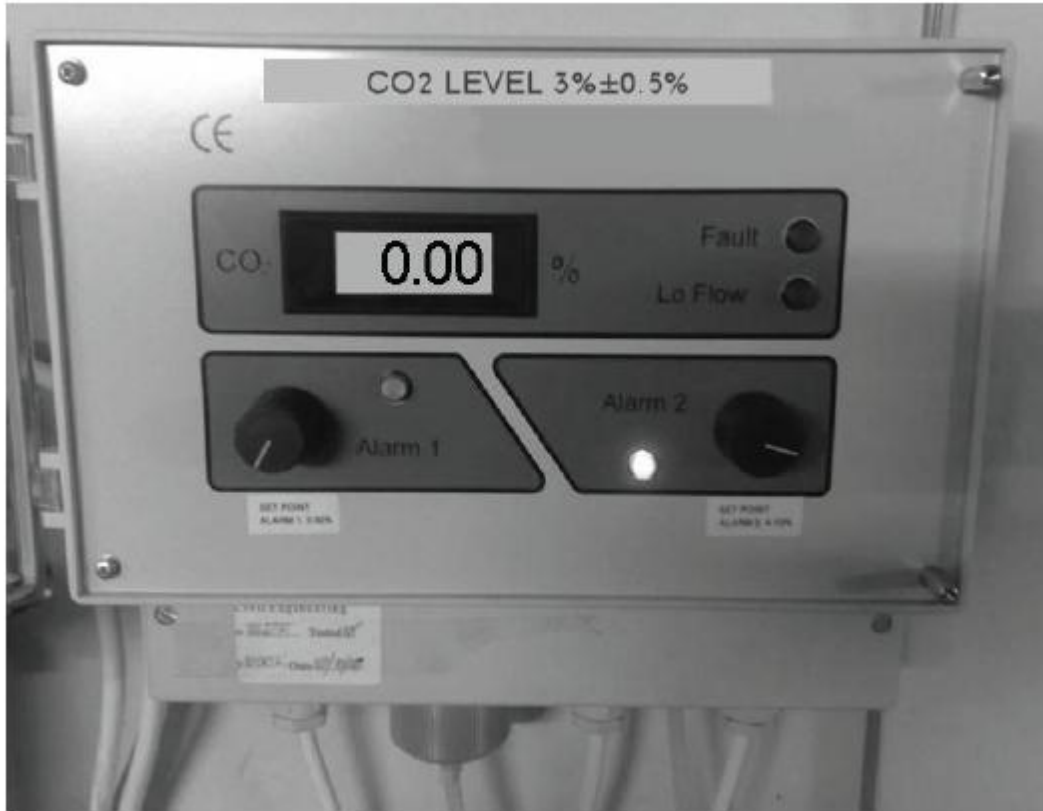
شکل الف-۱- محفظه نگهداری نوعی با نگهداری عمودی



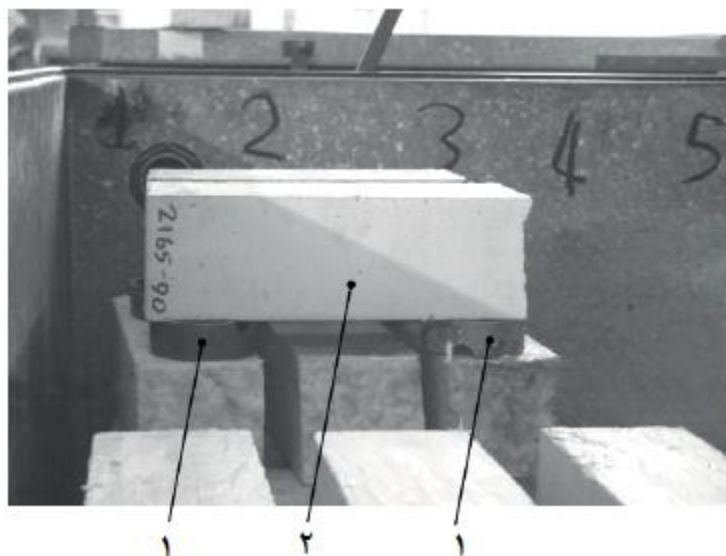
راهنما:

- ۱ محفظه نگهداری کربناته شدن
- ۲ هوای ورودی صفر
- ۳ خروج نمونه
- ۴ ورود نمونه
- ۵ پمپ
- ۶ آشکار ساز هدایت حرارتی
- ۷ شیر گزینشی
- ۸ شیر تنظیم دقیق
- ۹ کنترلر CO<sub>2</sub>
- ۱۰ شیر کنترل CO<sub>2</sub> بالا
- ۱۱ شیر کنترل CO<sub>2</sub> پایین
- ۱۲ مخزن گاز CO<sub>2</sub>

شکل الف-۲- سامانه مناسب برای پایش تزریق کربن دی اکسید



شکل الف-۳- وسیله پایش تزریق کربن دی اکسید



راهنما:

۱ فاصله اندازه‌های پلاستیکی ۵۰ میلی‌متری  
۲ وجهی از منشور که در معرض قرار گرفته

شکل الف-۴ - آزمون‌های افقی نگاه‌داری شده