



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۸۶۳۰

چاپ اول

۱۳۹۳

**INSO**

**18630**

**1st. Edition**

**2014**

تعیین ظرفیت باربری کششی پیچ سنگ -  
روش آزمون

**Determination of Pulling Bearing Capacity  
of Rock Bolt - Test Method**

**ICS: 93.020**

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است. تدوین استاندارد در حوزهای مختلف در کمیسیونهای فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و موسسات 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 واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادهای سازمانهای دولتی و غیردولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیونهای 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 موسسات و سازمانهای 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 نیازمندیهای 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 تضمین کیفیت فرآورده ها و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای فرآورده های تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای فرآورده های کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و موسسات 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 سایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و موسسات را بر اساس ضوابط نظام تایید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تایید صلاحیت به آنها اعطا و بر عملکرد آنها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) و سایل سنجش، تعیین عیار فلزات گران بها 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

### « تعیین ظرفیت باربری کششی پیچ سنگ - روش آزمون »

#### سمت و/ یا نمایندگی

شرکت ارجان پی

#### رئیس:

منوچهریان، سید محمد امین  
(دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک سنگ)

#### دبیر:

شرکت زمین حفاران کاسیت

کولیوند، فرشاد  
(دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک سنگ)

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

معدن مس سونگون اهر

اعظمی، محمدعلی  
(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک سنگ)

سازمان ملی استاندارد ایران

امیری دهنو، مجید  
(کارشناسی شیمی محض)

شرکت زمین حفاران کاسیت

جوادی، حامد  
(کارشناسی مهندسی نفت)

سازمان ملی استاندارد ایران

شرفی، عنایت اله  
(کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)

شرکت پتروسرویس

صداقت، اصغر  
(کارشناسی ارشد مهندسی نفت)

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان  
لرستان

طهماسبی، فرید  
(کارشناسی مهندسی عمران)

شرکت ساختمانی ارسا

فرج‌ون، محمد  
(کارشناسی مهندسی عمران)

شرکت نیمرخ

کاووسی، بهزاد  
(کارشناسی مهندسی عمران)

شرکت پتروخمسه آسیا

مظفری، مهدی  
(کارشناسی ارشد مکانیک سنگ)

شرکت ساختمانی پرلیت

ناظمی، حمید  
(کارشناسی مهندسی عمران)

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی  
کشور

ناوی، پدram  
(دکتری زمین‌شناسی)

شرکت زمین حفاران کاسیت

ندری، کیانوش  
(کارشناسی مهندسی عمران)

شرکت سنگسرای آذربایجان

نقی‌پور، رسول  
(کارشناسی ارشد مکانیک سنگ)

## فهرست مندرجات

| صفحه | عنوان                                          |
|------|------------------------------------------------|
| ب    | آشنایی با سازمان استاندارد                     |
| ج    | کمیسیون فنی تدوین استاندارد                    |
| د    | پیش‌گفتار                                      |
| و    | مقدمه                                          |
| ۱    | ۱ هدف و دامنه کاربرد                           |
| ۳    | ۲ مراجع الزامی                                 |
| ۳    | ۳ اصطلاحات و تعاریف                            |
| ۴    | ۴ اصول آزمون                                   |
| ۴    | ۵ وسایل                                        |
| ۷    | ۶ روش انجام آزمون                              |
| ۱۱   | ۷ محاسبات                                      |
| ۱۲   | ۸ گزارش آزمون - ورق داده(ها) یا فرم(های) آزمون |
| ۱۳   | ۹ دقت و اریبی                                  |

## پیش‌گفتار

استاندارد « تعیین ظرفیت باربری کششی پیچ‌سنگ- روش آزمون » که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط شرکت زمین حفاران کاسیت تهیه و تدوین شده و در پانصد و سی و هفتمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۳/۰۸/۲۷ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن‌ماه 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 تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارایه شود، هنگام تجدیدنظر 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:

ASTM D4435: 2013, Standard Test Method for Rock Bolt Anchor Pull Test

## تعیین ظرفیت باربری کششی پیچ‌سنگ - روش آزمون

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد ارایه روشی برای تعیین ظرفیت باربری کششی عملیاتی و نهایی پیچ‌سنگ است. - همچنین این آزمون برای اندازه‌گیری و برآورد کارایی مهارکنندگی بوده و کارایی خود پیچ‌سنگ مد نظر آن نیست. بنابراین، برای اطمینان از این که پاسخ پیچ‌سنگ در طی آزمون، کمی و قابل پیش‌بینی است، توصیه می‌شود برای آزمون از پیچ‌سنگ‌های دارای مقاومت بالا و طول کوتاه  $1/8m$  تا  $2/5m$  ( $6ft$  تا  $8ft$ )، استفاده شود. بهتر است برای اطمینان از آن که شکست در سامانه مهار رخ دهد و نه در قاب عکس‌العمل باربر قرار گرفته بر روی سنگ، پیچ‌سنگ‌ها به اندازه کافی بلند باشند.

- این آزمون برای سامانه‌های نگهداری سقف، کاربرد ندارد. این روش آزمون همچنین برای پیچ‌سنگ‌های پیش‌تنیده یا ارزیابی سامانه‌های نگهداری سقف معادن کاربرد ندارد.

- این روش آزمون در مورد کلیه پیچ‌سنگ‌های مکانیکی، روان‌ملاتی<sup>۱</sup>، رزینی (اپوکسی<sup>۲</sup>، پلی‌استر<sup>۳</sup> و مواد مشابه) یا سایر سامانه‌های مهار قابل کاربرد است.

- پیچ‌سنگ‌ها برای نگهداری در انواع ساختگاه‌های مهندسی معدن و عمران کاربرد دارند. آزمون کشش پیچ‌سنگ برای ارایه یک مقیاس کمی از عملکرد نسبی سامانه‌های مختلف مهار در یک نوع سنگ مورد استفاده قرار می‌گیرند. سامانه‌های مهار ممکن است در نوع مهار مکانیکی، نوع مواد چسبیده و یا طول مهارهای تزریقی با هم تفاوت داشته باشند. چنین داده‌هایی می‌تواند برای انتخاب نوع مهار و تعیین طول پیچ‌سنگ، فاصله‌داری و اندازه آن، مورد استفاده قرار گیرند.

در اجرای یک آزمون و برنامه‌ریزی برای آن، موارد زیر باید مد نظر قرار داده شوند:

الف- آزمون کشش پیچ‌سنگ باید در هر نوع سنگی که پیچ‌سنگ‌های واقعی در آن نصب خواهند شد، اجرا شود. در سنگ‌های ناهمسانگرد<sup>۴</sup> مانند سنگ‌های لایه‌ای<sup>۵</sup> یا متورق<sup>۶</sup>، بهتر است آزمون در راستاهای مختلف نسبت به ناهمسانگردی انجام شود، به طوری که مطابق با راستای واقعی پیچ‌سنگ‌های نصب شده باشد.

ب- برای هر نوع سنگ، در هر راستا و برای هر سامانه مهار، لازم است که برای تعیین میانگین ظرفیت پیچ‌سنگ‌ها با عدم قطعیت<sup>۷</sup> ثابت در سطح اطمینان<sup>۸</sup> ۹۵ درصد، تعداد آزمون‌های کافی انجام شود. محدوده

---

1 - Grout

2 - Epoxy

3 - Polyester

4 - Anisotropic

5 - Bedded

6 - Schistose

7 - Uncertainty

8 - Confidence Level

عدم قطعیت مجاز به نوع پروژه وابسته است و دربرگیرنده پارامترهایی مانند کیفیت سنگ، عمر مورد انتظار برای پروژه و اهمیت سطوحی است که باید با پیچ سنگ تقویت و نگهداری شوند. تعیین میزان عدم قطعیت‌ها نیازمند قضاوت مهندسی خواهند بود. به عنوان یک راهنمای کلی، برای برآورده کردن الزامات آماری، حداقل ۱۰ تا ۱۲ مورد آزمون کشش، برای هر سری از متغیرها ضروری است.

**یادآوری ۱-** کیفیت نتایج به‌دست آمده در این استاندارد به صلاحیت شخص انجام‌دهنده آزمون، مناسب بودن تجهیزات و امکانات مورد استفاده بستگی دارد. به طور معمول نمایندگی‌هایی که معیارهای استاندارد بند ۲-۳ را در نظر می‌گیرند، قادر هستند با شایستگی و به طور علمی، آزمون/نمونه‌برداری/بازرسی و غیره را انجام دهند. به کاربران این استاندارد هشدار داده می‌شود که صرف انطباق با روش استاندارد بند ۲-۳، تضمینی برای حصول نتایج قابل قبول وجود ندارد. نتایج قابل اطمینان به عوامل زیادی بستگی دارد؛ استاندارد بند ۲-۳ روشی برای ارزیابی برخی از این عوامل را فراهم می‌کند.

**یادآوری ۲-** کلیه مقادیر مشاهده شده و محاسبه شده باید مطابق با راهنماهای ارقام معنی‌دار و گرد شده، ارائه شده در استاندارد بند ۲-۳، باشند. فرآیندهای استفاده شده در این استاندارد برای تعیین میزان داده‌هایی که جمع‌آوری، محاسبه و یا یادداشت می‌شوند، بر اساس استانداردهای صنعتی هستند. به علاوه، آن‌ها معرف ارقام معنی‌داری هستند که به طور معمول بهتر است نگه داشته شوند. فرآیندهای استفاده شده برای تغییر مصالح، هدف از به‌دست آوردن داده‌ها، مطالعات اهداف خاص یا هر بررسی در مورد اهداف کاربران، را مورد بررسی قرار نمی‌دهد؛ و به طور طبیعی کاهش یا افزایش ارقام با معنی در داده‌های ثبت شده، باید متناسب با این ملاحظات باشد. بررسی ارقام معنی‌دار مورد استفاده در روش‌های تحلیلی طراحی مهندسی، فراتر از اهداف این استاندارد است.

**یادآوری ۳-** حالت ایده‌آل گسیختگی در این آزمون حالتی است که مرز اتصال مهاری به سنگ یا ماده چسبنده دچار شکست برشی شود. بنابراین مشخصات موضعی سنگ مانند زبری درزها و میزان ترک‌های القایی مهم‌ترین عوامل موثر بر مقاومت مهاری هستند. برای حصول اطمینان از واقعی بودن مقدار مقاومت، ضروری است که چال‌های آزمون با همان روشی حفر شوند که در مرحله نصب پیچ‌سنگ، اجرا شده است.

**یادآوری ۴-** در سنگ‌هایی مانند سنگ نمک و شیل<sup>۱</sup> (رس سنگ)، که رفتار تابع زمان قابل‌توجهی از خود نشان می‌دهند، این احتمال وجود دارد که سنگ خودبه‌خود نسبت به سامانه مهاری عکس‌العمل نشان داده و مقاومت پیچ‌سنگ را تغییر دهد. در این حالت باید به مقاومت درازمدت پیچ‌سنگ توجه ویژه‌ای شود.

**هشدار-** این استاندارد تمام موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش استاندارد را بیان نمی‌کند. بنابراین وظیفه کاربر این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده، محدودیت‌های اجرایی آن را مشخص کند.

## 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.

---

1 - Shale

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:

- 2-1 ASTM D 653 Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids
- 2-2 ASTM D 2113 Practice for Rock Core Drilling and Sampling of Rock for Site Investigation
- 2-3 ASTM D 6026 Practice for Using Significant Digits in Geotechnical Data

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

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

#### ۱-۳ جابجایی<sup>۱</sup>

به حرکت انتهای پیچ‌سنگ اطلاق می‌شود.

#### ۲-۳ شکست<sup>۲</sup>

در آزمون پیچ‌سنگ، شکست به ناپایداری سامانه مهاری یا سنگ برای تحمل افزایش بار، بدون داشتن تغییرشکل افزایشی سریع، اطلاق می‌شود. در بعضی موارد، پیچ‌سنگ نمی‌تواند بار اوج را تحمل کند.

#### ۳-۳ بار

به نیروی کل محوری اعمال شده بر روی پیچ‌سنگ اطلاق می‌شود.

#### ۴-۳ ظرفیت نهایی<sup>۳</sup>

به حداکثر بار تحمل شده توسط سامانه مهاری اطلاق می‌شود.

#### ۵-۳ ظرفیت عملیاتی<sup>۴</sup>

---

1 - Displacement  
2 - Failure  
3 - Ultimate Capacity  
4 - Working Capacity

به بار اعمال شده روی سامانه مهاری اطلاق می‌شود که متناظر با آن، افزایش قابل توجهی در جابجایی شروع شود.

#### ۴ اصول آزمون

پیچ‌سنگ در شرایطی مشابه شرایط صحرایی پروژه مورد آزمون، نصب می‌شود. سپس پیچ‌سنگ توسط یک سامانه هیدرولیکی تحت کشش قرار داده شده و هم‌زمان جابجایی انتهای پیچ‌سنگ اندازه‌گیری می‌شود. پیچ‌سنگ تا زمانی تحت کشش قرار داده می‌شود که سامانه مهاری یا سنگ دچار شکست شوند. ظرفیت نهایی و عملیاتی پیچ‌سنگ، با استفاده از نمودار بار-جابجایی محاسبه می‌شود.

#### ۵ وسایل

۱-۵ سامانه بارگذاری<sup>۱</sup>، سامانه مورد نیاز برای کشش پیچ‌سنگ‌ها باید شامل یک بازوی هیدرولیکی توخالی<sup>۲</sup> همراه با قاب عکس‌العمل<sup>۳</sup> باشد. بازوی هیدرولیکی باید دارای ظرفیت کافی برای ایجاد شکست در مهاری باوده و دامنه حرکتی حداقل معادل ۵۰mm (۲in) داشته باشد. قاب عکس‌العمل باید به گونه‌ای باشد که در مقابل سطوح سنگی ناهموار نیز قابل استفاده باشد. سامانه بارگذاری باید نیرویی را اعمال کند که انحراف محور بارگذاری از محور طولی پیچ‌سنگ در طول آزمایش، از پنج درجه تجاوز نکند.

۲-۵ تراگذارهای<sup>۴</sup> (ترانس‌دیوسرهای) بار، توصیه شده است برای اندازه‌گیری بار روی پیچ‌سنگ، از سلول بارسنج<sup>۵</sup> الکترونیکی استفاده شود. سلول بار با احتساب خطای سامانه خوانش، باید حداقل دقت  $\pm 890N$  (۲۰۰lbf) و حداقل حساسیت ۴۴۵N (۱۰۰lbf) داشته باشد. برای این منظور می‌توان از سایر انواع ترانس‌دیوسرهای بار نیز استفاده کرد، به شرطی که این ویژگی‌ها را داشته باشند. روش دیگر این است که، برای اندازه‌گیری فشار اعمال شده بر روی بازوی هیدرولیکی از فشارسنج یا تراگذارهای الکتریکی استفاده شود، مشروط بر آن که الزامات اندازه‌گیری بالا و اثرات اصطکاک در بازوی هیدرولیکی و موارد مشابه آن را، برآورده کند.

---

1 - Loading System

2 - Hollow-Center Hydraulic Ram

3 - Reaction Frame

۵- وسیله‌ای که انرژی یک نوع نشانک/سیگنال را به نوع دیگری از انرژی تبدیل می‌کند (Transducer).

5 - Load Cell

۳-۵ تراگذارهای جابجایی (وسایل اندازه‌گیری جابجایی)<sup>۱</sup>، توصیه شده است برای اندازه‌گیری جابجایی سر انتهای پیچ‌سنگ از سنجنده‌های (گیج‌های) عقربه‌ای<sup>۲</sup> استفاده شود. دقت این وسایل باید  $\pm 0.025\text{mm}$  ( $\pm 0.001\text{in}$ ) و حساسیت آن‌ها  $\pm 0.013\text{mm}$  ( $\pm 0.0005\text{in}$ ) بوده و دامنه حرکتی حداقل معادل  $50\text{mm}$  ( $2\text{in}$ ) داشته باشند. این وسایل باید به گونه‌ای روی پیچ‌سنگ قرار گیرند که محور آن از محور پیچ‌سنگ، حداکثر پنج درجه انحراف داشته باشد. برای تطبیق و جفت و جور شدن نوک سنجنده (گیج) عقربه‌ای با انتهای پیچ‌سنگ یا میله کششی (اگر استفاده شده است)، انتهای آن باید حفره‌ای به اندازه تقریبی  $6\text{mm}$  ( $0.25\text{in}$ ) داشته باشد. می‌توان از سایر انواع تراگذارها استفاده کرد به شرطی که الزامات این بخش را برآورده کنند.

۴-۵ استقرار تراگذارهای جابجایی<sup>۳</sup>، تراگذارهای جابجایی در صورتی که بر روی همان سنگ نصب می‌شوند، باید در نقطه‌ای قرار گیرند که حداقل فاصله  $0.9\text{m}$  ( $3\text{ft}$ ) تا قاب عکس‌العمل داشته باشد. محل قرار گرفتن پایه تراگذار باید طوری محکم باشد که در طی آزمون هیچ گونه تغییرشکل یا ناپایداری در آن ایجاد نشود.

۵-۵ سامانه‌های مهاری<sup>۴</sup>، مهاری‌های مورد استفاده در آزمون باید از فرآورده‌های استاندارد کارخانه سازنده باشند. برای اطمینان از عدم آسیب‌دیدگی مهاری‌های مکانیکی، باید آن‌ها را بررسی کرد. بهتر است مهاری‌های مکانیکی دارای اندازه متناسب با قطر چال بوده و اندازه لنگرگاه (تکیه‌گاه) آن مشخص باشد. روان‌ملات یا رزین مصرفی باید تازه بوده و از قوطی‌های دربسته مصرف شوند. اگر باید مهاری‌های روان‌ملاتی مورد آزمون قرار گیرند، مطمئن شوید که ابعاد خشاب یا مخزن رزین<sup>۵</sup> با قطر چال، قطر میله پیچ‌سنگ و طول لنگرگاه مورد نیاز، سازگاری و مطابقت داشته باشد. برای به‌کارگیری لنگرگاه روان‌ملات تزریق شده، مطمئن شوید که تجهیزات و سامانه‌های اختلاط و تزریق، به طور کامل مطابق با توصیه‌های کارخانه سازنده باشند.

---

1 - Displacement Transducer  
2 - Dial Gauge  
3 - Displacement Transducer Support  
4 - Anchor Systems  
5 - Resin Cartridge

۵-۶ پیچ‌سنگ و ملحقات آن<sup>۱</sup>، قطر و مقاومت پیچ‌سنگ باید به اندازه‌ای باشد که در طول آزمون از محدوده الاستیک خود خارج نشوند. ممکن است برای حفظ محوریت سلول بارسنج، به صفحات باربر<sup>۲</sup> استاندارد، واشرها و سایر موارد مشابه نیاز باشد.

۵-۷ تجهیزات حفاری، انواع مشابه تجهیزات حفاری و سرمت‌های حفاری که در طی فاز اجرای پروژه برای نصب پیچ‌سنگ‌ها استفاده می‌شوند، باید با همان عملیات برای حفاری چال‌های آزمون مورد استفاده قرار گیرند.

۵-۸ آچار اندازه‌گیری پیچش<sup>۳</sup>، چنان‌چه از مهری‌های مکانیکی با پوسته انبساطی<sup>۴</sup> استفاده می‌شود، برای استقرار آن‌ها نیاز به یک آچار اندازه‌گیری پیچش می‌باشد. آچار اندازه‌گیری پیچش باید دارای حداقل ظرفیت اهرم ۲۰ درصد بیش‌تر از گشتاور نصب مهری باشد، که توسط سازنده ارایه می‌شود. آچار اندازه‌گیری پیچش باید دارای حداقل دقت گشتاور دو درصد خوانش ظرفیت حداکثر، و حداقل حساسیت یک درصد خوانش ظرفیت حداکثر باشد.

۵-۹ سنجنده (گیج) اندازه‌گیری قطر چال، برای اندازه‌گیری قطر چال در محل مهری، باید از یک سنجنده (گیج) استفاده شود. این وسیله باید حداقل دقت  $\pm 0.5 \text{ mm}$  ( $\pm 0.02 \text{ in}$ ) و حداقل حساسیت  $\pm 0.25 \text{ mm}$  ( $\pm 0.01 \text{ in}$ ) داشته باشد.

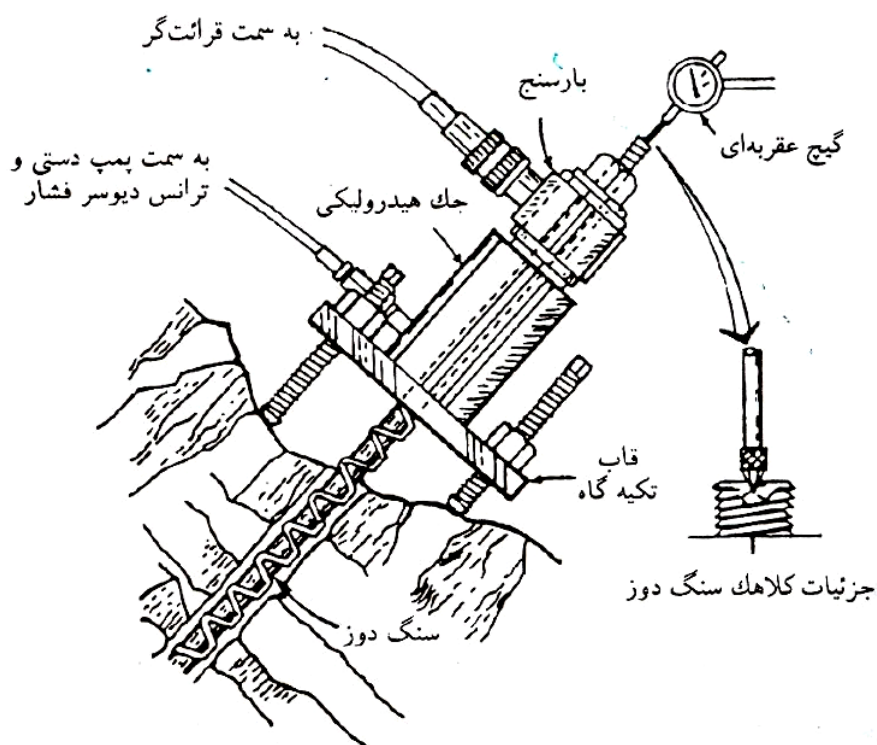
۵-۱۰ دماسنج<sup>۵</sup>، چنان‌چه لنگرگاه رزینی یا روان‌ملات سیمانی مورد آزمون قرار داده می‌شود، برای اندازه‌گیری دما در چال، از یک دماسنج استفاده شود. همچنین در زمان تزریق روان‌ملات یا چسب، باید دمای آن اندازه‌گیری شود. دماسنج باید حداقل دقت  $\pm 0.1^\circ \text{C}$  ( $\pm 0.5^\circ \text{F}$ ) و حداقل حساسیت  $\pm 0.5^\circ \text{C}$  ( $\pm 1^\circ \text{F}$ ) داشته باشد.

یادآوری- ارایه دقت و حساسیت دماسنج برحسب هر دو یکای فارنهایت و سلسیوس به این خاطر است که از هر نوع دماسنج، که الزامات ارایه شده در مورد دقت و حساسیت را داراست، می‌توان استفاده کرد. مقادیر سلسیوس به طور مستقیم از روی مقادیر فارنهایت به‌دست نیامده‌اند.

---

1 - Rock Bolt and Accessories  
2 - Bearing Plates  
3 - Torque Wrench  
4 - Expandable  
5 - Thermometer

۱۱-۵ چیدمان وسایل آزمون در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- چیدمان آزمون کشش پیچ سنگ

## ۶ روش انجام آزمون

### ۱-۶ حفاری چال آزمون

۱-۱-۶ چال آزمون را با همان روشی که در طی عملیات ساخت انجام می‌شود، حفاری کنید. داخل چال باید با آب یا جریان هوا به طور کامل تمیز شده و خرده‌سنگ‌ها خارج شوند.

۲-۱-۶ نیازی نیست که عمق چال مساوی طول پیچ سنگ باشد. فقط لازم است که محل قرار گرفتن مهری، خارج از محدوده دست‌خورده در اثر حفاری و منطقه تمرکز تنش ناشی از عکس‌العمل قاب قرار گیرد. در مورد مهری‌های مکانیکی، انتهای چال باید  $0.3m$  ( $1ft$ ) جلوتر از نقطه اتصال مهری به سنگ باشد. به طور معمول چالی با طول تقریبی  $1.8m$  ( $6ft$ ) متر مناسب است.

۳-۱-۶ داخل چال توسط یک چراغ قوه یا آئینه (برای انعکاس نور خورشید به داخل چال) به صورت چشمی بررسی شود. چنانچه بیش از نیمی از چال قابل رویت نباشد، آن چال به اندازه کافی برای آزمون کشش، مستقیم‌الخط نیست و نباید از آن چال استفاده شود.

۴-۱-۶ قطر چال آزمون را در دو جهت عمود بر هم، در ابتدا و انتهای محل قرارگیری چال مهری، با استفاده از قطرسنج در چهار نقطه، و با دقت نزدیک به  $0.25mm$  ( $0.01in$ )، اندازه‌گیری کنید.

۲-۶ آماده‌سازی مهاریها<sup>۱</sup>، هر گونه عملیات آماده‌سازی مثل گریس‌زدایی<sup>۲</sup> یا زنگ‌زدایی<sup>۳</sup> که در مرحله اجرا روی پیچ‌سنگ انجام خواهد شد، باید در انجام آزمون نیز به همان ترتیب صورت گیرد. اگر هیچ عملیاتی در طی مرحله اجرا بر روی پیچ‌سنگ انجام نمی‌شود، مهاریهای آزمون را آماده‌سازی نکنید.

#### ۳-۶ نصب مهاریه<sup>۴</sup>

۱-۳-۶ در صورتی که از مهاریه مکانیکی استفاده می‌شود، انتهای پیچ‌سنگ کمی روغن‌کاری شده و به مهاریه بسته شود. پس از نصب نیز برای محکم کردن مهاریه، پیچ‌سنگ با اعمال مقدار گشتاور مشخصی که توسط سازنده توصیه شده است، محکم شود. با کمک یک جفت مهره که در انتهای میله قرار گرفته است، می‌توان گشتاور را بدون تولید بار محوری در پیچ‌سنگ، اعمال نمود. اگر به علت لغزش چرخشی<sup>۵</sup> ناشی از گسیختگی برشی در سنگ، امکان رسیدن به گشتاور پیشنهادی کارخانه سازنده وجود ندارد، بهتر است حداکثر گشتاور اعمال شده یادداشت و مهاریه بعدی تا ۸۰ درصد این مقدار بارگذاری شود. چنانچه در اثر اعمال گشتاور، مهاریه در چال دچار چرخش شود، دیگر روی آن مهاریه آزمون انجام نشود. در کلیه موارد، هر گونه لغزش یا سایر رفتار غیرعادی را در برگه ورق‌داده‌های آزمون (جدول ۱) ثبت کنید.

۲-۳-۶ مهاریه‌های روان‌ملاتی سیمانی یا رزینی مطابق با توصیه‌های کارخانه سازنده، نصب شوند.

#### ۴-۶ آزمون

۱-۴-۶ کلیه آزمون‌ها بر روی پیچ‌سنگ‌های غیرکششی انجام شود. دمای چال در ناحیه مهاریه، دمای چسب یا روان‌ملات در زمان تزریق و دمای هوای محیط را با تقریب نزدیک به  $0.5^{\circ}\text{C}$  ( $1^{\circ}\text{F}$ )، اندازه‌گیری و یادداشت کنید. مطلوب است که مهاریه‌های آزمون تحت همان شرایط دمایی که در عملیات اجرایی پروژه مورد انتظار است، در جای خود قرار داده شده و نصب شوند. زمان مورد نیاز برای عملیاتی شدن مهارکنندگی چسب یا رزین برای رسیدن به مقاومت‌های طراحی، به دما وابسته بوده و ممکن است به میزان قابل‌توجهی متغیر باشد. برای گرفتن توصیه‌هایی در مورد زمان گیرش چسب یا روان‌ملات تحت شرایط دمایی مختلف، توصیه‌های کارخانه سازنده را مورد توجه قرار دهید. برای ارزیابی تاثیر زمان گیرش بر مقاومت نهایی، زمان‌های گیرش در شرایط دمایی یکسان ممکن است بین یک تا پنج روز متغیر باشد. برای ارزیابی تاثیر طول میله تزریق شده بر مقاومت مهاریه، بهتر است چندین طول مهاریه تحت شرایط دمایی و زمان گیرش یکسان، مورد آزمون قرار داده شوند.

---

1 - Preparation of Anchors  
2 - Degreasing  
3 - Rust Removal  
4 - Setting the Anchor  
5 - Rotational Slippage

[illegible]

۲-۴-۶ حداقل در نیمی از آزمون‌ها باید سه مرحله بارگذاری و باربرداری انجام شود تا بدین ترتیب جابجایی قبل از گسیختگی مهاری کنترل شود. میزان بار را با استفاده از بازروی هیدرولیکی در هر مرحله تا ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ بار شکست تخمینی اعمال کنید. هر مرحله بارگذاری با ده نوبت افزایش بار مساوی و هر مرحله باربرداری نیز با ده نوبت کاهش بار مساوی انجام شود.

۳-۴-۶ بار باید به سرعت و به طور یکنواخت وارد شود.

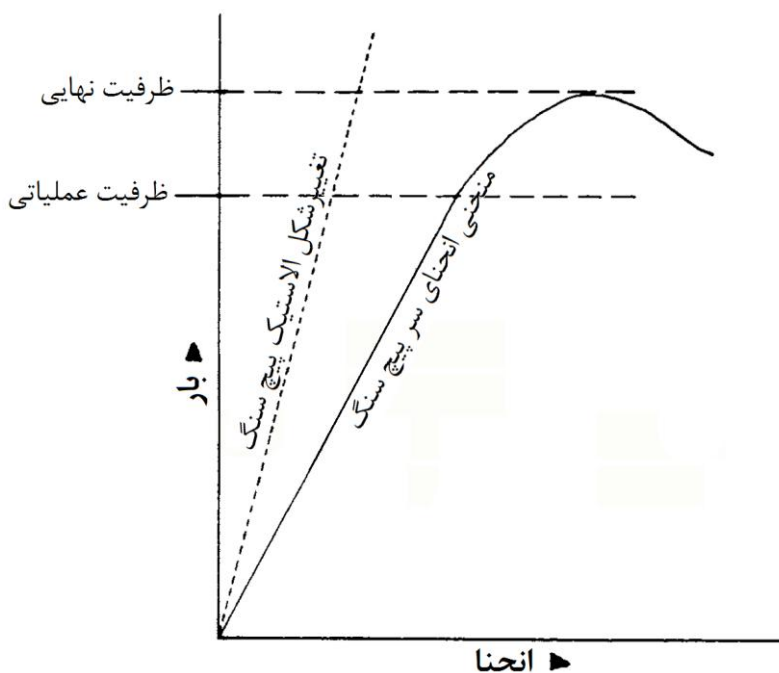
۴-۴-۶ پس از مرحله سوم، بار کششی را به صورت نموی با مقدار افزایش‌های مشابه مرحله قبل یا افزایش‌های ۲/۲kN (۵۰۰lbf) (هر کدام کم‌تر است)، اعمال کنید تا زمانی که سامانه مهاری دچار گسیختگی شود یا به حد سامانه باربرداری برسد.

۵-۴-۶ پیچ‌سنگ‌های غیرمرحله‌ای را تا رسیدن به گسیختگی با ۲۰ مرتبه افزایش بار مساوی یا افزایش بار به میزان ۲/۲kN (۵۰۰lbf) (هر کدام کم‌تر است)، تحت آزمون قرار دهید.

۶-۴-۶ پس از هر افزایش فشار، جابجایی را با دقت نزدیک به ۰/۰۱۳mm (۰/۰۰۰۵in) و بار را با دقت نزدیک به ۰/۴۴kN (۱۰۰lbf) خوانش و یادداشت کرده یا مستند کنید.

۷-۴-۶ شکست به صورت حداکثر بار تحمل شده توسط پیچ‌سنگ یا انحنای کل ۱۲/۷mm (۰/۵in) است، که در شکل ۲ نشان داده شده است.

۸-۴-۶ پیچ‌سنگ را به اندازه‌ای تحت کشش قرار دهید که ۱۲/۷mm (۰/۵in) بیش‌تر از مقداری که موجب شکست می‌شود، جابجایی داشته باشد. در هر افزایش جابجایی ۱mm (۰/۰۵in)، بار اعمالی را ثبت کنید.



شکل ۲- منحنی بار- انحنا برای آزمون کشش پیچ‌سنگ

## ۷ محاسبات

۷-۱ تنش در پیچ سنگ با استفاده از معادله ۱ محاسبه شود:

$$\sigma_b = \frac{P}{A} \quad (1)$$

۷-۲ تغییر شکل الاستیک پیچ سنگ را با استفاده از معادله ۲ محاسبه کنید:

$$U_b = \frac{Q_b}{E} \times L \quad (2)$$

۷-۳ جابجایی تصحیح شده انتهای پیچ سنگ ( $U_c$ )، که در واقع همان جابجایی مهاری است را با استفاده از معادله ۳ محاسبه کنید:

$$U_c = U_t - U_b \quad (3)$$

که در آن‌ها:

$\sigma_b$  تنش در پیچ سنگ، بر حسب MPa (Psi)؛

$P$  بار پیچ سنگ، بر حسب N (lb)؛

$A$  سطح مقطع پیچ سنگ، بر حسب  $\text{mm}^2$  ( $\text{in}^2$ )؛

$U_b$  تغییر شکل الاستیک در پیچ سنگ، بر حسب mm (in)؛

$\sigma_b$  تنش در پیچ سنگ، بر حسب MPa (Psi)؛

$L$  طول پیچ سنگ بین مهاری و انتهای پیچ سنگ، بر حسب mm (in)؛

$E$  مدول الاستیسیته فولاد پیچ سنگ، بر حسب MPa (Psi)؛

$U_c$  جابجایی تصحیح شده سر پیچ سنگ، بر حسب mm (in)؛

$U_b$  تغییر شکل الاستیک پیچ سنگ، بر حسب mm (in)؛

$U_t$  جابجایی کل انتهای مهاری، بر حسب mm (in).

۷-۴ ظرفیت عملیاتی و نهایی سامانه مهاری را از نمودار بار-جابجایی مهاری تعیین کنید. نمونه‌ای از این منحنی در شکل ۲ نشان داده شده است. تفسیر منحنی اغلب نیازمند بعضی قضاوت‌های مهندسی است.

۷-۵ برای هر گروه آزمون بر روی یک نوع سنگ دارای مهاری مشابه و راستای یکسان، میانگین و عدم قطعیت نتایج را با سطح اطمینان ۹۵ درصد محاسبه کنید.

## ۸ گزارش آزمون - ورق داده (ها) یا فرم (های) آزمون

۸-۱ روش شناسی استفاده شده برای چگونگی ثبت داده‌ها در برگه ثبت داده‌های آزمون، به صورتی که در زیر ارایه شده، همانند آن چه در بند ۴-۱ و استاندارد بند ۳-۲ است، آورده شده است.

۸-۲ حداقل اطلاعات زیر را در گزارش ثبت کنید:

۸-۲-۱ اطلاعات پروژه شامل قابلیت کاربرد، نام و شماره پروژه، یادداشت شود.

۸-۲-۲ موقعیت آزمون، یادداشت شود.

۸-۲-۳ نوع پیچ‌سنگ، طول و قطر آن، یادداشت شود.

۸-۲-۴ قطر هر چال و متوسط قطر چال‌های آزموده شده، یادداشت شود.

۸-۲-۵ توصیف مصالح سنگی که مهاری‌ها در آن مورد آزمون قرار می‌گیرند، شامل ترکیب<sup>۱</sup>، بافت<sup>۲</sup> و هر ویژگی ساختاری مانند درزه‌ها، هوازدگی<sup>۳</sup> و موارد مشابه آن، که بر ظرفیت مهاری تاثیر می‌گذارد، یادداشت شود.

۸-۲-۶ انواع مهاری‌های مورد آزمون قرار گرفته شامل عمق و وسیله اعمال گشتاور، یادداشت شود.

۸-۲-۷ نام شخص انجام‌دهنده آزمون (ها)، کنترل‌کننده یا تاییدکننده داده‌های آزمون (ها) و تاریخ انجام آزمون و بازنگری‌ها ثبت شود.

۸-۲-۸ جدول خلاصه شده‌ای از برنامه آزمون حاوی شماره آزمون، نوع پیچ‌سنگ، نوع سنگ، راستا و عمق آزمون، تهیه شود.

۸-۲-۹ فهرست تجهیزات، سایر مهاری‌ها، شامل شماره مدل، شماره سریال یا ابعاد آن‌ها همراه با دامنه عملیاتی آن‌ها، دقت و حساسیت هر ابزاری که برای اندازه‌گیری استفاده شده است، یادداشت شود.

۸-۳ حداقل اطلاعات زیر را برای آزمون یادداشت کنید:

۸-۳-۱ تنش در پیچ‌سنگ ( $\sigma_b$ )، بر حسب MPa ( $\Psi$ )، یادداشت شود.

۸-۳-۲ تغییر شکل الاستیک پیچ‌سنگ ( $U_b$ )، بر حسب mm (in)، یادداشت شود.

۸-۳-۳ جابجایی تصحیح شده سر پیچ‌سنگ ( $U_c$ )، بر حسب mm (in)، یادداشت شود.

۸-۳-۴ برای هر افزایش یا کاهش: زمان، خوانش بار بر حسب نیوتن (پوند)، جابجایی بر حسب mm (in)، و جابجایی خالص بر حسب mm (in)، یادداشت شود.

---

1 - Composition  
2 - Texture  
3 - Weathering

۸-۳-۵ ظرفیت عملیاتی و نهایی هر نوع مهارت در هر نوع سنگ، همراه با نوع مهارت، تعداد آزمون‌ها، میانگین ظرفیت عملیاتی، دامنه عملیاتی و عدم قطعیت میانگین ثبت شود. اگر مهارت‌های رزینی یا روان‌ملاتی مورد آزمون قرار گرفته‌اند، اندازه‌گیری‌های انجام شده در طی حفر چال، دمای روان‌ملات و دمای محیط را یادداشت کنید.

۸-۳-۶ برای هر آزمون، منحنی بار-جابجایی تصحیح شده انتهای پیچ‌سنگ را رسم کنید و توصیفی از ماهیت هر گسیختگی یا هر نوع مشاهده مربوط به آزمون را ارائه کنید.

۸-۳-۷ برای ارزیابی پیچ‌سنگ‌های روان‌ملاتی، بهتر است برای نشان دادن تاثیر زمان گیرش روان‌ملات و طول روان‌ملات‌ریزی شده بر مقاومت مهارت، نتایج چندین آزمون به صورت گرافیکی ارائه و نشان داده شود. توصیه می‌شود برای نشان دادن تاثیر دما بر زمان گیرش روان‌ملات، داده‌های مربوط به اثرات دما ارائه شوند و در طی ساخت از فرآیندهای توصیه شده برای ساخت و اجرای آن، پیروی شود.

## ۹ دقت<sup>۱</sup> و اریبی<sup>۲</sup>

۹-۱ دقت، به علت ماهیت مصالح سنگی آزموده شده توسط این روش آزمون، دقت داده‌های آزمون ارائه نشده است. در این زمان، فراهم کردن تعداد زیادی آزمون‌کننده همکار در برنامه آزمون برجا در یک محل، یا امکان‌پذیر نیست یا بسیار پرهزینه است.

۹-۲ اریبی، هیچ مقدار مرجع پذیرفته شده‌ای برای این آزمون وجود ندارد؛ بنابراین نمی‌توان اریبی را تعیین کرد.

---

1 - Precision

2 - Bias