



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۷۰۱۶

چاپ اول

بهمن ۱۳۹۲

INSO

17016

1st. Edition

Jan.2013

سنگ طبیعی - تعیین مقاومت مرمر در برابر  
چرخه‌های حرارتی و رطوبتی - روش آزمون

**Natural Stone - Determination of Resistance  
of Marble to Thermal and Moisture Cycles -  
Test Method**

ICS:91.100.15

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی 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.

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 حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود 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، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود 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 می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند 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 می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی 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 می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سامانه های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آنها اعطا و بر عملکرد آنها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) و 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

### «سنگ طبیعی - تعیین مقاومت مرمر در برابر چرخه‌های حرارتی و رطوبتی - روش آزمون»

#### رئیس:

منوچهریان، سید محمد امین  
(دانشجوی دکتری مهندسی معدن)

#### سمت و/یا نمایندگی

شرکت ارجان پی

#### دبیر:

کولیوند، فرشاد  
(دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک سنگ)

دانشگاه لرستان

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

احمدی نیا، رضا  
(کارشناسی مهندسی شیمی)

شرکت پتروسرویس

اعظمی، محمدعلی  
(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک سنگ)

معدن مس سونگون اهر

امیری دهنو، مجید  
(کارشناسی شیمی محض)

سازمان ملی استاندارد ایران

جوادی، حامد  
(کارشناسی مهندسی نفت)

شرکت زمین حفاران کاسیت

حیدری، شهریار  
(کارشناسی مهندسی نفت)

شرکت پتروسرویس

دولتشاهی، رضا  
(کارشناسی ارشد شیمی)

سازمان ملی استاندارد ایران

رحمانی، علی  
(کارشناسی ارشد مهندسی مواد)

شرکت زمین حفاران کاسیت

رضایی، محمد  
(کارشناسی مهندسی مکانیک)

شرکت سایپا

سپهوند، عزیزاله  
(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)

شرکت سنگ آذرین پارس

سازمان ملی استاندارد ایران

شرفی، عنایت اله  
(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

شرکت پتروسرویس

عزیزی، حمید  
(کارشناسی ارشد مهندسی شیمی - صنایع گاز)

شرکت زمین حفاران کاسیت

ندری، کیانوش  
(کارشناسی مهندسی عمران)

شرکت سنگسرای آذربایجان

نقی پور، رسول  
(کارشناسی ارشد مکانیک سنگ)

سازمان ملی استاندارد ایران

واعظی پور، محمد رضا  
(کارشناسی مهندسی مکانیک)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
د	پیش‌گفتار
و	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات، تعاریف، نمادها و یکاها
۲	۴ اصول آزمون
۳	۵ وسایل
۸	۶ آماده‌سازی آزمون‌ها
۹	۷ روش انجام آزمون
۱۱	۸ محاسبه نتایج
۱۲	۹ دقت
۱۲	۱۰ گزارش آزمون
۱۴	۱۱ پیوست الف (اطلاعاتی) راهنمای مقادیر کرانی
۱۵	۱۲ پیوست ب (اطلاعاتی) آزمون غیرمخرب
۱۷	۱۳ پیوست پ (اطلاعاتی) تحلیل سنگ‌نگاری توسعه یافته (پیشرفته)
۲۰	۱۴ پیوست ت (اطلاعاتی) کتاب‌نامه

## پیش‌گفتار

استاندارد «سنگ طبیعی- تعیین مقاومت مرمر در برابر چرخه‌های حرارتی و رطوبتی- روش آزمون» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده و در چهارصد و چهل و ششمین اجلاس کمیته‌ی ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۲/۹/۲۳ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان 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 ارایه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط 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:

BS EN 16306: 2013, Natural stone test methods. Determination of resistance of marble to thermal and moisture cycles

# سنگ طبیعی - تعیین مقاومت مرمر در برابر چرخه‌های حرارتی و رطوبتی - روش آزمون

## ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد ارایه روش آزمایشگاهی برای تعیین مقاومت سنگ مرمر در برابر چرخه‌های حرارتی و رطوبتی است که برای پوشش نماهای ساختمان استفاده می‌شود. تعریف علمی مرمر در استاندارد بند ۱-۲ ارایه شده است.

این استاندارد برای تعیین مقاومت سنگ‌های مرمر در برابر چرخه‌های حرارتی و رطوبتی کاربرد دارد. یادآوری - در بعضی مرمرها، هنگامی که به عنوان پوشش خارجی استفاده می‌شوند، کماتی شدن<sup>۱</sup> و کاهش سریع مقاومت رخ می‌دهد.

## 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 تجدیدنظرهای 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 تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۸۲۲۸، سنگ‌های ساختمانی - واژه‌نامه

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۰۱۵، سنگ طبیعی - تعیین سرعت انتشار صوت - روش آزمون

2-3 EN 12372, Natural stone test methods – Determination of flexural strength under concentrated load

2-4 EN 13161, Natural stone test methods – Determination of flexural strength under constant moment

2-5 EN 14146, Natural stone test methods – Determination of the dynamic modulus of elasticity (by measuring the fundamental resonance frequency)

2-6 EN ISO 4892-1:2000, Plastics - Methods of exposure to laboratory light sources - Part 1: General guidance (ISO 4892-1:1999)

2-7 EN 12407, Natural stone test methods – Petrographic examination

### ۳ اصطلاحات، تعاریف، نمادها و یکاها

#### ۱-۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد بند ۲-۱، تعاریف زیر نیز به کار می‌رود.

#### ۱-۱-۳

##### کمانی شدن

تغییر شکل از حالت مسطح و صفحه‌ای به حالت منحنی یا گودی محدب یا مقعر، است. یادآوری - سایر اصطلاحات رایج استفاده شده برای چنین پدیده‌ای، گودشدگی<sup>۱</sup> و پیچیده شدگی<sup>۲</sup> می‌باشند. کمانی شدن محدب با مقادیر مثبت و کمانی شدن مقعر با مقادیر منفی ارزش گذاری می‌شوند.

#### ۲-۱-۳

##### تحدب

بخش مرکزی آزمون به سمت بالا و در جهت دور شدن از زیرلایه نمودار، کمانی می‌شود.

#### ۳-۱-۳

##### تقعر

بخش مرکزی آزمون به سمت پایین و به سمت زیرلایه نمودار، کمانی می‌شود.

### ۲-۳ نمادها و یکاها

نمادهای به کار رفته در این استاندارد در جدول ۱ آرایه شده‌اند.

### ۴ اصول آزمون

کمانی شدن هنگامی اندازه‌گیری می‌شود که نمونه‌های آزمون از زیر در معرض رطوبت و از بالا در معرض حرارت‌دهی قرار دارند. هر چرخه در مدت زمان ۲۴h و در بازه دمایی از ۲۰°C تا ۸۰°C کامل می‌شود. برای کنترل هوای محفظه/حمام، دمای ۸۰°C بر روی مرجع سیاه<sup>۳</sup> که بر روی یک آزمون قرار گرفته، اندازه‌گیری می‌شود.

کاهش مقاومت بالقوه، مطابق با استاندارد بند ۲-۳ و بند ۲-۴ بر روی آزمون‌های مرجع و آزمون‌های در معرض آزمون، اندازه‌گیری می‌شود (پیوست الف را ببینید).

---

1 - Dishing  
2 - Warping  
3 - Black Reference



جدول ۱- نمادهای به کار رفته در این استاندارد

نماد	تعریف	واحد
$T$	دما	درجه سلسیوس
$H_0$	ارتفاع اولیه آزمون در نقطه اندازه‌گیری	میلی‌متر
$H$	فاصله بین ارتفاع اولیه و ارتفاع آزمون پس از چرخه‌های آزمون	میلی‌متر
$H_N$	اختلاف ارتفاع نرمال شده، مربوط به $L_N=1\text{ m}$	میلی‌متر
$B$	مقدار کمائی شدن نرمال شده $H_N / L_N =$	میلی‌متر بر متر
$B_N$	مقدار کمائی شدن بعد از چرخه $n$ ام	میلی‌متر بر متر
$L$	فاصله بین تکیه‌گاه‌های زیر آزمون $= 0.35\text{ m}$	متر
$L_N$	طول نرمال شده $= 1\text{ m}$	متر

## ۵ وسایل

### ۱-۵ حمام ضد زنگ

یک حمام مقاوم در برابر خوردگی با توانایی کافی برای نگهداری تعداد آزمون مورد نیاز می‌باشد (شکل ۱ را ببینید). محفظه باید به گونه‌ای طراحی شده باشد که آزمون‌ها از یک طرف به طور پیوسته رطوبت دریافت کرده و از طرف دیگر در معرض گرمادهی چرخه‌ای قرار گیرند. محفظه باید به ابزاری مجهز باشد که این اطمینان را ایجاد کند که سطح آب محفظه در طی آزمون ثابت بماند. یک شبکه فولادی که با ورقه‌ای از صافی پارچه‌ای مقاوم در برابر گرما پوشانیده شده، را در کف محفظه بخوابانید.

### ۲-۵ شبکه فولادی ضد زنگ

یک شبکه فولادی ضد زنگ با طول و عرض متناسب با ابعاد محفظه و ارتفاع حداقل یک سانتی‌متر. وظیفه شبکه فولادی ایجاد اطمینان از وجود یک مخزن آب زیر صافی است.

### ۳-۵ صافی سوزنی

صافی سوزنی نرم، پایدار در برابر گرما، غیرنم‌گیر و دارای پایداری ابعادی با ضخامت تقریبی  $5\text{ mm}$  و بدون هیچ ماده و یا اجزاء شیمیایی قابل حل در آب، می‌باشد. پارچه (مانند پلی‌استر یا نمد سوزنی PTFE (پلی‌تترافلورواتیلن)<sup>۱</sup>) بر روی شبکه فولادی قرار داده می‌شود. وظیفه پارچه، تامین یک‌نواخت رطوبت برای آزمون است.

1 - Poly Tetra Fluoro Ethylene (PTFE)

## ۴-۵ صفحات گرمادهی

صفحات گرمادهی با اندازه و تعداد کافی برای پوشش دادن کل محفظه. صفحات گرمادهی باید قادر به ایجاد یک جریان یکنواخت گرما، گرم کردن مرجع سیاه در بازه دمایی از  $20^{\circ}\text{C}$  تا  $80^{\circ}\text{C}$  با نرخ متوسط دمای  $(0.105 \pm 0.30)^{\circ}\text{C}$  در دقیقه باشند. در طی فرایند گرمادهی، حداکثر اختلاف دمایی مجاز درون حمام (محفظه)،  $3^{\circ}\text{C}$  است. برای اجتناب از سرد شدن ناخواسته یا گردش هوا، بهتر است جداره‌هایی از مواد عایق اطراف محفظه قرار داده شود (شکل ۱ را ببینید). قبل از این که از سامانه استفاده شود، به طور گسترده در نه نقطه که در کل سطح درون قاب گرمادهی توزیع شده‌اند، باید اندازه‌گیری آزمایشی انجام شود (شکل ۲ را ببینید). بهتر است دماها بر روی یک سطح یکنواخت با استفاده از یک دماسنج مادون قرمز یا یک دماسنج اندازه‌گیری سطحی، اندازه‌گیری شود. خوانش‌های دماسنج باید هنگامی انجام شود که دماسنج بر روی مرجع سیاه قرار گرفته باشد.

یادآوری - ممکن است نرخ گرمادهی را با تغییر فاصله بین وسیله (صفحات) گرمادهی و نمونه‌ها و یا با کنترل کردن اثر گرم‌کن، تنظیم کرد. منحنی گرمادهی در شکل ۵ نشان داده شده است.

## ۵-۵ صفحه مرجع سیاه

یک صفحه مرجع سیاه مطابق با شکل ۳ استاندارد بند ۲-۶، برای برقرار کردن حداکثر دمای سطح در  $80^{\circ}\text{C}$ . بهتر است برای پایداری بالای دما و کنترل‌کننده فرآیندها، صفحه مرجع سیاه به یک ترموکوپل (جفت گرمایی) متصل باشد. یک واقعه‌نگار (لاگر<sup>۱</sup>) ساده نیز قابل کاربرد است.

یادآوری - بهتر است مرجع سیاه بر روی سطح نمونه اندازه‌گیری شده، ترجیحاً در وسط محفظه قرار داده شود. دمای قرار گرفتن در معرض آزمون از قبل تنظیم شده است. عناصر گرمادهی به کل سامانه متصل بوده و به وسیله کنترل‌کننده فرآیندها کنترل می‌شوند. دمای مرجع سیاه خوانش شده و سیگنال (نشانک) به کنترل‌کننده فرآیند فرستاده می‌شود تا گرمادهی را تنظیم کند. کل سامانه می‌تواند به وسیله رایانه کنترل شود و دمای سطحی به صورت برخط (آنلاین) پایش شود.

## ۶-۵ دماسنج مادون قرمز

دماسنج مادون قرمز یا دماسنج‌های دیگر، که قادر به اندازه‌گیری دمای سطح آزمون‌ها باشند.

## ۷-۵ ابزار آزمودن کمان برای اندازه‌گیری خم‌شدگی‌ها

ابزار آزمودن کمان برای اندازه‌گیری خم‌شدگی‌ها (شکل ۴ را ببینید). این ابزار از یک صفحه فولادی با سه محل تکیه‌گاهی بر روی آن تشکیل شده که آزمون روی آن خوابانیده می‌شود و سه استوانه لبه‌های آزمون را برای قرار گرفتن در موقعیت مناسب، هدایت می‌کنند. نقاط تکیه‌گاه در فاصله  $(5 \pm 350)\text{mm}$  از یکدیگر

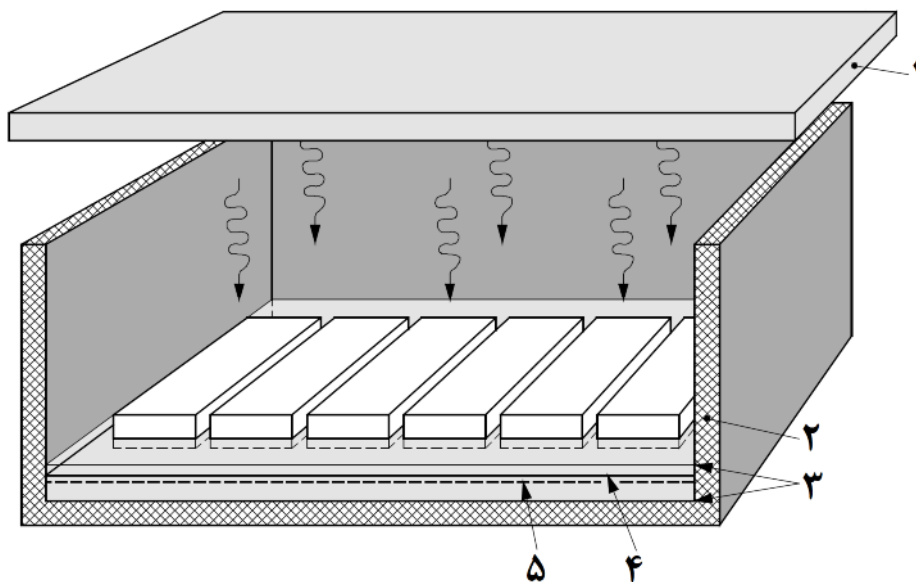
قرار داشته، و به منظور سازگار شدن با ناهمواری‌های احتمالی ناشی از برش سطوح آزمون، به خوبی گرد و صاف شده باشند. بالای مرکز آزمون یک اندازه‌گیر نصب شده که باید تا حد  $0.1001\text{mm}$  قابل خوانش باشد. کل سامانه باید دارای درستی بیش‌تر از  $0.1\text{mm}$  باشد.

#### ۵-۸ استوانه مرجع

یک استوانه مرجع (پایه‌های هم‌صفحه با درستی بیش‌تر از  $0.05\text{mm}$ ) شامل ماده‌ای با ضریب انبساط حرارتی خطی (مثلاً شیشه کوارتزی یا فولاد اینوار<sup>۱</sup>).

#### ۵-۹ گرم‌خانه تهویه‌دار

گرم‌خانه تهویه‌دار که توانایی نگهداری آزمون در دمایی معادل  $(5 \pm 40)^\circ\text{C}$  را داشته باشد.



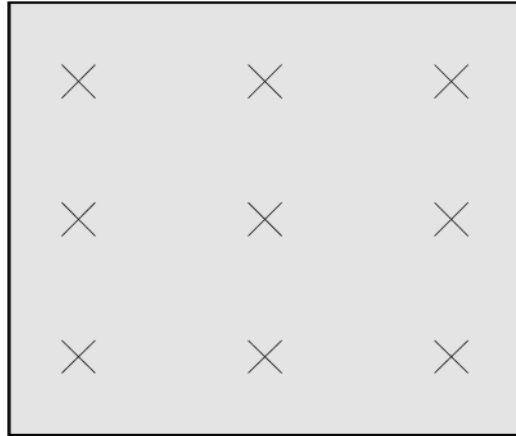
راهنما:

- ۱ صفحه (وسیله) گرمادهی
- ۲ عایق‌بندی
- ۳ سطح آب
- ۴ صافی
- ۵ شبکه فولادی

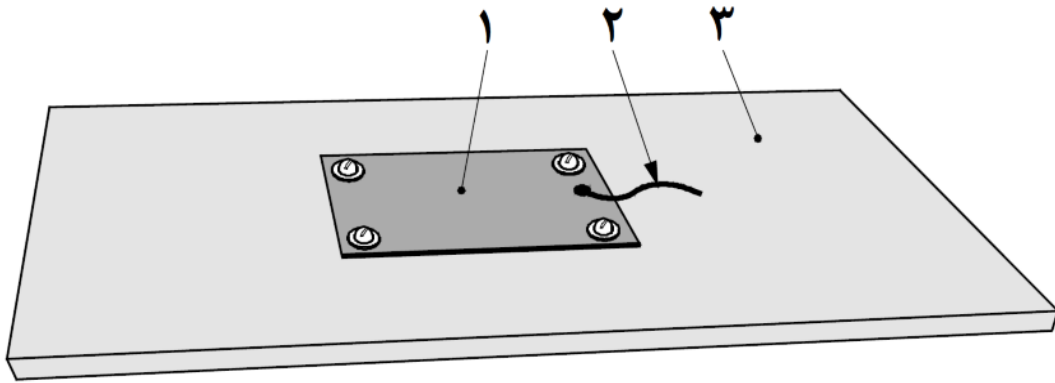
یادآوری - در اینجا برای دیدن داخل سامانه، جداره جلویی آن حذف شده است.

شکل ۱- شمای اصلی و نمونه‌ای از تجهیزات گرمادهی برای آزمون ویژگی‌های بالقوه کماتی شدن مرمز

۱ - آلیاژی از نیکل و آهن با ضریب انبساط حرارتی نزدیک صفر می‌باشد (Invar).



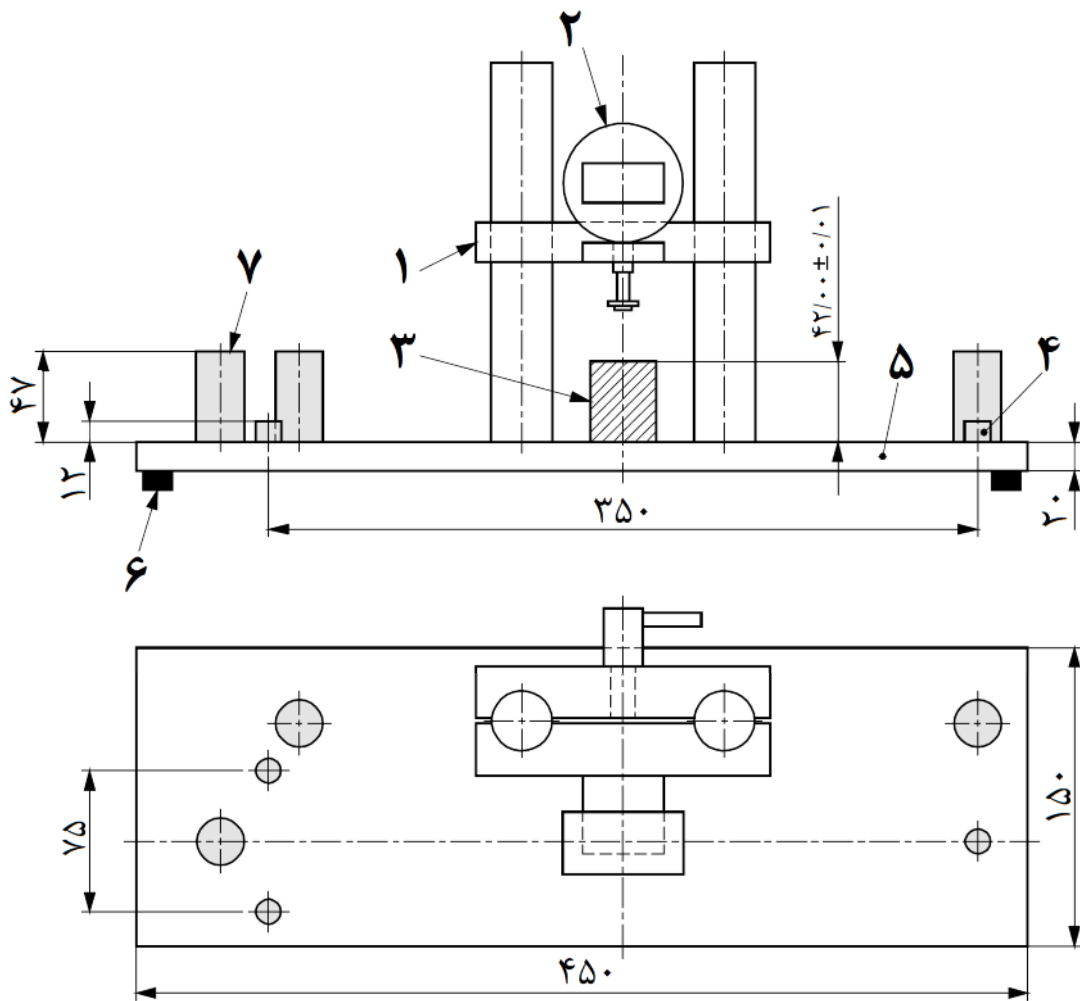
شکل ۲- موقعیت نقاط کنترل دما



راهنما:

- ۱ مرجع سیاه
- ۲ ترموکوپل (جفت گرمایی)
- ۳ نمونه آزمون

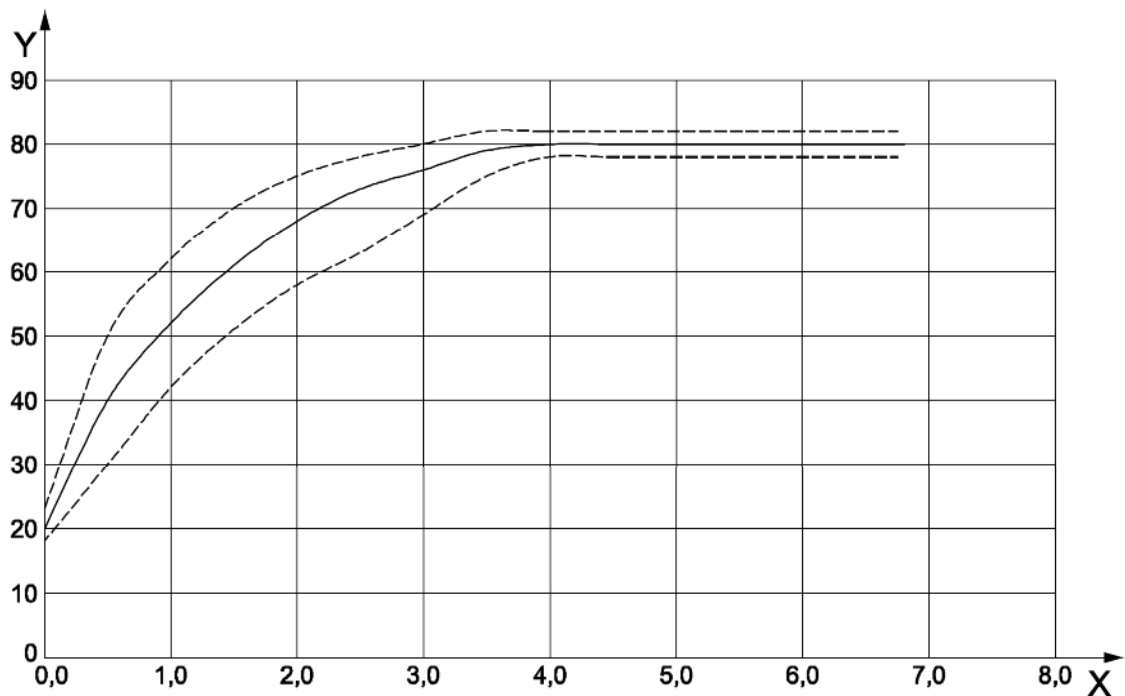
شکل ۳- صفحه مرجع سیاه (استاندارد بند ۲-۶) برای اندازه‌گیری‌های دما



راهنما:

- ۱ قسمت ثابت دستگاه
- ۲ اندازه‌گیر
- ۳ نمونه مرجع
- ۴ تکیه‌گاه
- ۵ صفحه فولادی (ضد زنگ (ضد زنگ))
- ۶ پایه لاستیکی
- ۷ هدایت کننده

شکل ۴- شمای ترسیمی از ابزار آزمون کمان



راهنما:

X زمان بر حسب ساعت (h)

Y دما، مرجع سیاه بر حسب درجه سانتیگراد (°C)

———— منحنی دمای ایده آل

----- رواداری های بالا و پایین

شکل ۵- چرخه دمایی در خواست شده و رواداری مجاز

## ۶ آماده سازی نمونه

### ۱-۶ نمونه برداری

نمونه برداری بر عهده آزمایشگاه انجام دهنده آزمون نمی باشد، مگر در مواردی که به طور ویژه درخواست شده باشد.

باید حداقل شش نمونه در معرض آزمون قرار داده شود، و یک دسته شش تایی دیگر به عنوان نمونه های مرجع، برای اندازه گیری مقاومت خمشی موادی که در معرض آزمون قرار داده نمی شوند، مورد استفاده قرار گیرند. نمونه ها باید به گونه ای انتخاب شوند که معرف محموله مورد آزمون باشند. برای آزمون شناسایی، هر گونه صفحات لایه بندی و تورق (جهت یافتگی صفحه ای) باید مورد بررسی قرار داده شود. شش نمونه با وجوه عمود بر صفحات لایه بندی و تورق و شش نمونه دیگر با وجوه موازی با صفحات لایه بندی و تورق باید انتخاب شود. برای آزمون های فنی، کافی است که نمونه هایی با جهت یافتگی هم راستا با وضعیت کاربرد ورق سنگ انتخاب شود.

یادآوری- برای سنگ های مرمر خیلی ناهمگن، ثابت شده است که تعداد نمونه های آزمون دو برابر باشد.

## ۲-۶ آزمون‌های آزمون

آزمون‌های آزمون باید ورق‌سنگ‌هایی با طول  $(400 \pm 5)$ mm، عرض  $(100 \pm 5)$ mm و ضخامت  $(30 \pm 2)$ mm باشند. سطوح بالایی آزمون باید مات شده (صیقلی نباشد) و سطح پایینی آن باید صاف باشد. آزمون‌ها نباید به هیچ وجه، رفتار شیمیایی داشته باشند

## ۳-۶ نشانه‌های مرجع بر روی آزمون‌ها

برای این که اطمینان حاصل شود که اندازه‌گیری‌های متوالی خمیدگی، در یک نقطه، بر روی یک سطح و در یک جهت انجام شده، نشانه‌های دائمی را بر روی آزمون ایجاد کنید. شماره آزمون‌ها به صورت متوالی باشد.

## ۴-۶ خشک کردن آزمون‌ها

آزمون‌ها را به مدت یک هفته، در دمای  $(40 \pm 5)$ °C خشک کنید و سپس قبل از قرار دادن در معرض آزمون و تا هنگام رسیدن به دمای محیط  $(20 \pm 5)$ °C، سرد کنید.

## ۷ روش انجام آزمون

### ۱-۷ اندازه‌گیری‌های کنترلی قبل از چرخه‌ها

پس از خشک کردن و سرد کردن آزمون، یک اندازه‌گیری ارتفاع مرجع ( $H_0$ ) در نقطه اندازه‌گیری خمیدگی انجام شود.

### ۲-۷ فرآیند اندازه‌گیری خمیدگی

هر آزمون به آرامی بر روی سه نقطه تکیه‌گاهی به گونه‌ای قرار داده می‌شود که با هر سه استوانه هدایت کننده در تماس باشد. آزمون باید دقیقاً در همه اندازه‌گیری‌ها با روش یکسانی قرار داده شود. عقربه اندازه‌گیر به آرامی تا سطح آزمون پایین آورده شده و خوانش انجام شود. این نکته در اندازه‌گیری‌ها ضروری است که آزمون‌ها، تکیه‌گاه‌ها، هدایت‌کننده‌ها و عقربه اندازه‌گیر تمیز باشند. قبل از اندازه‌گیری هر آزمون، باید آب و گرد و غبار از محل‌های تماس زدوده شود.

آزمون حساس بوده و باید آزمون‌ها خیلی با دقت لمس شوند. هنگام بالا بردن آزمون، خیلی با دقت دو انتهای آن گرفته و بالا برده شود. هرگز هیچ چیزی بر روی آزمون‌های قرار ندهید و هیچ نوع فشاری را بر آن‌ها اعمال نکنید، زیرا این اعمال بر نتایج آزمون تاثیر می‌گذارد. قطعه مرجع نیز (استوانه، بند ۶-۸ و شکل ۴ را ببینید) قبل و بعد از هر آزمون، بر روی نقطه صفر تنظیم شود.

### ۳-۷ خوانش‌ها، در معرض قراردعی و مدت زمان آزمون

پس از اندازه‌گیری کنترلی (بند ۸-۱)، آزمون را به مدت ۲۴h، به صورت موضعی در آب مقطر یا آب غیرمعدنی غوطه‌ور کنید. فقط  $(2 \pm 5)$ mm از قسمت پایین آزمون در زیر سطح آب قرار گرفته و ۲۵mm قسمت بالایی آزمون بالاتر از سطح آب قرار داده شود. سطح آب باید در طی همه چرخه‌ها ثابت نگه داشته شود. اگر نیاز باشد سطح آب درون محفظه را با آب دارای دمای مشابه با حمام آزمون بالا بیاورید. برای این که آزمون‌ها مطابق آنچه در بالا اشاره شده به صورت موضعی در آب غوطه‌ور شوند، آزمون‌ها بر روی صافی درون محفظه، که با آب مقطر یا آب غیرمعدنی پر شده، قرار می‌گیرد. آزمون‌ها با گرمادهی سطح مرجع سیاه از  $20^{\circ}\text{C}$  تا  $80^{\circ}\text{C}$  در مدت سه ساعت تا چهار ساعت، تحت چرخه دمایی قرار می‌گیرند. نرخ گرمادهی نباید بیش‌تر از  $0.35^{\circ}\text{C}$  در دقیقه بوده و دمای حداکثری بین یک ساعت تا سه ساعت نگه داشته شود (شکل ۵ را ببینید). سپس گرم‌کن خاموش شده و آزمون تا رسیدن به دمای محیط  $(5 \pm 20)^{\circ}\text{C}$  سرد می‌شود. در مرحله سرد شدن هیچ عملیات کنترلی لازم نیست، به جز این که اطمینان حاصل شود که قبل از اندازه‌گیری خمیدگی آزمون‌ها، دمای آزمون‌ها به دمای محیط رسیده باشد. مدت  $(2 \pm 22)$ h پس از آغاز چرخه (تقریباً یک ساعت تا دو ساعت قبل از آغاز چرخه دمایی بعدی)، خم‌شدگی آزمون با خارج کردن متوالی (یکی پس از دیگری) آزمون‌ها از محفظه اندازه‌گیری شود، یعنی آزمون‌های که اندازه‌گیری نشده است باید درون محفظه در تماس با آب باقی بماند. قبل از چرخه‌های بعدی آزمون‌ها در محفظه قرار داده می‌شوند. چرخه گرمادهی - سرد شدن به تعداد ۵۰ مرتبه تکرار شود. در پنج چرخه اولیه، پس از هر چرخه اندازه‌گیری‌های خم‌شدگی انجام شود و پس از آن بعد از هر پنج چرخه اندازه‌گیری انجام شود. یادآوری - قبل از این که آزمون‌ها در معرض چرخه‌های گرمادهی قرار گیرند، ممکن است اندازه‌گیری‌های ارتفاع دیگر انجام شود. این مقدار فقط برای اندازه‌گیری‌های مقایسه‌ای در طی چرخه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

### ۴-۷ اندازه‌گیری‌ها قبل از قرار گرفتن در معرض چرخه‌ها

پس از چرخه آخر و پس از هر اندازه‌گیری مرطوب، آزمون‌های قرار گرفته در معرض آزمون و آزمون‌های مرجع باید به مدت یک هفته در دمای  $(5 \pm 40)^{\circ}\text{C}$  خشک شده، سپس تا رسیدن به دمای محیط سرد شوند، و برای به دست آوردن خمیدگی دائمی اندازه‌گیری شوند. این اندازه‌گیری به عنوان اندازه‌گیری نهایی استفاده می‌شود و باید با اندازه‌گیری اولیه حالت خشک ( $H_0$ ) مقایسه شود. در طی خشک شدن، به منظور جریان یافتن هوا بین آزمون‌ها، باید آن‌ها به صورت ایستاده و قائم بر روی لبه طویل‌شان و با فاصله از یکدیگر قرار داده شوند.



## ۸ محاسبه نتایج

### ۱-۸ بزرگی کمانی شدن

پس از هر اندازه‌گیری خم‌شدگی، بزرگی کمانی شدن آزمون با محاسبه اختلاف ارتفاع ( $\Delta H$ ) نسبت به خوانش اولیه ارتفاع ( $H_0$ )، به دست می‌آید. این اندازه‌گیری خم‌شدگی نرمال شده ( $H_N$ ) بر حسب میلی‌متر (mm)، به صورت اختلاف ارتفاع برای آزمون با طول یک متر، با استفاده از معادله ۱ محاسبه می‌شود، که واحد آن به صورت میلی‌متر بر متر (mm/m) بیان می‌شود.

$$H_N = \Delta H \cdot \left( \frac{L_N}{L} \right) \quad (1)$$

که در آن:

$H_N$  اختلاف ارتفاع نرمال شده، بر حسب میلی‌متر بر متر؛

$\Delta H$  اختلاف ارتفاع اندازه‌گیری شده، بر حسب میلی‌متر؛

$L_N$  طول نرمال‌سازی (یک متر)؛

$L$  فاصله بین تکیه‌گاه‌های زیر آزمون‌ها (۰/۳۵m)؛

این معادله همچنین برای آزمون‌های با سایر فواصل بین تکیه‌گاه‌ها نیز معتبر است. فقط باید مقدار متناظر فاصله بین تکیه‌گاه‌ها را در معادله وارد کنید. در نهایت، کمانی شدن با استفاده از معادله ۲ به دست می‌آید:

$$B = H_N / L_N \quad (2)$$

که در آن:

$B$  کمانی شدن، بر حسب میلی‌متر؛

$H_N$  اختلاف ارتفاع نرمال شده، بر حسب میلی‌متر بر متر؛

$L_N$  طول نرمال شده (یک متر).

بهتر است نتایج هم در یک نمودار و هم در یک جدول ارائه شوند. مقادیر متوسط شش آزمون باید با انحراف معیارهایشان محاسبه شود. بهتر است مقادیر کمانی شدن پس از تعداد ۵ چرخه، ۱۰ چرخه، ۲۵ چرخه و ۵۰ چرخه در جدول‌هایی گزارش شوند.

بهتر است نمودارهایی که همه مقادیر کمانی شدن را به صورت تابعی از تعداد چرخه‌ها نمایش می‌دهند، نیز ارائه شوند.

## ۸-۲ مقاومت خمشی

مقاومت خمشی آزمون‌های مرجع خشک و آزمون‌های قرار گرفته در معرض آزمون خشک شده را اندازه‌گیری کنید. تغییر درصد مقاومت خمشی ( $\Delta F$ )، با استفاده از معادله ۳ محاسبه می‌شود:

$$\Delta R_{tf} = \frac{R_{tfn} - R_{tfr}}{R_{tfr}} \times 100 \quad (۳)$$

که در آن:

$R_{tfn}$  مقاومت خمشی آزمون‌های قرار گرفته در معرض آزمون؛

$R_{tfr}$  مقاومت خمشی آزمون‌های مرجع؛

$\Delta R_{tf} \%$  تغییر در مقاومت خمشی که بر حسب درصد بیان می‌شود.

## ۹ دقت

داده کافی برای بیان دقت روش آزمون وجود ندارد.

## ۱۰ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

۱-۱۰ ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛

۲-۱۰ شماره شناسایی منحصر به فرد برای گزارش؛

۳-۱۰ شماره، عنوان و تاریخ انجام آزمون؛

۴-۱۰ نام و آدرس آزمایشگاه، یا محل انجام آزمون؛

۵-۱۰ نام و آدرس مشتری درخواست کننده آزمون؛

۶-۱۰ بر عهده مشتری درخواست کننده آزمون است که اطلاعات زیر را ارائه نماید:

۱-۶-۱۰ نام علمی سنگ؛

۲-۶-۱۰ نام تجاری سنگ؛

۳-۶-۱۰ کشور و منطقه‌ای که آزمون از آنجا استخراج شده است؛

۴-۶-۱۰ نام تامین کننده؛

۵-۶-۱۰ راستای هر صفحه ناهمسان‌گردی موجود (اگر وابسته به آزمون باشد)، به وضوح بر روی نمونه‌ها

مشخص شود، یا به وسیله دو خط موازی بر روی هر آزمون مشخص شود.

۶-۶-۱۰ نام شخص یا سازمانی که نمونه‌برداری را انجام داده است؛

۷-۶-۱۰ پرداخت سطح نمونه‌ها (اگر وابسته به آزمون باشد)؛

۷-۱۰ تاریخ دریافت نمونه یا آزمون‌ها؛

۸-۱۰ تاریخ آماده شدن آزمون‌ها و تاریخ انجام آزمون؛

۹-۱۰ تعداد آزمون‌ها در نمونه؛

۱۰-۱۰ ابعاد آزمون‌ها؛

۱۱-۱۰ تعداد چرخه‌ها؛

۱۲-۱۰ مقادیر منفرد کمان شدگی، مقدار میانگین و نمودار و جدول متناظر با آن‌ها؛

۱۳-۱۰ مقادیر منفرد مقاومت خمشی، مقدار میانگین، انحراف معیار و درصد اختلاف بین مقدار میانگین به دست آمده از آزمون‌های مرجع و مقدار میانگین به دست آمده از آزمون‌هایی که در معرض آزمون قرار گرفته‌اند.

۱۴-۱۰ کلیه انحراف‌ها از این استانداردها و دلایل این انحراف‌ها؛

۱۵-۱۰ اظهار نظرها.

گزارش آزمون باید حاوی امضا(ها) و سمت مسیولان انجام آزمون و تاریخ ثبت گزارش باشد. هم چنین بیان این نکته ضروری است که گزارش آزمون نباید به صورت ناقص و بدون موافقت آزمایشگاه انجام دهنده آزمون، چاپ و منتشر شود.

## پیوست الف

### (اطلاعاتی)

#### راهنمای مقادیر کرانی

#### الف-۱ کلیات

به منظور قابلیت استفاده از مرمر برای پوشش‌های خارجی، باید معیارهای زیر برآورده شوند:

- کمان شدگی دائمی سنگ پس از ۵۰ چرخه، باید کمتر از  $0.40 \text{ mm/m}$  باشد.
- نرخ افزایش کمانی شدگی سنگ، در حداقل دو اندازه‌گیری نباید بیش‌تر از  $0.02 \text{ mm/m}$  باشد.

#### الف-۲ مقاومت خمشی

مقادیر مقاومت خمشی آزمون‌های مرجع و آزمون‌های در معرض آزمون قرار گرفته، اطلاعات مهمی درباره پتانسیل کاهش مقاومت سنگ، که ممکن است در طول عمر صفحات مرمر اتفاق افتد، را ارائه می‌دهد. برای یک مرمر که در آزمون خمیدگی، مناسب ارزیابی شده است، پس از آزمون باید از مقاومت خمشی آن برای اندازه‌گذاری صفحات نما استفاده شود.

پیوست ب  
(اطلاعاتی)  
آزمون غیر مخرب

ب-۱ کلیات

سرعت تکانش مافوق صوت<sup>۱</sup> (UPV) (استاندارد بند ۲-۲) و ضریب الاستیسیته دینامیکی (استاندارد بند ۲-۵) ممکن است به عنوان آزمون‌های غیرمخرب برای پایش تغییرات داخلی مرمر (ریزشکستگی) در طی آزمون مورد استفاده قرار گیرند.

در چنین مواردی، این پارامترها باید قبل از این که آزمون شروع شود و پس از این که ۵۰ چرخه کامل شده و آزمون‌های خشک شدند، اندازه‌گیری شوند. موقعیت نقاطی بر روی آزمون که مبدل‌ها<sup>۲</sup> و پاسخگوها<sup>۳</sup> استفاده شده‌اند را با نشانه‌های غیرقابل پاک شدن، نشانه‌گذاری کنید.

یادآوری - سرعت تکانش مافوق صوت (UPV) می‌تواند به صورت برجای نیز مورد استفاده قرار گیرد و هنگامی که پیوسته مورد آزمون قرار گیرد می‌تواند با اندازه‌گیری‌های مقاومتی برای بررسی‌های برجای غیرمخرب و پیش‌بینی طول عمر باقیمانده، مرتبط (همبسته) شود.

ب-۲ سرعت مافوق صوت

سرعت تکانش مافوق صوت آزمون‌ها مطابق با استاندارد بند ۲-۲ اندازه‌گیری می‌شود. برای اندازه‌گیری‌های غیر مستقیم، محل مبدل‌ها باید نزدیک به لبه‌های آزمون‌ها قرار داده شوند (پیوست الف استاندارد بند ۲-۲ را ببینید). این مقدار مربوط به مقدار اولیه ( $V_0$ ) می‌باشد. سرعت تکانش مافوق صوت برای آزمون‌های مرجع خشک شده و آزمون‌های در معرض آزمون قرار گرفته، اندازه‌گیری می‌شود. درصد تغییرات در سرعت تکانش مافوق صوت ( $\Delta V$ ) با استفاده از معادله ب ۱ محاسبه می‌شود:

$$\Delta V\% = \frac{V_0 - V_n}{V_0} \times 100 \quad (ب۱)$$

که در آن:

$V_0$  سرعت تکانش مافوق صوت آزمون‌های مرجع، بر حسب کیلومتر بر ثانیه؛

$V_n$  سرعت تکانش مافوق صوت آزمون‌های در معرض آزمون قرار گرفته، بر حسب کیلومتر بر ثانیه؛

$\Delta V\%$  درصد تغییر سرعت تکانش مافوق صوت بیان شده بر حسب درصد.

---

1 - Ultrasonic Pulse Velocity  
2 - Transducers  
3 - Responders

### ب-۳ ضریب الاستیسیته

فرکانس تشدید هر آزمون مطابق با استاندارد بند ۲-۵ اندازه‌گیری شده و متعاقب آن ضریب الاستیسیته محاسبه می‌شود. این مقدار ضریب الاستیسیته، مقدار اولیه ( $E_0$ ) است. فرکانس تشدید برای آزمون مرجع خشک شده ( $E_0$ ) و آزمون‌های در معرض آزمون قرار گرفته ( $E_f$ )، اندازه‌گیری می‌شود. تغییر ضریب الاستیسیته دینامیکی را با تقریب ۰٫۱٪ با استفاده از معادله ب-۲ محاسبه کنید:

$$\Delta E\% = \frac{E_0 - E_n}{E_0} \times 100 \quad (\text{ب-۲})$$

که در آن:

$E_0$  ضریب الاستیسیته دینامیکی آزمون‌های مرجع، بر حسب مگاپاسکال؛

$E_f$  ضریب الاستیسیته دینامیکی آزمون‌های در معرض آزمون قرار گرفته، بر حسب مگاپاسکال؛

$\Delta E\%$  تغییر در ضریب الاستیسیته دینامیکی بر حسب درصد.

## پیوست پ

### (اطلاعاتی)

#### تحلیل سنگ‌نگاری توسعه یافته (پیشرفته)

##### پ-۱ کلیات

این راهنما توسعه‌ای از استاندارد بند ۲-۷ را ارائه می‌کند. فرآیند توصیف شده زیر می‌تواند به صورت کاملاً دستی، با چاپ کردن عکس‌ها بر روی کاغذ و اندازه‌گیری بر روی آن، یا با پردازش تصویر با استفاده از رایانه انجام شود. هدف اصلی این روش به دست آوردن برداشتی سریع از ریزساختار و پتانسیل مناسب بودن مرمرها برای کاربرد خارجی می‌باشد. این روش همچنین می‌تواند برای کنترل تولید بلوک‌های انتخاب شده برای یک پروژه ساختمانی ویژه و نقشه‌برداری کیفیت سنگ در معدن، مورد استفاده قرار گیرد.

ریزساختارهای مرمم انعکاسی از تاریخچه زمین‌شناسی آن می‌باشند. همچنین این ریزساختارها تعیین می‌کنند که چه مرمه‌هایی برای کاربردهای خارجی بادوام هستند. یک ریزساختار پیچیده‌تر مطلوب است. یک الزام باید بر اساس پارامتر/اندازه‌گیری کمی باشد و نه یک اندازه‌گیری غیرعینی. این فرآیند تحلیل کمی به نام تحلیل دانه مجاور<sup>۱</sup> (AGA) نامیده شده و برای مرمم کلسیتی معتبر است. کلسیت به سامانه بلوری شش‌وجهی<sup>۲</sup> تعلق دارد. یک مرمم با ریزساختار چندوجهی گرانوبلاست<sup>۳</sup> دارای شش دانه مجاور (AG) است (شکل پ ۲ را ببینید).

نخست، توزیع اندازه دانه‌ای باید با استفاده از روش پیمایش خطی تعیین شود (شکل پ ۱ را ببینید). قطر فرت<sup>۴</sup> (بزرگ‌ترین محور هر دانه) در امتداد پیمایش اندازه‌گیری می‌شود. باید حداقل تعداد ۱۰۰ دانه اندازه‌گیری شود. فاصله‌داری پیمایش‌ها به اندازه دانه‌ها بستگی دارد، مثلاً پیمایش‌ها باید بر اساس یک استاندارد شمارش نقطه‌ای کانی‌ها، از هم فاصله داشته باشند. مقدار میانگین اندازه دانه استفاده شود. حداقل تعداد ۵۰ میانگین اندازه دانه انتخاب شده و تعداد دانه‌های مجاور (AG) اطراف هر یک از آن‌ها شمارش شود (شکل پ ۲ را ببینید). مقدار میانگین همه شمارش‌ها، نتیجه تحلیل دانه‌ای مجاور (AGA) را بیان می‌کند. تحلیل دانه‌ای مجاور (AGA) برابر با هشت یا بیش‌تر مناسب است. مقدار تحلیل دانه‌ای مجاور (AGA) برابر با هفت، مقدار متوسط بوده در حالی که مقدار تحلیل دانه‌ای مجاور (AGA) برابر با شش، کم است (شکل پ ۳ را ببینید).

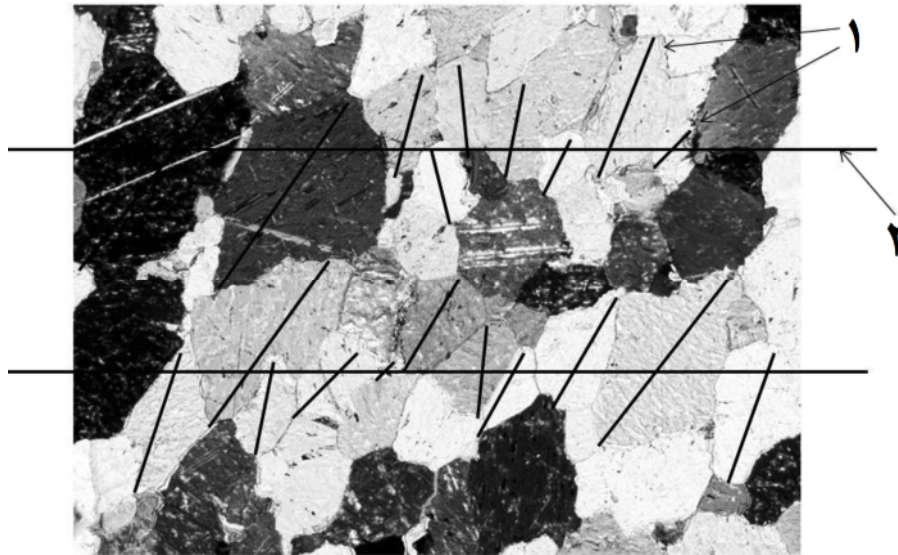
---

1 - Adjacent Grain Analysis

2 - Hexagonal crystal system

3 - Granoblastic

۴- بزرگ‌ترین قطر دانه را قطر فرت گویند، که برای اندازه‌گیری آن فاصله دو خط موازی مماس بر هر دانه در جهات مختلف اندازه‌گیری شده، و در نهایت بزرگترین این فواصل به عنوان حداکثر قطر فرت، در نظر می‌گیرند (Feret diameter).



راهنما:

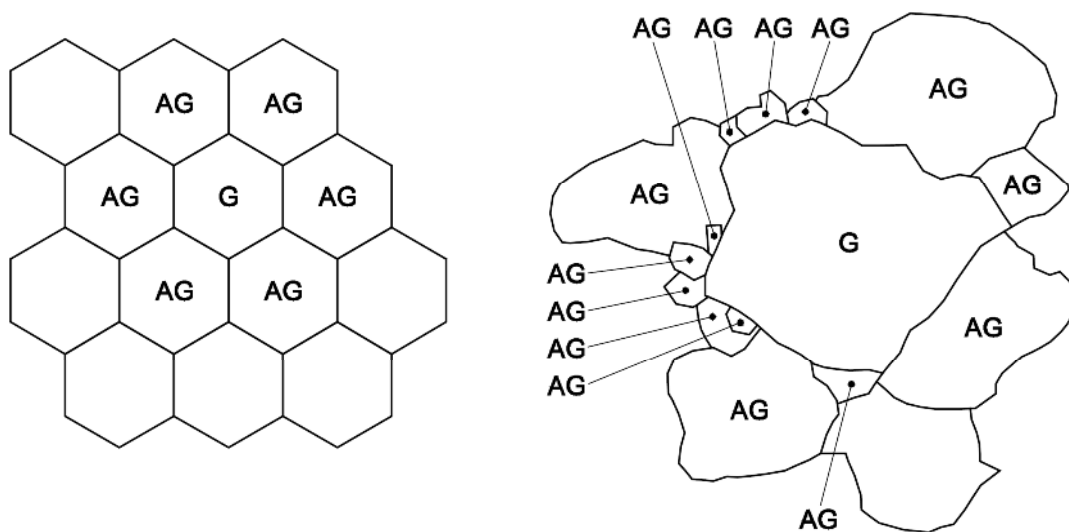
۱ قطر فرت (Feret)

۲ مسیر پیمایش

شکل پ ۱- روش پیمایش خطی برای تعیین توزیع اندازه دانه

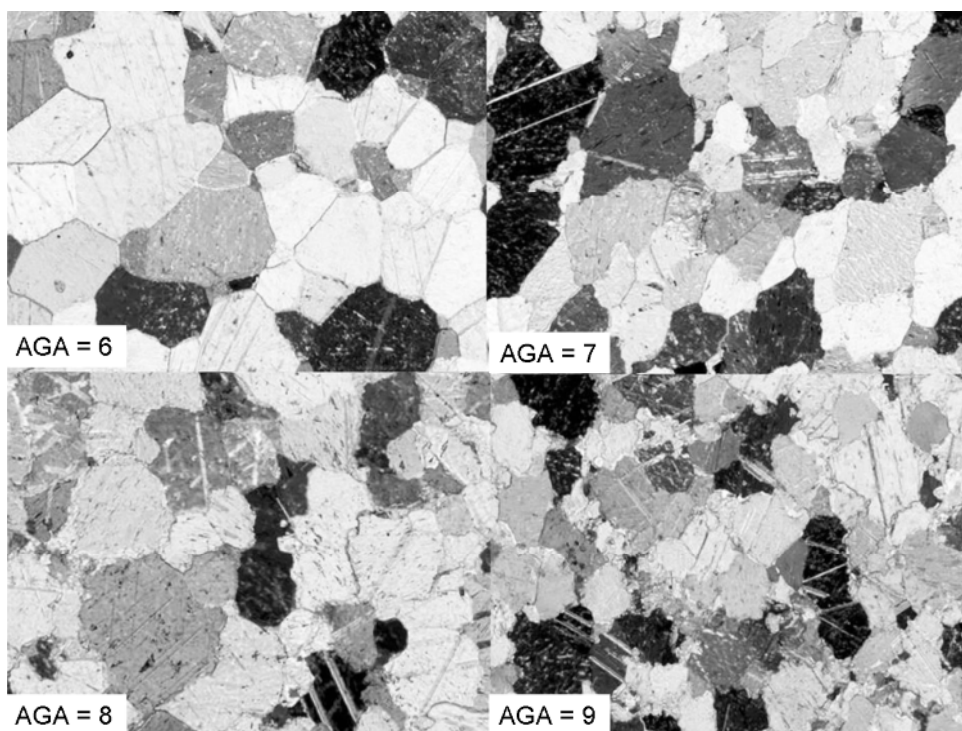
**یادآوری ۱-** این فقط تماس دانه‌ای نیست که بر روی دوام تاثیرگذار است بلکه توزیع اندازه دانه‌ای نیز بر آن تاثیر می‌گذارد. برای شاخص دوام مطلوب، گستره وسیعی از اندازه دانه‌ها مناسب است.

**یادآوری ۲-** اصول ریزساختارهای پیچیده برای انواع مرم‌های دولومیتی نیز معتبر است. به هر حال، هیچ همبستگی (ارتباط) رضایت‌بخشی بین تحلیل دانه مجاور (AGA) و پتانسیل کمّانی شدن، یا افت سریع مقاومت وجود ندارد. به عبارت دیگر، مرم دولومیتی بسیار به ندرت دچار مشکل فرسودگی سطحی می‌شوند.



شکل پ ۲- اصول شمارش تعداد دانه‌های مجاور (AG) اطراف دانه‌های با اندازه متوسط (G). ساختار گرانوبلاستیک ایده‌آل در سمت چپ و یک تسلسل بیش‌تر، ساختار درون زائده‌ای در سمت راست





شکل پ ۳- مثال‌هایی از چهار نوع مرمر کلسیتی مختلف با AGA از ۶ تا ۹. عملکرد این نوع مرمرها از روی ساختمان‌ها بررسی شده است.

پيوس ت  
(اطلاعاتی)  
کتابنامه

[1] EN 12407, Natural stone test methods – Petrographic examination