



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۶۰۱۵

چاپ اول

فروردین ۱۳۹۲

INSO

16015

1st. Edition

Apr.2013

سنگ طبیعی - تعیین سرعت انتشار صوت -  
روش آزمون

Dimension stone - Determination of sound  
speed propagation –Test Method

ICS:91.100.15;73.020

## 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 استاندارد 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 سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) 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 آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

## کمیسیون فنی تدوین استاندارد

### « سنگ طبیعی - تعیین سرعت انتشار صوت - روش آزمون »

#### رئیس:

کولیوند، فرشاد

(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک سنگ)

#### سمت و / یا نمایندگی

دانشکده فنی - مدرس گروه معدن دانشگاه

لرستان

#### دبیر:

شرقی، عنایت

(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

کارشناس مسئول - اداره کل استاندارد

استان لرستان

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

اعظمی، محمدعلی

(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک سنگ)

کارشناس فنی - معدن مس سونگون

امیری دهنو، مجید

(کارشناسی شیمی محض)

کارشناس مسئول - اداره کل استاندارد

استان لرستان

دولتشاهی، رضا

(کارشناسی ارشد شیمی)

کارشناس مسئول - اداره کل استاندارد

استان لرستان

فلاح، عباس

(کارشناسی ارشد زمین شناسی)

سازمان ملی استاندارد ایران

منوچهریان، سید محمد امین

(کارشناسی ارشد مکانیک سنگ)

سرپرست حفاری شرکت ارجان پی

نقی پور، رسول

(کارشناسی ارشد مکانیک سنگ)

عضو سازمان نظام مهندسی استان

آذربایجان غربی

واعظی پور، محمدرضا

(کارشناسی مهندسی مکانیک)

مدیر کل استاندارد استان لرستان

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
د	پیش گفتار
و	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۲	۴ اصول آزمون
۲	۵ وسایل
۳	۶ آماده سازی آزمون‌ها
۴	۷ روش انجام آزمون
۵	۸ بیان نتایج
۶	۹ گزارش آزمون
۸	پیوست الف- تعیین سرعت پالس در انتقال غیرمستقیم (الزامی)
۹	پیوست ب- فاکتورهای تاثیرگذار بر اندازه گیری سرعت صوت (اطلاعاتی)
۱۲	پیوست پ- کتابنامه (اطلاعاتی)

## پیش گفتار

استاندارد "سنگ طبیعی - تعیین سرعت انتشار صوت - روش آزمون" که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده و در چهارصدوشانزدهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۹۱/۱۲/۲۲ 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 ارائه 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 مآخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

BS EN 14579: 2004, Natural stone test methods. Determination of sound speed propagation

## سنگ طبیعی - تعیین سرعت انتشار صوت - روش آزمون

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین روش آزمون برای تعیین سرعت انتشار پالس‌های<sup>۱</sup> امواج طولی فراصوتی در سنگ طبیعی، هم در آزمایشگاه و هم به صورت برجا می‌باشد.

### 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 مرجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۸۲۲۸: سال ۱۳۸۴، سنگ‌های تزئینی و نما-واژه‌نامه.  
2-2 BS EN 12504-4: 2004, Testing concrete-Determination of ultrasonic pulse velocity.

### ۳ اصطلاحات، تعاریف و نمادها

#### ۱-۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد بند ۱-۲ به کار می‌رود.

#### ۲-۳ نمادها

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

جدول ۱- نمادهای به کار رفته در این استاندارد

نماد	تعریف	واحد
V	سرعت پالس	کیلومتر بر ثانیه (km/s)
L	طول مسیر	میلی‌متر (mm)
T	مدت زمان عبور پالس از طول آزمون	میکروثانیه (μs)

## ۴ اصول آزمون

یک پالس از ارتعاشات طولی با استفاده از یک مبدل الکترو- صوتی تولید نموده و آن را در تماس با سطح سنگ تحت آزمون نگه دارید. بعد از پیمودن یک طول مسیر مشخص در سنگ، پالس ارتعاشات با استفاده از مبدل دوم به یک سیگنال<sup>۱</sup> الکتریکی تبدیل شده و مدارهای زمان سنج الکترونیکی قادر خواهند بود که زمان انتقال پالس را اندازه گیری نمایند.

## ۵ وسایل

### ۵-۱ کلیات

۵-۱-۱ ابزار شامل یک مولد پالس الکتریکی، یک جفت مبدل، یک تقویت کننده و یک ابزار زمان سنج الکتریکی برای اندازه گیری فاصله زمانی سپری شده بین اولین پالس ایجاد شده در مبدل انتقال دهنده و اولین پالس ورودی به مبدل دریافت کننده.

۵-۱-۲ دو نوع ابزار الکتریکی مجهز به تنظیم زمان در دسترس باشد:  
(الف) یک نوسان سنج که اولین جبهه پالس را با مقیاس زمانی مناسب نمایش دهد.  
(ب) یک زمان سنج رایانه ای دارای نمایش گر رقمی.

یادآوری - نوسان سنجی به کار گرفته شود که به سهولت شکل موج را بررسی کند، تا بتواند در وضعیت های پیچیده مفید باشد.

### ۵-۲ الزامات عملکردی

ابزار باید با الزامات عملکردی زیر مطابقت داشته باشند:

- برای اندازه گیری زمان های انتقال در میله واسنجی با درستی  $\pm 0.1 \mu s$ ؛
- برای اطمینان از برخورد پالس شروع، به عبارت دیگر زمان اوج پالس تحریک الکتریکی اعمال شده به مبدل انتقال، باید کمتر از یک چهارم دوره طبیعی آن باشد.
- برای اطمینان از اینکه برخورد سیگنال دریافت شده، مستقل از تداخل با اکو (پژواک) است، فرکانس<sup>۲</sup> (بسامد) تکرار پالس باید به اندازه کافی کم باشد.

### ۵-۳ مبدل ها

فرکانس طبیعی مبدل ها باید در گستره ۲۰ kHz تا ۱۵۰ kHz باشد.

یادآوری - گاهی اوقات ممکن است از فرکانس کمینه ۱۰ kHz تا بیشینه ۲۰۰ kHz استفاده شود. پالس های فرکانس بالا دارای شروع مناسبی هستند، اما زمانی که از سنگ طبیعی عبور می نمایند با سرعت بیش تری نسبت به پالس های فرکانس

---

1 - signal

2 - Frequencies

پائین میرا می‌شوند. بنابراین ترجیح داده می‌شود که برای طول مسیرهای کوتاه (کم‌تر از ۵۰mm) از مبدل‌های فرکانس بالا ۸۲kHz تا ۲۰۰kHz و برای طول مسیرهای طولانی (تا حدود حداکثر ۱۵m) از مبدل‌های فرکانس پائین ۱۰kHz تا ۴۰kHz استفاده گردد. مبدل‌های با فرکانس ۴۰kHz تا ۸۲kHz برای اکثر کاربردها مفید هستند.

#### ۴-۵ ابزار تعیین زمان ورود پالس

ابزار باید قادر باشند زمان ورود اولین جبهه پالس را تعیین نمایند، مگر این که ممکن است این زمان در مقایسه با زمان ورود نیمه اول موج پالس، دامنه کوچکی داشته باشد.

#### ۵-۵ سایر ابزار

##### ۱-۵-۵ ابزار توزین

ابزار توزین با درستی ۰/۰۱٪ جرمی که توزین می‌شود.

##### ۲-۵-۵ گرم‌خانه تهویه‌دار

گرم‌خانه تهویه‌دار که توانایی نگه داشتن دمای  $(70 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  را داشته باشد.

#### ۶ آماده‌سازی آزمونه‌ها

##### ۱-۶ نمونه‌برداری

نمونه‌برداری بر عهده آزمایشگاه انجام دهنده آزمون نمی‌باشد، مگر در مواردی که به طور ویژه درخواست شده باشد. باید حداقل شش آزمونه، از محموله همگن انتخاب گردد (قسمت ۲-۵-۳ را ببینید).

##### ۲-۶ آزمونه‌های آزمون

##### ۱-۲-۶ کلیات

مطابق با مرجع استاندارد پرداخت سطحی وجوه آزمونه‌ها، باید وجوه آزمونه اهربر یا مات شده باشد.

##### ۲-۲-۶ ابعاد آزمونه‌ها

آزمونه‌های آزمون باید بصورت منشورهای با ابعاد  $2\text{mm} \pm (300\text{mm} \times 75\text{mm} \times 50\text{mm})$  تهیه گردند.

##### ۳-۲-۶ صفحات ناهمسان گردی<sup>۱</sup>

اگر سنگ دارای صفحات ناهمسان گردی باشد (مانند لایه‌بندی یا تورق)، آزمونه‌ها باید با محور طولی موازی یا عمود بر این صفحات ناهمسان گردی آماده شوند.



#### ۴-۲-۶ خشک کردن آزمونه‌ها

آزمونه‌ها باید تا رسیدن به یک جرم ثابت، در دمای  $(50 \pm 7)^{\circ}\text{C}$  خشک شوند. رسیدن آزمونه‌ها به یک جرم ثابت زمانی محقق می‌شود که اختلاف بین دو توزین متوالی با فاصله زمانی  $(2 \pm 24)\text{h}$  از توزین اول، بیش‌تر از  $0.1\%$  جرم توزین اولیه نباشد.

#### ۷ روش انجام آزمون

##### ۱-۷ کلیات

وسایل باید مطابق با شرایط عملیاتی بیان شده توسط کارخانه سازنده مورد استفاده قرار گیرند.

#### ۲-۷ تعیین سرعت پالس

##### ۱-۲-۷ فاکتورهای تاثیرگذار بر اندازه‌گیری سرعت پالس

به منظور اندازه‌گیری سرعت پالس با قابلیت تولید مجدد، ضروری است فاکتورهای متنوع تاثیرگذار بر اندازه‌گیری‌ها مد نظر قرار داده شوند. این فاکتورها در پیوست اطلاعاتی ب ارائه شده‌اند.

#### ۲-۲-۷ چیدمان مبدل

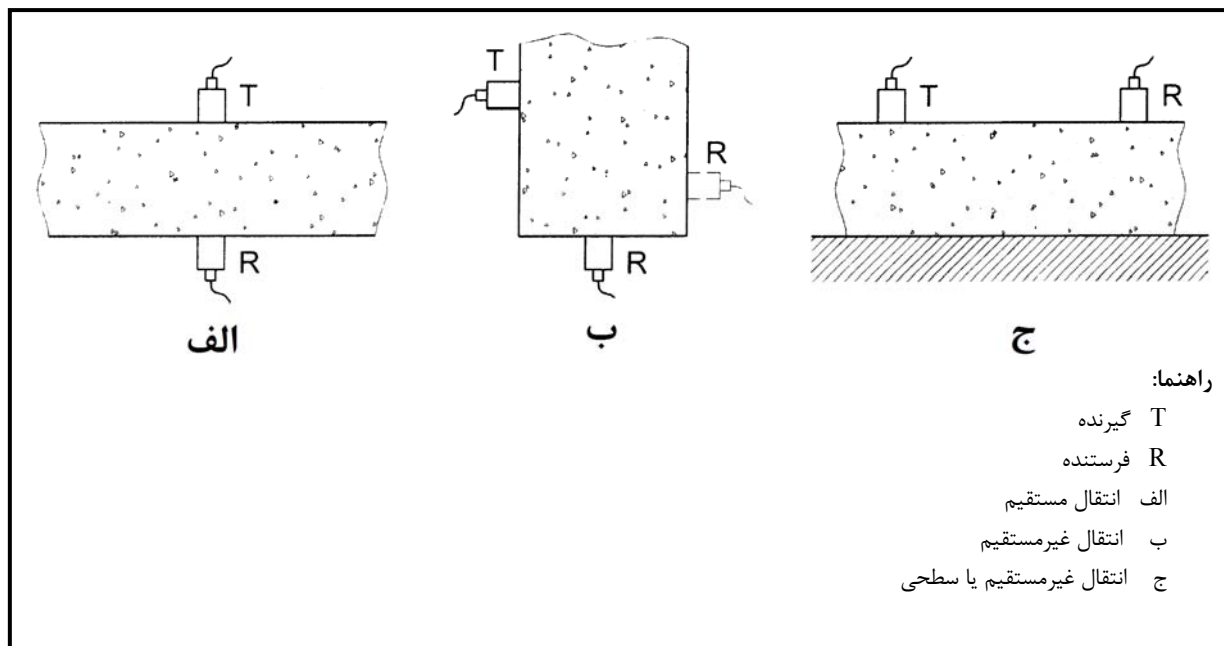
هر چند حداکثر انرژی در راستایی گسترش می‌یابد که نسبت به سطح مبدل انتقال، دارای زاویه قائمه باشد، ممکن است پالس‌هایی تولید شود که در راستای دیگری غیر از راستای مستقیم، از میان سنگ‌طبیعی عبور کند. بنابراین می‌توان با قرار دادن دو مبدل بر روی وجوه مقابل هم (انتقال مستقیم-شکل ۱-الف)، یا بر روی وجوه مجاور هم (انتقال نیمه مستقیم-شکل ۱-ب) و یا بر روی یک وجه (انتقال غیرمستقیم یا سطحی-شکل ۱-ج)، اندازه‌گیری‌ها را انجام داد.

**یادآوری ۱-** ممکن است لازم باشد مبدل‌ها را بر روی وجوه مقابل هم، اما نه وجوه مستقیماً مقابل یکدیگر قرار دهید. چنین چیدمانی باید در مورد انتقال‌های نیمه مستقیم رعایت گردد (شکل ۱-ب را ببینید).

**یادآوری ۲-** چیدمان انتقال غیرمستقیم کم‌ترین حساسیت را داشته و بهتر است فقط در موارد زیر استفاده شود:

- در اندازه‌گیری‌های برج، هنگامی که فقط یک سطح سنگ طبیعی در دسترس است؛
- یا هنگامی که تعیین مقاومت لایه نزدیک به سطح زمین، مهم‌تر از توده سنگ باشد.

**یادآوری ۳-** چیدمان انتقال نیمه مستقیم حساسیت متوسط بین دو چیدمان دیگر داشته و بهتر است فقط هنگامی که نتوان از چیدمان مستقیم استفاده نمود، به کار برده شود.



شکل ۱- چیدمان‌های مختلف مبدل برای تعیین سرعت پالس

### ۷-۲-۳ اندازه‌گیری طول مسیر

طول مسیر در انتقال مستقیم، فاصله اندازه‌گیری شده بین مبدل‌ها با درستی  $\pm 1\%$  می‌باشد. در انتقال نیمه مستقیم، طول مسیر معمولاً با دقت کافی به صورت فاصله اندازه‌گیری شده مرکز به مرکز وجوه مبدل‌ها تعریف می‌شود. دقت اندازه‌گیری طول مسیر، به اندازه مبدل‌ها در مقایسه با فاصله مرکز به مرکز آن‌ها بستگی داشته و بر اساس آن باید تعیین شود. در انتقال مستقیم، طول مسیر اندازه‌گیری نمی‌شود، اما یک سری اندازه‌گیری‌ها به وسیله مبدل‌ها در فواصل متفاوت جداگانه انجام می‌شود.

### ۷-۲-۴ اتصال مبدل بر روی سنگ

باید اتصال صوتی مناسبی بین سنگ و سطح هر مبدل وجود داشته باشد. در پرداخت‌های سطحی که به اندازه کافی نرم هستند، استفاده از موادی مانند وازلین، گریس، صابون نرم و خمیر کائولن/گلیسیرین به عنوان فصل مشترک اتصال، و فشار دادن مبدل بر روی سطح سنگ، تماس صوتی خوب را تضمین می‌نماید. قرائت‌های زمان انتقال باید تا زمانی انجام شود که حداقل مقدار زمان انتقال پالس به دست آید، چنان که لایه تماسی بین سطح سنگ و مبدل به صورت لایه نازکی پخش شده باشد. هنگامی که پرداخت سطحی خیلی زبر و ناصاف است، ناحیه سطح آزمونه باید یا با سائیدن یا با استفاده از چسب اپوکسی با گیرش سریع، نرم و هموار گردد.

یادآوری - برای سطوح خیلی زبر نیز مبدل‌های ویژه‌ای در دسترس هستند.

## ۷-۲-۵ اندازه‌گیری زمان انتقال

با استفاده از ابزار الکتریکی باید فاصله زمانی مشخص شده را ثبت نمود.

## ۸ بیان نتایج

در انتقال مستقیم و نیمه مستقیم، سرعت پالس باید با استفاده از معادله ۱ محاسبه گردد:

$$V = \frac{L}{T} \quad (۱)$$

که در آن :

$V$  سرعت پالس، بر حسب کیلومتر بر ثانیه (km/s)؛

$L$  طول مسیر، بر حسب میلی‌متر (mm)؛

$T$  زمانی که پالس طول مسیر را طی می‌کند، بر حسب میکروثانیه ( $\mu s$ ).

در انتقال غیرمستقیم، سرعت پالس باید مطابق با پیوست الف محاسبه گردد.

سرعت پالس باید با درستی  $0.1 \text{ km/s}$  بیان شود.

یادآوری - توصیه‌هایی در مورد روش‌هایی برای ارتباط نتایج آزمون با مقاومت فشاری، در استاندارد بند ۲-۲ ارائه شده است.

## ۹ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

۹-۱ ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛

۹-۲ شماره شناسایی منحصر به فرد برای گزارش؛

۹-۳ شماره، عنوان و تاریخ انجام آزمون؛

۹-۴ نام و آدرس آزمایشگاه، یا محلی که آزمون در آنجا انجام شده است (اگر آزمون در جایی غیر از آزمایشگاه انجام شده است)؛

۹-۵ نام و آدرس مشتری درخواست کننده آزمون؛

۹-۶ درخواست کننده آزمون باید اطلاعات زیر را ارائه نماید:

۹-۶-۱ نام علمی سنگ؛

۹-۶-۲ نام تجاری سنگ؛

۹-۶-۳ کشور و منطقه‌ای که نمونه از آنجا استخراج شده است؛

۹-۶-۴ نام تامین کننده؛

۹-۶-۵ راستای هر صفحه ناهمسان گردی<sup>۱</sup> موجود (اگر وابسته به آزمون باشد)، به وضوح بر روی نمونه یا بر روی هر نمونه آزمون به وسیله دو خط موازی مشخص شود.

۹-۶-۶ نام شخص یا سازمانی که نمونه‌برداری را انجام داده است؛

- ۷-۶-۹ پرداخت سطح آزمون‌ها (اگر وابسته به آزمون باشد)؛
  - ۷-۹ تاریخ دریافت نمونه یا آزمون‌ها؛
  - ۸-۹ تاریخ آماده شدن آزمون‌ها و تاریخ انجام آزمون؛
  - ۹-۹ تعداد آزمون‌ها در نمونه؛
  - ۱۰-۹ ابعاد آزمون‌ها؛
  - ۱۱-۹ نوع و چگونگی وسایل استفاده شده، شامل؛
    - ۱-۱۱-۹ ابعاد ناحیه تماس مبدل‌ها؛
    - ۲-۱۱-۹ فرکانس پالس طبیعی مبدل‌ها؛
    - ۳-۱۱-۹ هر خصوصیت ویژه؛
  - ۱۲-۹ چیدمان مبدل‌ها و روش انتقال پالس (خلاصه طرح، اگر مناسب باشد)؛
  - ۱۳-۹ آماده‌سازی و پرداخت سطح سنگ در نقاط مورد آزمون؛
  - ۱۴-۹ محیط فصل مشترک استفاده شده (اگر وابسته به آزمون باشد)؛
  - ۱۵-۹ جهت‌یابی راستای گسترش پالس با توجه به موقعیت صفحات ناهمسان گردی؛
  - ۱۶-۹ مقادیر اندازه‌گیری شده طول مسیر (برای انتقال مستقیم و نیمه مستقیم)، شامل روش اندازه‌گیری؛
  - ۱۷-۹ مقادیر اندازه‌گیری شده زمان‌های انتقال؛
  - ۱۸-۹ مقادیر محاسبه شده سرعت پالس در امتداد هر مسیر؛
  - ۱۹-۹ بیان عدم قطعیت اندازه‌گیری‌ها (تا جایی که مناسب باشد)؛
  - ۲۰-۹ کلیه انحراف معیارها و مقادیر مجاز؛
  - ۲۱-۹ اظهار نظرها.
- گزارش آزمون باید حاوی امضا(ها) و سمت مسئولان 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

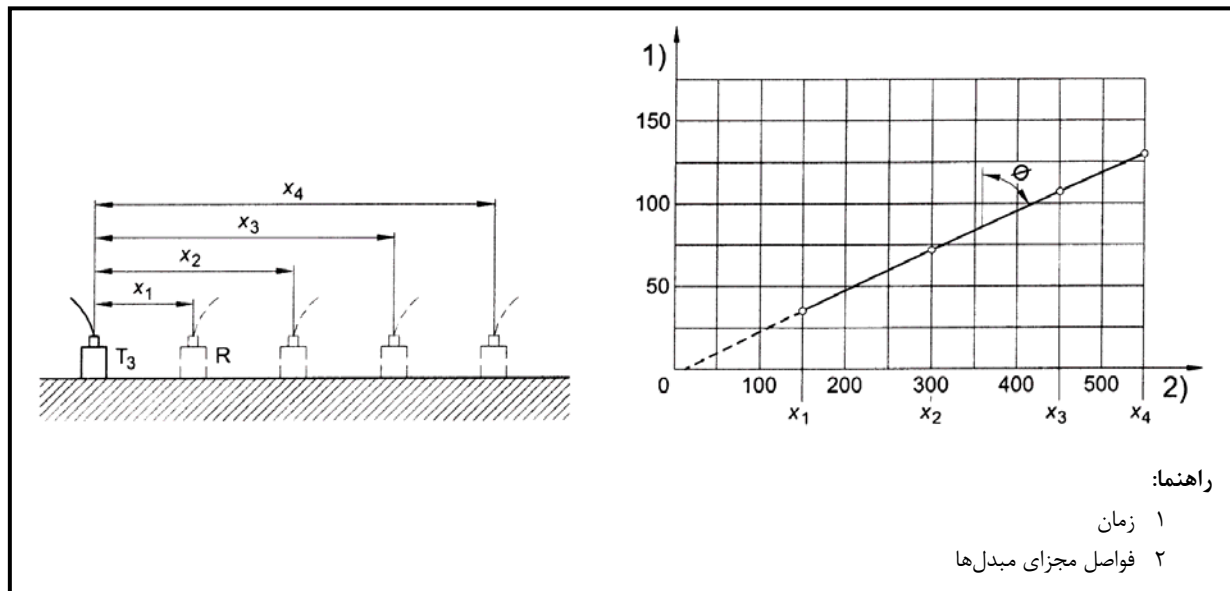
### (الزامی)

#### تعیین سرعت پالس در انتقال غیرمستقیم

در انتقال غیرمستقیم، به دلیل اندازه قابل توجه ناحیه تماس بین مبدل‌ها و سنگ، بعضی عدم قطعیت‌ها در رابطه با طول صحیح مسیر انتقال وجود دارد. بنابراین بهتر است برای حذف این عدم قطعیت‌ها، یک سری اندازه‌گیری با مبدل‌ها در فواصل مختلف مجزا انجام شود.

برای انجام این کار، مبدل انتقال دهنده باید در تماس با سطح سنگ در نقطه ثابت  $x$  قرار داده شده و مبدل گیرنده باید در فواصل از قبل پیش‌بینی شده ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ) در امتداد یک خط انتخابی بر روی سطح سنگ قرار داده شود. بهتر است زمان‌های انتقال ثبت شده به شکل نقاطی بر روی یک نمودار، که نشان دهنده رابطه زمان‌های انتقال نسبت به فواصل مبدل‌هاست، رسم شوند. مثالی از چنین نموداری در شکل ۱ نشان داده شده است.

شیب مستقیم‌ترین خط رسم شده بر روی این نقاط باید اندازه‌گیری شده، و به عنوان متوسط سرعت پالس در امتداد خط انتخابی بر روی سطح سنگ ثبت گردد. در این‌جا نقاط اندازه‌گیری شده و ثبت شده با این روش، یک ناپیوستگی را نشان می‌دهد. این بدان دلیل است که یک ترک سطحی یا لایه سطحی با کیفیت نامرغوب وجود دارد و سرعت اندازه‌گیری شده در چنین موردی غیرواقعی است.



شکل الف-۱- تعیین سرعت پالس با استفاده از انتقال غیرمستقیم (انتقال سطحی)

## پیوست ب

### (اطلاعاتی)

#### فاکتورهای تاثیرگذار بر اندازه‌گیری سرعت صوت

##### ب-۱ نکات کلی

برای به دست آوردن بعضی اندازه‌گیری‌های سرعت که دوباره تولید شده و اساساً تابع خصوصیات سنگ مورد آزمون هستند، لازم است که فاکتورهای مختلفی که بر روی سرعت تاثیرگذارند مد نظر قرار گیرند. همچنین ضروری است همبستگی‌هایی که با خصوصیات فیزیکی مختلف سنگ وجود دارد، تعیین شوند.

##### ب-۲ آب موجود در سنگ

مقدار آب موجود در سنگ بر روی سرعت تاثیر می‌گذارد. وجود آب تا ۵۰ درصد سرعت تعیین شده بر روی آزمون خشک، سرعت را افزایش می‌دهد. به طور قطع، این تاثیر در ارائه همبستگی نهایی برای تخمین مشخصات و خصوصیات فیزیکی سنگ (مقاومت، تخلخل و غیره)، مهم می‌باشد. اختلاف سرعت صوت عبوری از سنگ بین آزمون‌های آزمون مکعبی یا استوانه‌ای ناشی از روش خشک کردن عادی و بعضی پیچیدگی‌های المان‌های ساختمانی، مهم می‌باشند. اکثر این متغیرها برای شرایط مختلف رطوبت (که به صورت وجود آب در منافذ سنگ تعریف می‌شود) قابل استناد می‌باشند. لازم است که این تاثیر با کمک منحنی‌های واسنجی ویژه، حتماً مورد بررسی قرار گیرد.

##### ب-۳ طول مسیر

برای اینکه طول مسیری که اندازه‌گیری سرعت صوت در آن انجام می‌شود، از ناهمگنی سنگ تاثیر نپذیرد، طول مسیر باید به اندازه کافی طویل باشد. طول مسیرها برای سه سرعت گسترش صوت و چهار فرکانس (بسامد) تشدید مبدل، بهتر است مطابق با حداقل مقادیری باشد که در جدول ب-۱ داده شده است. برای مقادیر مختلف سرعت یا بسامد، مقادیر حداقل طول مسیر می‌تواند برون‌یابی شود. جدول ب-۱ برای حداکثر طول مسیر تا ۱۵m معتبر می‌باشد. به طور کلی، تغییرات طول مسیر تاثیری بر سرعت پالس ندارد، هر چند ابزار زمان‌سنج الکترونیکی علائمی را نشان می‌دهد که سرعت پالس با افزایش طول مسیر، اندکی کاهش می‌یابد. این ویژگی عجیب ناشی از این حقیقت است که مولفه‌های بسامد بالا به شکل ایمپالس، کاهش بیشتری نسبت به مولفه‌های بسامد پائین داشته، و اینکه شکل اولین ایمپالس با افزایش طول مسیر به صورت منحنی‌وار در خواهد آمد. معمولاً، کاهش ظاهری سرعت ناچیز بوده و معادل دقت ابزار زمان‌سنج معرفی شده در بند ۴-۲، می‌باشد. با این وجود در انتقال‌های انجام شده، باید توجه ویژه‌ای به اهمیت طول مسیرها شود.

## ب-۴ شکل و اندازه آزمون‌های آزمون

ب-۴-۱ فقط اگر کوچک‌ترین بعد جانبی (ضخامت) آزمون، از حداقل مقدار تعریف شده کم‌تر نباشد، سرعت ایمپالس‌های ارتعاشی کوتاه که از آزمون عبور می‌کنند، به اندازه و شکل آزمون‌های آزمون بستگی دارد. در ابعاد جانبی آزمون که کم‌تر از این مقدار است، سرعت به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. اولاً مقدار این کاهش سرعت، به نسبت طول موج ایمپالس به کوچک‌ترین بعد جانبی (ضخامت) آزمون وابسته است، اما اگر این نسبت (نسبت طول موج ایمپالس به کوچک‌ترین بعد جانبی (ضخامت) آزمون) کم‌تر از یک باشد، این کاهش سرعت ناچیز است. نسبت‌های بین سرعت عبور از سنگ، بسامد مبدل‌ها و کوچک‌ترین بعد جانبی (ضخامت) مجاز آزمون در جدول ب-۱ ارائه شده است.

ب-۴-۲ در مواردی که کوچک‌ترین بعد جانبی (ضخامت) آزمون کم‌تر از طول موج بوده یا در موارد به کارگیری تجهیزات برای انتقال غیرمستقیم و یا شیوه انتقال تغییر کرده باشد، باید اصلاحاتی در سرعت اندازه‌گیری شده انجام گیرد.

جدول ب-۱- تاثیر ابعاد آزمون بر انتقال ایمپالس‌ها (ضربه‌ها)

گسترش سرعت صوت (طولی) در طول سنگ (km/s)			بسامد مبدل
۴/۵۰	۴/۰۰	۳/۵۰	
کوچک‌ترین ابعاد جانبی (ضخامت) مجاز آزمون			
mm	mm	mm	KHz
۱۸۸	۱۶۷	۱۴۶	۲۴
۸۳	۷۴	۶۵	۵۴
۵۵	۴۹	۴۳	۸۲
۳۰	۲۷	۲۳	۱۵۰

## ب-۵ شکاف‌ها و ترک‌ها

ب-۵-۱ هنگامی که یک ایمپالس مافوق صوت عبوری از سنگ، از فصل مشترک هوا-سنگ عبور می‌کند، مقدار انرژی انتقال یافته که از این محل اتصال عبور می‌کند، ناچیز است. در حالتی که همه ترک‌ها با هوا پر شده یا همه منافذ دقیقاً بین دو مبدل قرار گرفته‌اند، اگر اندازه طول منفذ بزرگ‌تر از اندازه مبدل‌ها یا طول موج استفاده شده باشد، این شرایط (ترک‌های پر از هوا و قرار گرفتن منافذ بین مبدل‌ها) مانعی در برابر حرکت ایمپالس (ضربه) مافوق صوت خواهند بود. هنگامی که این پدیده اتفاق افتد، اولین ایمپالس دریافت شده توسط مبدل دریافت‌کننده متحمل یک پراش (انکسار) در لبه آنومالی خواهد شد، و این حالت باعث می‌شود که زمان طی مسیر ایمپالس، در مقایسه با زمان انتقال ایمپالس در سنگ بدون درزه و منفذ، طولانی‌تر شود.

ب-۵-۲ در سنگ‌های ترک‌خورده، هنگامی که لبه‌های شکسته شده به طور محکم و تحت فشار در تماس با هم قرار دارند، انرژی مافوق صوت می‌تواند بدون هیچ گسیختگی از ترک عبور کند. برای مثال در مواردی که در ستون‌های تحت بارهای عمودی بعضی ترک‌ها ایجاد شده، ممکن است این پدیده اتفاق افتد. در سنگ‌های ترک‌خورده که ترک‌ها با مایعات دارای توانایی انتقال انرژی مافوق صوت پر شده‌اند، مانند سازه‌های دریایی، هنگام استفاده از زمان‌سنج دارای نمایش گر رقمی، تاثیر ترک‌ها معلوم نخواهد شد. در این موارد نتایج قابل اطمینان را می‌توان با اندازه‌گیری میرایی به دست آورد.



کتابنامہ  
پیوست پ  
(اطلاعاتی)

[1] BS EN 12504-4: 2004, Testing concrete-Determination of ultrasonic pulse velocity.