



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۸۳۸۸

چاپ اول

۱۳۹۳

INSO

18388

1st.Edition

2014

تعیین مقاومت میل مهارها در اجزا بتنی -
روش آزمون

**Determining Strength of Anchors in
Concrete Elements - Test Method**

ICS:91.060.01

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)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ 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 سامانه 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
« تعیین مقاومت میل‌مهارها در اجزا بتنی - روش آزمون »

رئیس:

زهرائی ، سید مهدی
(دکترای مهندسی سازه)

دبیر:

مصطفی‌زاده ، سیدحجت
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

افتخار ، محمدحسین
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

امیری ، مهدی
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

ترابی‌زاده ، محمدرضا
(کارشناس مهندسی عمران)

ذاکری ، ایمان
(دکترای مهندسی عمران)

رهبر رنجی، احمد
(دکترای مهندسی کشتی‌سازی)

طییبی ، سعیده
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

ظهرایی ، مصطفی
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

سمت و / یا نمایندگی

استاد دانشکده مهندسی عمران دانشگاه
تهران و رئیس موسسه پایدار سازه آریا

مدیر موسسه تحقیقات و پژوهش‌های علمی
بنیادین پایدار سازه آریا

مدیر فنی انستیتو مصالح ساختمانی دانشگاه
تهران

کارشناس سازه مهندسان مشاور توسعه
ساحل دریا

کارشناس آزمونگاه مصالح ساختمانی اداره
کل استاندارد هرمزگان

مدیرعامل شرکت آزمونگاهی خاک بتن
آزمای پارسه خلیج فارس

دانشیار دانشگاه پلی تکنیک تهران،
کارشناس حقیقی تدوین استانداردهای ملی
ایران

کارشناس بخش سازه موسسه تحقیقات و
پژوهش‌های علمی بنیادین پایدار سازه آریا

کارشناس سازه حوزه معاونت فنی و عمرانی
شهرداری شیراز

کامجو ، بهمن
(کارشناس مهندس عمران)

کارشناس بخش سازه موسسه تحقیقات و
پژوهش‌های علمی بنیادین پایدار سازه آریا

عذباشی ، فرهاد
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

هیئت علمی گروه مهندسی عمران دانشگاه
آزاد اسلامی واحد بخش عباس

مجتبوی ، سید علیرضا
(کارشناس مهندسی مواد)

کارشناس اداره کل نظارت بر صنایع غیر
فلزی سازمان ملی استاندارد ایران

مصطفی زاده ، سیدمحسن
(کارشناس مهندسی عمران)

کارشناس فنی شرکت آزمونگاهی آزما سازه
کاوان

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ه	پیش گفتار
و	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف و نمادها
۵	۴ وسایل
۱۲	۵ آزمون‌های آزمون
۱۶	۶ روش‌های کلی انجام آزمون
۱۸	۷ آزمون‌های بار یکنواخت
۲۲	۸ آزمون‌های بار دینامیکی
۲۵	۹ آزمون‌های گشتاور پیچشی
۲۶	۱۰ آزمون‌های تاثیرات محیطی برای میل‌مهارهای کاشت‌شده
۳۲	۱۱ آزمون‌های پیچ میل‌مهار
۳۷	۱۲ آزمون‌های دیگر
۳۷	۱۳ معیار گسیختگی
۳۹	۱۴ گزارش آزمون
۴۱	۱۵ دقت و اریبی
۴۲	پیوست الف (الزامی) روش آزمون A
۴۴	پیوست ب (الزامی) روش آزمون B

پیش‌گفتار

استاندارد « تعیین مقاومت میل‌مهارها در اجزا بتنی - روش آزمون » که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط موسسه تحقیقات و پژوهش‌های علمی بنیادین پایدار سازه آریا تهیه و تدوین شده است و در پانصد و یکمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان، مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۳/۰۲/۰۹ 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 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 تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

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

ASTM E488:2010, Standard Test Methods for Strength of Anchors in Concrete Elements

تعیین مقاومت میل مهارها در اجزا بتنی - روش آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، تعیین مقاومت‌های برشی و کششی میل‌مهارهای از پیش نصب‌شده^۱ و درجا کاشت‌شده در قطعات آرمونی متشکل از بتن ترک‌خورده یا ترک‌نخورده است. بارگذاری‌ها شامل: بارهای شبه-استاتیکی، لرزه‌ای، ضربه و خستگی است. شبیه‌سازی محیطی، شامل: یخ‌زدگی و یخ‌گشایی، رطوبت، کاهش و افزایش دما و خوردگی شیمیایی است. این استاندارد، روش‌های اصلی انجام آزمون در یک آزمایشگاه برای به-کارگیری و ارزیابی‌های ویژه ایجادشده و مطابق با استانداردهای قابل‌قبول فراهم می‌کند. ارزیابی‌های ویژه ایجاد-شده و استانداردهای قابل‌قبول، ممکن است جزئیات ویژه و پارامترهای اختصاصی مورد نیاز برای انجام آزمون، را القاء کنند. تنها آزمون‌هایی انجام می‌شود که لزوم انجام آن‌ها توسط مراجع ذیصلاح درخواست شده است.

۱-۲ این استاندارد، برای میل‌مهارهای درجا کاشت‌شده‌ای که برای نصب به‌صورت عمود بر سطح تراز یک عضو آرمونی، طراحی شده‌اند به کار می‌رود.

۱-۳ این استاندارد، شیوه‌های جداگانه‌ای را برای انجام آزمون‌های استاتیکی، لرزه‌ای، ضربه‌ای و خستگی، بیان می‌کند. گرچه، در این استاندارد مانعی برای انجام آزمون‌های ترکیبی دو یا چند نوع از حالت‌های بارگذاری وجود ندارد. (مانند هم‌زمانی آزمون‌های لرزه‌ای، خستگی و ضربه‌ای).

۱-۴ هدف این استاندارد، فراهم کردن داده‌های تجدیدپذیر از معیارهای پذیرش، داده‌های طرح، و ویژگی‌هایی که می‌تواند برای میل‌مهارهایی که قرار است در بتن نصب شوند، است.

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

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای 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 تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است :

- 1-2 ASTM C31/C31M, Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field
- 2-2 ASTM C33/C33M, Specification for Concrete Aggregates
- 3-2 ASTM C39/C39M, Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
- 4-2 ASTM C42/C42M Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete
- 5-2 ASTM C150/C150M Specification for Portland Cement
- 6-2 ASTM C330/C330M Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete
- 7-2 ASTM E4 Practices for Force Verification of Testing Machines
- 8-2 ASTM E8/E8M Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials
- 9-2 ASTM E468 Practice for Presentation of Constant Amplitude Fatigue Test Results for Metallic Materials
- 10-2 ASTM E575 Practice for Reporting Data from Structural Tests of Building Constructions, Elements, Connections, and Assemblies
- 11-2 ASTM E631 Terminology of Building Constructions
- 12-2 ASTM E2265 Terminology for Anchors and Fasteners in Concrete and Masonry
- 13-2 ASTM F606 Test Methods for Determining the Mechanical Properties of Externally and Internally Threaded Fasteners, Washers, Direct Tension Indicators, and Rivets
- 14-2 ASTM F606M Test Methods for Determining the Mechanical Properties of Externally and Internally Threaded Fasteners, Washers, and Rivets (Metric)
- 15-2 ASTM F1624 Test Method for Measurement of Hydrogen Embrittlement Threshold in Steel by the Incremental Step Loading Technique
- 16-2 ASTM G5 Reference Test Method for Making Potentiostatic and Potentiodynamic Anodic Polarization Measurements
- 17-2 ASTM ANSI B212.15 American National Standard for Cutting Tools—Carbide-Tipped Masonry Drills and Blanks for Carbide-Tipped Masonry Drills
- 18-2 ANSI B212.15 American National Standard for Cutting Tools—Carbide-Tipped Masonry Drills and Blanks for Carbide-Tipped Masonry Drills

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استانداردهای بند ۲-۱۱ و ۲-۱۲، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۳-۱-۱

میل‌مهار تحت بار داخلی کنترل شده^۱

میل‌مهار از قبل نصب شده که مقاومت کششی آن، ناشی از اتصالات مکانیکی نصب شده به میل‌مهار، که کشش در محل سوراخ شده، توزیع می‌شود.

1- Load-controlled undercut anchor

۲-۱-۳

میل مهار از قبل نصب شده^۱

میل مهاری است که قبل از بتن ریزی، جاده‌ی و سخت شدن بتن، نصب می‌شود.

۳-۱-۳

خارج از محدوده^۲

شرایطی که گسیختگی در تعداد چرخه‌های بار تعیین شده در یک آزمون خستگی، رخ نمی‌دهد.

۴-۱-۳

دمای استاندارد

(23 ± 6) درجه سلسیوس.

۵-۱-۳

عضو آزمونی

مواد پایه‌ای در میل مهار نصب شده و نیروهای مقاوم میل مهار.

۲-۳

نمادها

نمادهای به کار رفته در این استاندارد مطابق زیر ارائه شده است:

C_a فاصله از مرکز محور میل مهار تا لبه عضو آزمونی، بر حسب میلی‌متر؛

C_{min} حداقل فاصله از مرکز محور میل مهار تا لبه عضو آزمونی، که از آزمون‌ها تعیین شده است، بر حسب میلی‌متر؛

d قطر ظاهری میل مهاری که آزمون می‌شود، بر حسب میلی‌متر؛

d_{fix} قطر سوراخ در غلاف برشی، بزرگتر مساوی d بر حسب میلی‌متر؛

d_{hole} قطر سوراخ حفاری شده در آزمون بر حسب میلی‌متر؛

d_m قطر سرمته کاربردی نوک‌دار با حداقل قطر رواداری برای مته جدید تولیدشده، بر حسب میلی‌متر؛

1- Post-installed anchor
2- Run-out

d_{max} قطر مته کاربیدی نوک‌دار با حد بالایی گستره رواداری برای مته جدید، بیانگر مته‌ای با همان بزرگی قابل انتظار برای کاربرد، بر حسب میلی‌متر؛

d_{min} قطر مته محکم شده کاربیدی کمتر از حداقل قطر تولید شده از گستره رواداری برای مته جدید، ارائه‌کننده یک مته خوب استفاده شده، بر حسب میلی‌متر؛

d_o قطر خارجی میل‌مهار کاشت‌شده، بر حسب میلی‌متر؛

$d_{opening}$ قطر حفره در صفحه محدود‌کننده برای آزمون‌های کششی محدود شده، بر حسب میلی‌متر؛

F_{cr} نیروی گسیختگی، اعمالی در میلگردهای تقویت‌کننده، بر حسب نیوتن؛

f'_c مقاومت فشاری مشخصه بتن، بر حسب مگاپاسکال؛

$f'_{c,ref}$ مقاومت فشاری مشخصه قطعه آزمونی بتنی مرجع، بر حسب مگاپاسکال؛

$f'_{c,test}$ مقاومت فشاری مشخصه قطعه آزمونی بتنی، بر حسب مگاپاسکال؛

h_{ef} عمق جایگزینی موثر که از سطح بتن تا عمیق‌ترین نقطه‌ای که بار کششی میل‌مهار به بتن منتقل می‌شود، اندازه‌گیری شده است، بر حسب میلی‌متر؛

h_{min} حداقل ضخامت قطعه، بر حسب میلی‌متر؛

h_{nom} فاصله بین انتهای تعبیه شده از پیچ بتن و سطح بتن، بر حسب میلی‌متر؛

n_{ct} تعداد چرخه‌های آزمون؛

n_{pt} تعداد مجاز چرخه‌های ترک قبل از آزمون؛

$N_{p,cr}$ خصوصیات مقاومت بیرون‌کشیدگی^۱ در بتن ترک‌خورده برای بتن با حداقل مقاومت مشخصه ۱۷ مگاپاسکال، طبق آنچه که از آزمون‌های بتن ترک‌خورده، تعیین شده است، بر حسب نیوتن؛

$N_{st,mean}$ میانگین ظرفیت تعیین شده فولاد از آزمون‌های کششی بر آزمون‌های میل‌مهار با اندازه کامل، بر حسب نیوتن؛

$N_{sust,l}$ بار ثابت شده، بر حسب نیوتن؛

$N_{sust,con}$ بار ثابت شده مورد استفاده در آزمون‌های مرجع محدود شده، بر حسب نیوتن؛

$N_{sust,ft}$ بار کششی ثابت تعیین شده، بر حسب نیوتن؛

$N_{u,con, mean}$ میانگین بار نهایی تعیین شده از آزمون‌های مرجع محدود شده، بر حسب نیوتن؛

$N_{u,mean}$ میانگین بار نهایی تعیین شده از آزمون‌ها، بر حسب نیوتن؛

N_w بار کششی در آزمون میل‌مهارهای قرارگرفته در ترک‌هایی که دهانه ترک‌خوردگی، چرخه‌ای شده است، بر حسب نیوتن؛

S_{min} حداقل فاصله‌گذاری میل‌مهار، تعیین شده از آزمون، بر حسب میلی‌متر؛

t_{fix} ضخامت موثر مهره (غلاف) برشی (d را ببینید)، بر حسب میلی‌متر؛

t_{pl} ضخامت صفحه محدودکننده برای آزمون‌های کششی، بزرگتر و مساوی d ، بر حسب میلی‌متر؛

T_{inst} بیشینه گشتاور تعیین‌شده برای انبساط یا پیش‌تنیدگی یک میل‌مهار، بر حسب نیوتن متر؛

T_{screw} بیشینه گشتاور پیچشی تعیین‌شده برای جلوگیری از گسیختگی میل‌مهار در مدت زمان نصب، بر حسب نیوتن متر؛

W_1 بزرگ‌ترین پهنای دهانه ترک در مدت زمان آزمون، بر حسب میلی‌متر؛

W_2 کوچک‌ترین پهنای دهانه ترک در مدت زمان آزمون، بر حسب میلی‌متر؛

W_3 بزرگ‌ترین پهنای دهانه ترک در زمان آغاز آزمون، بر حسب میلی‌متر؛

l_{side} طول جوانب مکعب آزمون، بر حسب میلی‌متر.

۴ وسایل

۴-۱ تجهیزات آزمون

۴-۱-۱ کلیات

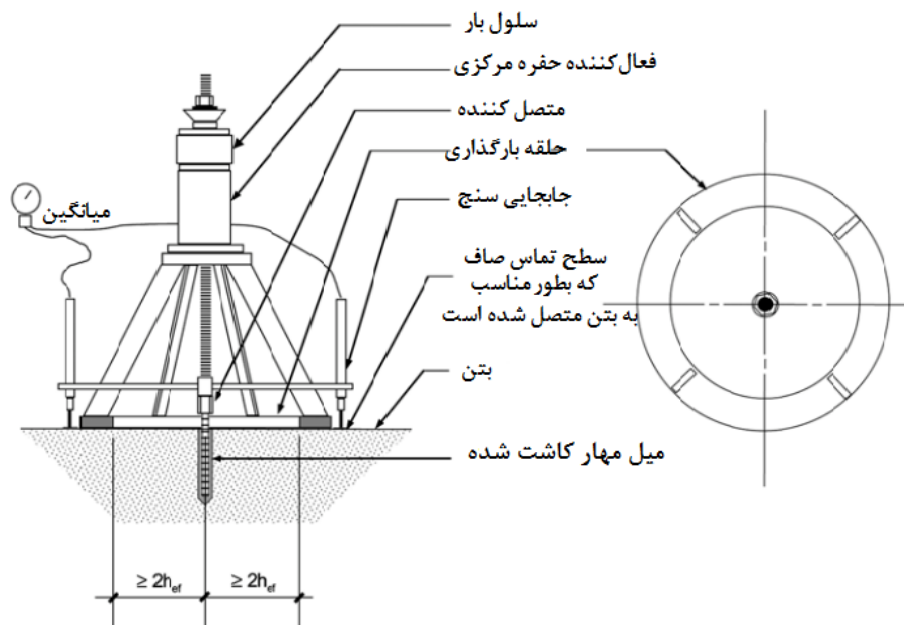
از دستگاه‌های اندازه‌گیری جابجایی و بار الکترونیکی واسنجی‌شده معین، شبیه نرخ آزمون‌برداری استفاده کنید. از وسایل اندازه‌گیری با درستی $\pm 1\%$ از بار نهایی مورد انتظار و واسنجی‌شده مطابق استاندارد بند ۲-۷، استفاده کنید. از وسایل اندازه‌گیری جابجایی، با دقت ± 0.025 میلی‌متر و وسایل اندازه‌گیری پهنای ترک با درستی ± 0.13 میلی‌متر، استفاده کنید. برای ثبت اندازه‌گیری‌های جابجایی و بار، از یک سامانه دریافت داده، با قابلیت ثبت حداقل ۱۲۰ نقطه داده، برای هر آزمون، قبل از تعیین بیشینه بار استفاده کنید. وسایل انجام آزمون باید ظرفیت کافی برای جلوگیری از تسلیم‌شدگی اجزا، تحت بار نهایی پیش‌بینی شده را داشته باشند، و نیز باید صلیبت کافی داشته باشند تا اطمینان حاصل شود که بارهای کششی مالی به صورت موازی با محور میل‌مهارها باقی بمانند و بارهای برشی اعمالی، بصورت موازی با سطح قطعه آزمون در مدت زمان انجام آزمون، باقی بماند.

۴-۱-۲ وسایل آزمون کششی

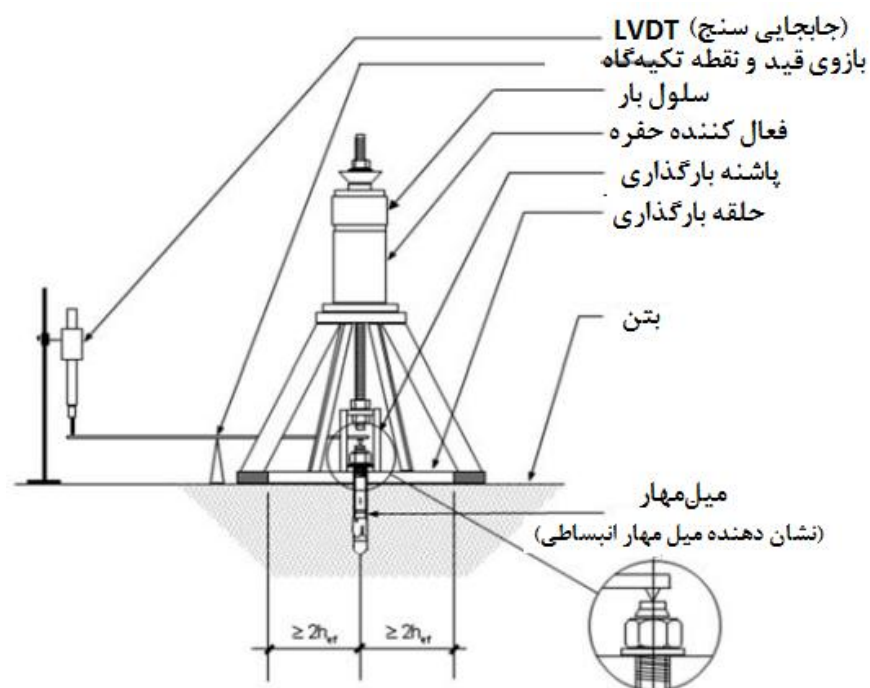
حمایت از وسایل آزمون کششی باید اندازه کافی داشته باشد تا از گسیختگی قطعه آزمونی مجاور جلوگیری کند. میلگرد بارگذاری، باید قطر کافی داشته باشد تا مقاومت نهایی پیش‌بینی‌شده اجزای اصلی میل‌مهاری با کششی که از ۱۰ درصد کشش میل‌مهاری، تجاوز نمی‌کند، توزیع کند و باید توسط اتصال‌دهنده‌هایی که انتقال مستقیم تنش خمشی را به میل‌مهاری کاهش می‌دهند، به سامانه میل‌مهاری متصل شوند. دستگاه‌های اندازه‌گیری جابجایی باید برای اندازه‌گیری حرکات نقاط روی قطعه آزمونی میل‌مهاری، مستقر شود تا جایی که در حین آزمون، تحت تاثیر انحراف یا گسیختگی میل‌مهاری یا قطعه آزمونی، قرار نگیرد. مثال‌هایی از تنظیمات طبقه‌بندی آزمونی را در شکل ۱ و ۲ ببینید.

یادآوری - دیگر اشکال هندسی نگهدارنده نیز، مورد پذیرش است.

جدول ۱، حداقل فاصله مشخص مورد نیاز نگهدارنده آزمون میل‌مهاری را برای بارگذاری برشی و کششی، ارائه می‌دهد.



شکل ۱ - مثالی از تنظیم آزمون کششی محدود نشده - اندازه‌گیری جابجایی با (LVDTs) جفت



شکل ۲ - مثالی از تنظیم آزمون کششی محدود نشده - اندازه‌گیری جابجایی از بالای میل مهار

جدول ۱ - حداقل الزامات فاصله آزاد برای نگهدارنده‌های وسایل آزمونی

تمامی میل‌مهارها		
فاصله از میل‌مهار تا لبه نگهدارنده آزمون	----	فاصله‌گذاری بین نگهدارنده‌های آزمون
$2h_{ef}$	بارهای کششی	$4h_{ef}$
$2C_a$	بارهای برشی	$4C_a$

۳-۱-۴ وسایل آزمون برشی

دستگاه اندازه‌گیری جابجایی را برای اندازه‌گیری جابجایی، تنها در جهت بار اعمالی، مستقر کنید. دستگاه را بر روی قطعه آزمونی قرار دهید تا جایی که میلگردهای عضو حسگر بر روی میل‌مهار، بطور عمودی باشند یا بر روی

یک صفحه تماسی قرار گرفته بر روی صفحه بارگذاری باشند و یا از میل‌مهاری که انحرافات را عمدتاً از دستگاه-هایی که در جهت بار اعمالی قرار گرفته‌اند، محدود می‌کنند، استفاده کنید. مثال ویژه از یک وضعیت و تنظیم آزمون برشی در شکل ۴ آورده شده است. برای آزمون گروه‌های میل‌مهاری، محور دستگاه اندازه‌گیری جابجایی باید، مطابق با مرکز ثقل گروه باشد. جدول ۱، حداقل فاصله آزاد مورد نیاز از نگه‌دارنده آزمون تا بارگذاری برشی میل‌مهاری را به سمت یک لبه آزاد، ارائه می‌دهد.

۴-۲ وسایل آزمون گروهی

جابجایی همه میل‌مهاری و گروه میل‌مهاری آزمون‌شده را بصورت همزمان اندازه‌گیری کنید. تنها یک دسته از دستگاه‌های اندازه‌گیری جابجایی، برای یک گروه از میل‌مهاری، مورد نیاز است. اندازه‌گیری‌های جابجایی که در بند ۴-۱-۱ شرح داده شده‌اند، شامل اجزای تغییرشکلی هستند که بطور مستقیم، همراه با جابجایی میل-مهاری وابسته به قطعه آزمونی نیستند (مانند کشش میلگرد بارگذاری، تغییرشکل صفحه بارگذاری، روکش، لایه‌های نازک، دستگاه‌های اصلی اتصال، و مواد قطعه آزمونی محلی). با استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری تکمیلی یا اضافی، یا با داده‌های آزمون واسنجی تنظیمات آزمون نصب‌شده با جایگزینی یک میل‌مهاری محکم به جای میل‌مهاری آزمونی، اجزای تغییرشکل را شناسایی کنید و آن‌ها را از جابجایی اندازه‌گیری‌شده نهایی، کم کنید. برای ارزیابی یافته‌ها، از جابجایی میانگین ارائه شده توسط دستگاه‌ها در هر گروه، استفاده کنید.

۴-۳ صفحات بارگذاری

۴-۳-۱ برای انجام آزمون بارگذاری کششی، ضخامت صفحه، (t_{fix}) در مجاورت میل‌مهاری آزمونی، باید مساوی یا بزرگتر از قطر ظاهری میل‌مهاری آزمونی باشد.

۴-۳-۲ برای انجام آزمون بارگذاری برشی، ضخامت صفحه، (t_{fix}) در مجاورت میل‌مهاری آزمونی، باید مساوی یا بزرگتر از قطر ظاهری میل‌مهاری آزمونی باشد، ($1/5 + 3mm$). قطر حفره در صفحه بارگذاری باید ($1/5 \pm 3/0$) میلی‌متر، بزرگتر از قطر تعیین شده میل‌مهاری آزمونی باشد، مگر اینکه قطر دیگری تعیین شده باشد. شکل حفره در صفحه بارگذاری باید مطابق با سطح مقطع میل‌مهاری باشد. هنگامی که از جاسازهای غلافی با قطر مورد نیاز استفاده می‌شود، باید بطور دوره‌ای بررسی یا جایگزین شوند تا در تطابق با این الزامات باشند و از بارگذاری خارج از مرکز غلاف، جلوگیری کند. صفحات برشی ارائه شده به همراه غلاف‌ها را در شکل ۵ ببینید. سطح تماس بین صفحه بارگذاری در جایی که میل‌مهاری نصب شده است و قطعه آزمونی، باید همانطوری که در جدول ۲ ارائه شده است، باشد مگر اینکه چیز دیگری تعیین شده باشد. لبه‌های صفحه بارگذاری را صاف کنید و تیزی‌ها را بگیرید تا از فرو رفتن آن در بتن، جلوگیری شود. یک ورقه پلی‌تترافلئور اتیلن^۱ یا دیگر مواد کاهنده اصطکاک را با حداقل

ضخامت ۰/۵ میلی‌متر، بین صفحه بارگذاری سطح مواد اصلی، قرار دهید. مواد کاهنده اصطکاک، باید از تماس صفحه بارگذاری با مواد اصلی، جلوگیری کنند.

جدول ۲ - مساحت تحمل کننده بار صفحه بارگذاری برشی به عنوان تابعی از قطر میل مهار

الف و ب مساحت صفحه تماس بارگذاری برشی، بر حسب سانتی‌متر مربع	قطر میل مهار (d_0)، بر حسب میلی‌متر	
	کمینه	بیشینه
	۸	۱۲
	۱۲	۱۸
	۱۸	۲۵
	۲۵	۴۰
	۴۰	۶۰
الف - سطح تماس صفحه بارگذاری برشی با اتیلن یا دیگر مواد محدود کننده اصطکاک ب - تنش تکیه‌گاهی یکسان محاسبه شده بر سطح تماس در نتیجه وزن صفحه بارگذاری و به همراه اجزا تکیه‌گاهی نباید متجاوز از ۰/۰۳ مگاپاسکال، باشد.		

۴-۴ وسایل آزمونی محدود شده و محدود نشده

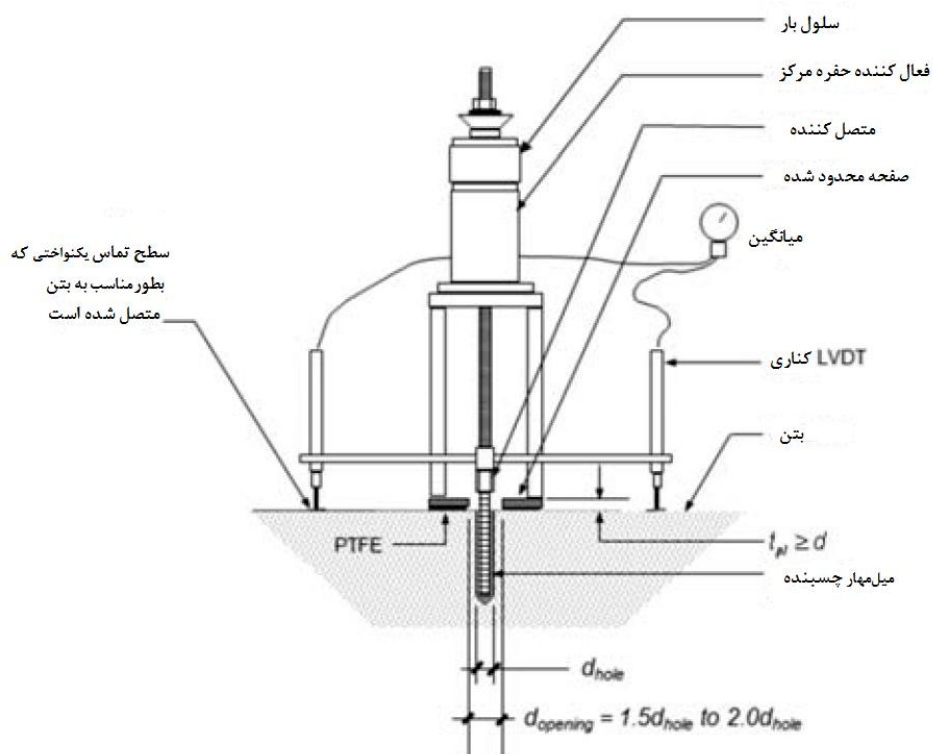
۴-۴-۱ آزمون‌های محدود نشده، شکل ۱ و ۲ نشان‌دهنده آماده‌سازی آزمون کششی محدود نشده ویژه‌ای را با تکیه‌گاه‌های فاصله‌دار، که برای گسترش نامحدود یک سطح گسیختگی مخروطی بتنی، لازم است را، نشان می‌دهد. مقادیر فضاهای باز مورد نیاز بین میل‌مهار و تکیه‌گاه آزمونی که در جدول ۲ ارائه شده‌اند باید مطابق با این الزامات باشند.

۴-۴-۲ آزمون‌های محدود شده، شکل ۳ نشان‌دهنده آماده‌سازی آزمون کششی محدود شده ویژه برای میل-مهارها است که نیروی واکنشی به درون بتن محدوده میل‌مهار، منتقل می‌شود. صفحه محدودکننده باید دارای یک حفره با قطر بین $d_{hole}/5$ و $d_{hole}/2$ و ضخامت $t_{fix} \geq d$ باشد. یک ورقه پلی‌تترا فلئور اتیلن یا دیگر مواد کاهنده اصطکاک را با حداقل ضخامت ۰/۵ میلی‌متر، بین صفحه بارگذاری سطح مواد بنیادی، قرار دهید. مواد کاهنده اصطکاک باید از تماس صفحه محدودکننده با مواد اصلی، جلوگیری کنند.

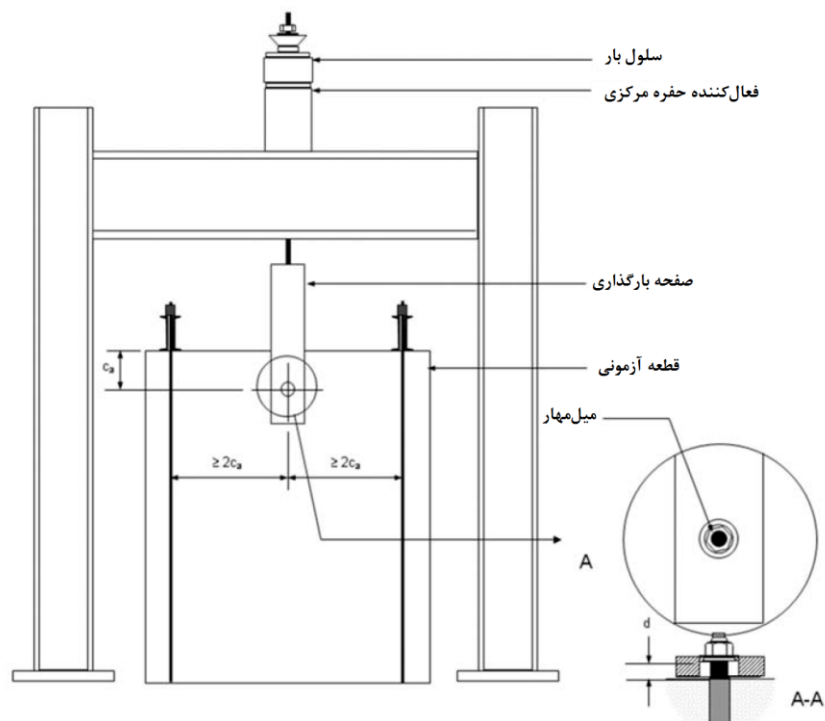
۴-۵ انجام آزمون بتن ترک خورده

۴-۵-۱ وسایل برای کنترل کردن ترک‌ها، وسایل آزمونی باید قابلیت کنترل پهنای ترک‌ها را داشته باشد. یک استقرار آزمون کششی ویژه برای بتن‌های ترک خورده در شکل ۶ نشان داده شده است.

یادآوری - شکل ۶، انجام آزمون‌های میل‌مهاری چندگانه را نشان می‌دهند. قطعات آزمونی کوچک‌تر را می‌توان برای انجام آزمون میل‌مهاری منفرد، استفاده کرد.



شکل ۳ - مثالی از تنظیمات آزمون کششی محدود شده - میل‌مهاری کاشت شده

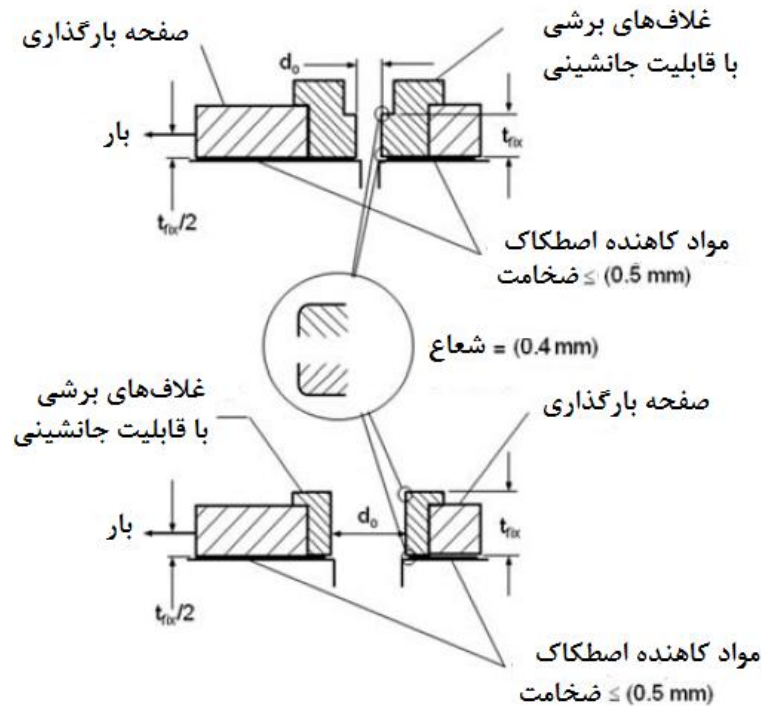


شکل ۴ - مثالی از برپایی آزمون برشی

۵ آزمون‌ها

۵-۱ سامانه میل‌مهاری، میل‌مهاری یا سامانه میل‌مهاری، باید ارائه‌دهنده نوع و سری که در کارگاه تولیدی استفاده می‌شود، همچنین باید دارای ابزارآلات اتصالی باشد که بطور طبیعی برای استفاده، مورد نیاز است.

۵-۲ قطعه آزمونی، الزامات قطعه آزمونی که در میل‌مهاری تعبیه و آزمون شده است باید مشخص شده باشد. موقعیت و جهت هر تقویت‌کننده تعبیه شده در قطعات بتنی باید مطابق با الزامات بندهای ۵-۳ و ۵-۴، باشد.



شکل ۵ - مثالی از صفحه برشی همراه با غلاف

۵-۲-۱ قطعات آزمونی بتنی

۵-۲-۱-۱ قالب‌گیری و عمل‌آوری قطعات بتنی

بتن استفاده شده در انجام آزمون، باید مطابق با الزامات بندهای ۵-۲-۱-۲ تا ۵-۲-۱-۳ (ب)، باشد، مگر اینکه چیز دیگری تعیین شده باشد.

۵-۲-۱-۲ قطعات بتنی را هم بصورت افقی و هم بصورت عمودی، قالب‌گیری کنید. اگر قطعه، بصورت عمودی قالب‌گیری می‌شود، حداکثر ارتفاع بتن‌ریزی باید ۱/۵ متر باشد. بطور کلی، ضخامت قطعه آزمونی به الزامات انجام آزمون بستگی دارد. قطعه آزمونی باید حداقل ضخامت $1/5 h_{ef}$ را داشته باشد مگر اینکه عملکرد آزمونی خاصی نیازمند ضخامت خاصی باشد.

۵-۲-۱-۳ پرداخت و تکمیل سطح

سطح قطعه آزمونی باید پرداخت یکنواخت‌شده یا ماله‌کشی شده باشد، مگر اینکه چیز دیگری تعیین شده باشد.

۵-۲-۱-۴ بتن برای قطعات آزمونی

بتن برای قطعات آزمونی باید مطابق با الزامات بندهای ۴-۱-۲-۶ (۱) تا ۴-۱-۲-۶ (۳) (ب)، باشد.

(الف) **سنگدانه‌ها**، برای بتن‌هایی با وزن معمولی، از سنگدانه‌های مطابق با استاندارد بند ۲-۲، با حداکثر اندازه ۲۵ میلی‌متر، یا مطابق با استاندارد بند ۲-۶ برای بتن‌های سبک، استفاده کنید.

(ب) **سیمان**، تنها از سیمان پرتلند مطابق با استاندارد بند ۲-۵، برای بتن‌هایی با وزن معمولی یا بتن سبک وزن، استفاده کنید مگر اینکه چیز دیگری تعیین شده باشد. اگر از هر نوع دیگری از مواد سیمانی (مثلاً سرباره، خاکستر بادی، فوم سیلیسی یا پودر سنگ آهک) یا مکمل‌های شیمیایی (مانند عامل هواساز، کاهنده آب، فوق-کاهنده آب، مکمل‌های کنترل جمع‌شدگی، بازدارنده‌های خوردگی شیمیایی، مجموعه کاهنده‌ها و افزایش‌دهنده‌ها) در قطعات آزمونی بتنی استفاده می‌شود، آن‌ها را گزارش کنید.

(ج) **مقاومت بتن**، آزمون‌های مقاومت فشاری باید مطابق با استاندارد بند ۱-۲ و استاندارد بند ۲-۳، آماده‌سازی و آزمون شوند.

(د) آزمون‌های استوانه‌ای بتنی را مطابق با استانداردهای بند ۲-۱ و ۲-۳، تحت شرایط محیطی یکسان با شرایط قطعات آزمونی، عمل‌آوری کنید. قالب‌ها را هم‌زمان با آزمون‌های استوانه‌ای باز کنید که قطعات آزمونی از قالب خارج شده‌اند. اگر چیز دیگری تعیین نشده باشد، در زمان انجام آزمون میل‌مهاری، سن بتن باید حداقل ۲۱ روز باشد. مقاومت فشاری قطعه آزمونی بتنی را در زمان انجام آزمون میل‌مهاری با درون‌یابی بین مقاومت‌های آزمون کنترلی در شروع و پایان انجام آزمون یا در فواصل نزدیکتر، همان‌طوری که تعیین شده است، تعیین کنید. به طور متناوب، آزمون‌های کنترلی کافی را آزمون کنید تا یک نمودار مقاومت در مقابل زمان، ترسیم شود، و از درون‌یابی برای تخمین مقاومت بتن، در روز آزمون استفاده کنید.

(پ) در هنگام ارزیابی نتایج آزمون، این سوال وجود دارد که آیا مقاومت استوانه‌های بتنی ارائه کننده مقاومت قطعات آزمونی است. مقاومت فشاری را برای حداقل ۳ مغزه با قطر ۷۵ میلی‌متری تا ۱۵۰ میلی‌متری را که از بیرون قطعه آزمونی در مناطقی که بتن با انجام آزمون میل‌مهاری آسیب دیده است، تعیین کنید. آزمون‌های مغزه را آماده‌سازی کنید و آن‌ها را در شرایط خشک، آزمون کنید و نتایج را مطابق با استاندارد بند ۲-۴، ارزیابی کنید.

۶-۳ قطعات آزمونی بتنی ترک‌نخورده

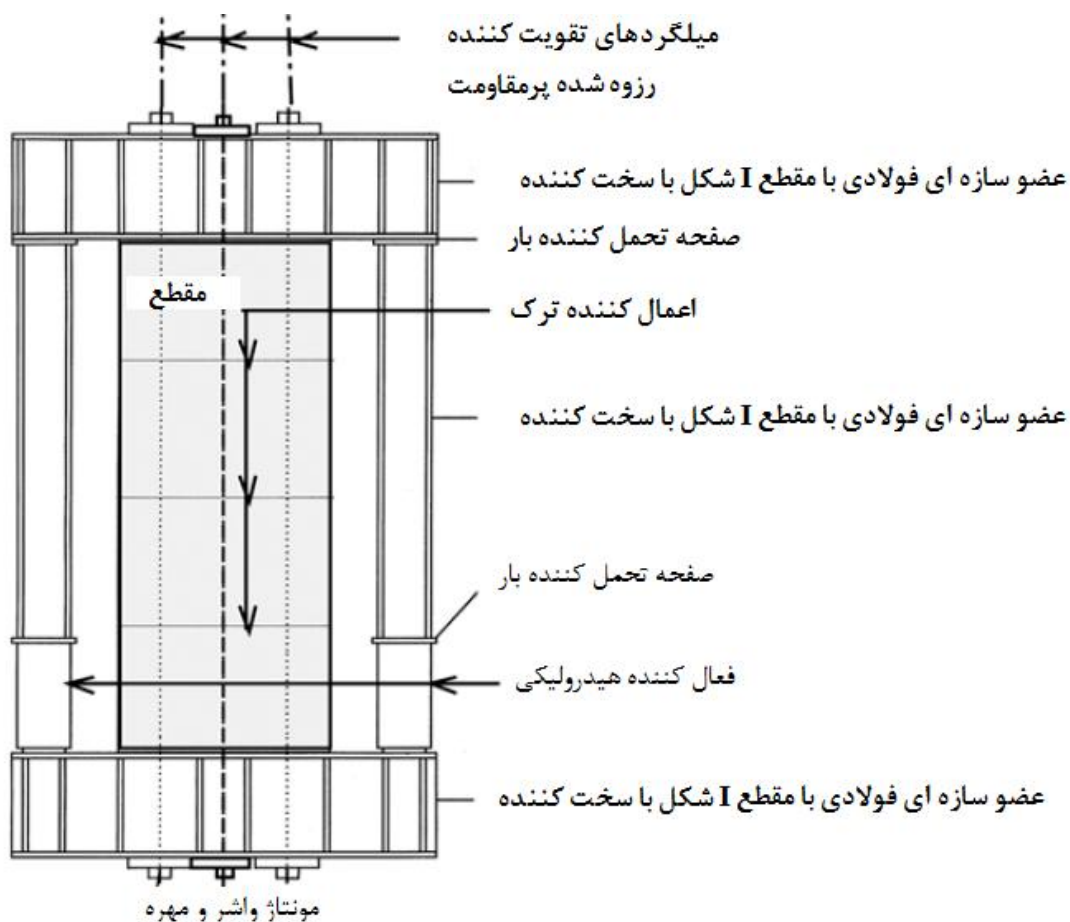
از قطعات آزمونی که تقویت نشده‌اند استفاده کنید، مگر آنچه که در بند ۶-۳-۱ مجاز دانسته شده باشد.

۶-۳-۱ قطعه آزمونی مجاز است که برای جابجایی و یا توزیع بارهای منتقل شده توسط وسائل آزمونی، یا هر دو آن‌ها، دارای تسلیح کننده باشد. این تسلیح کننده را تا جایی که بر ظرفیت میل مهار آزمون شده تاثیر نگذارد، قرار دهید. باید تناسب این الزامات بررسی شود که اگر تقویت کننده در خارج از یک مخروط بتنی قرار گرفته است، کدام راس در میل مهار، کدام پایه بطور عمود بر جهت بار و کدام زاویه راس درونی برابر با 120° درجه است.

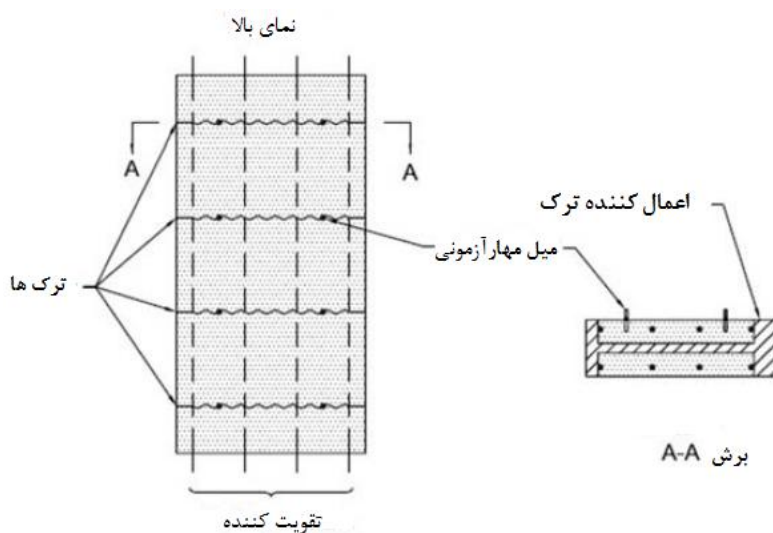
۶-۴ قطعات آزمونی بتنی شکسته شده

قطعه آزمونی مجاز است که برای جابجایی و یا توزیع بارهای منتقل شده توسط وسائل آزمونی، یا هر دو آن‌ها، که دارای تسلیح کننده باشد. این تسلیح کننده‌ها را تا جایی که بر ظرفیت میل مهار آزمون شده تاثیر نگذارد، قرار دهید. شکل ۷ را برای قطعه آزمونی بتنی ارائه شده برای بتن‌های ترک خورده را ببینید.

۶-۴-۱ عرض گسیختگی باید در تمام ضخامت قطعه، تقریباً یکسان باشد. ضخامت قطعه آزمونی نباید کمتر از $1/5 h_{ef}$ و بیشتر از ۱۰۰ میلی‌متر باشد. برای کنترل موقعیت گسیختگی‌ها و کمک به اطمینان از اینکه میل-مهاری در همه عمق گسیختگی‌ها نصب شده‌اند، نصب کاهنده گسیختگی در قطعه مجاز است، که تاثیری بر نتایج آزمون نداشته باشد. برای قطعات آزمونی که از تسلیح کننده درونی برای کنترل پهنای گسیختگی استفاده شده است، مقاومت را تا جایی قرار دهید که بر عملکرد میل‌مهاری تاثیری نگذارند. از یک نسبت تسلیح با حدود ۱ درصد سطح مقطع، استفاده کنید. در مخروط گسیختگی بتن، باید تسلیح مجاز شده باشد. فاصله مرکز تا مرکز بین تقویت و میل مهار کننده باید بیش از $0.4 h_{ef}$ باشد و فاصله مرکز تا مرکز بالا و پایین تسلیح کنترل کننده گسیختگی، نباید کمتر از ۲۵۰ میلی‌متر باشد.



شکل ۶ - مثالی از آماده سازی آزمون ترک خوردگی بتن



شکل ۷ - مثالی از قطعه آزمونی برای انجام آزمون در بتن شکسته شده

۶ روش‌های کلی انجام آزمون

۶-۱ نصب میل‌مه‌ار، میل‌مه‌ارها را مطابق با دستورالعمل‌های سازنده، نصب کنید. جزئیات نصب را مطابق با بند ۱۵-۱-۷، گزارش کنید.

۶-۲ قرار دادن میل‌مه‌ار، میل‌مه‌ارها را در یک وجه شکل داده شده از بتن یا در بتنی که با ماله پرداخته شده است نصب کنید.

۶-۳ الزامات مته، حفره‌ها را با استفاده از یک مته چکشی (دورانی - ضربه‌ای) محکم شده کاربیدی، حفاری کنید. مته چکشی باید مطابق با جدول ۳ باشد، مگر اینکه چیز دیگری تعیین شده باشد. مبنای جدول ۳، استاندارد بند ۲-۱۸ است. برای مته‌های مغزه یا دیگر مته‌هایی که در جدول ۳ داده نشده‌اند، از یک محدوده تغییر مشابه با مواردی که در جدول ۳ ارائه شده‌اند، استفاده کنید، مگر اینکه چیز دیگری تعیین شده باشد.

جدول ۳ - قطرهای مورد نیاز مته‌های مته چکشی کاربیدی

قطر ظلمری mm	محدوده تغییرات		
	d_{min} mm	d_m mm	d_{max} mm
6	6.05 to 6.15	6.20 to 6.30	6.35 to 6.40
7	7.05 to 7.20	7.25 to 7.35	7.40 to 7.45
8	8.05 to 8.20	8.25 to 8.35	8.40 to 8.45
10	10.10 to 10.20	10.25 to 10.35	10.40 to 10.45
11	11.10 to 11.20	11.25 to 11.35	11.45 to 11.50
12	12.10 to 12.20	12.25 to 12.35	12.45 to 12.50
13	13.10 to 13.20	13.25 to 13.35	13.45 to 13.50
14	14.10 to 14.20	14.25 to 14.35	14.45 to 14.50
15	15.10 to 15.20	15.25 to 15.35	15.45 to 15.50
16	16.10 to 16.20	16.25 to 16.35	16.45 to 16.50
18	18.10 to 18.20	18.25 to 18.35	18.45 to 18.50
19	19.10 to 19.20	19.30 to 19.40	19.50 to 19.55
20	20.10 to 20.20	20.30 to 20.40	20.50 to 20.55
22	22.10 to 22.20	22.30 to 22.40	22.50 to 22.55
24	24.10 to 24.20	24.30 to 24.40	24.50 to 24.55
25	25.10 to 25.20	25.30 to 25.40	25.50 to 25.55
28	28.10 to 28.20	28.30 to 28.40	28.50 to 28.55
30	30.10 to 30.20	30.30 to 30.40	30.50 to 30.55
32	32.15 to 32.25	32.35 to 32.50	32.60 to 32.70
34	34.15 to 34.25	34.35 to 34.50	34.60 to 34.70
35	35.15 to 35.25	35.35 to 35.50	35.60 to 35.70
37	37.15 to 37.25	37.35 to 37.50	37.60 to 37.70
40	40.15 to 40.25	40.40 to 40.60	40.70 to 40.80
44	44.15 to 44.25	44.40 to 44.60	44.70 to 44.80
48	48.15 to 48.25	48.40 to 48.60	48.70 to 48.80
52	52.15 to 52.25	52.40 to 52.60	52.80 to 52.95

۴-۶ تعداد آزمون‌ها میل‌مهار

حداقل تعداد آزمون‌ها میل‌مهار مشابه، باید به عنوان بخشی از برنامه انجام آزمون، تعیین شده باشد.

۵-۶ انجام آزمون بتن ترک‌خورده

برای انجام آزمون میل‌مهاری در بتن ترک‌خورده، از روش‌های تعیین شده در بندهای ۱-۵-۶ تا ۳-۵-۶، استفاده کنید.

۱-۵-۶ آزمون‌های بتنی را مطابق با بند ۴-۵، با عرض ترک‌خوردگی که برای آزمون، تعیین شده است، انجام دهید. ترک اولیه را ایجاد کرده و میل‌مهاری را در یک ترک‌خوردگی بسته‌شده مطابق با بند ۱-۷، طوری نصب کنید که محور میل‌مهار، تقریباً در صفحه ترک قرار گیرد. دستگاه‌های اندازه‌گیری را برای اندازه‌گیری پهنای ترک‌ها، نصب کنید، ترک‌ها را تا پهنای ترک تعیین‌شده در زمانی که میل‌مهار بارگذاری نشده است، عریض و باز کنید. بازشدگی ترک را با استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری که نسبت به ترک، بطور عمودی قرار گرفته‌اند، اندازه‌گیری کنید.

۲-۵-۶ در حالی که پهنای ترک را نظارت و بررسی می‌کنید، میل‌مهار را در معرض توالی بارگذاری تعیین شده، قرار دهید.

۳-۵-۶ در مدت زمان انجام آزمون، یک ثبت ممتد از بار وارده بر جابجایی میل‌مهار، و پهنای ترک برای آزمون چرخه‌ای ترک را برقرار کنید.

۶-۶ بار اعمالی

۱-۶-۶ بار اولیه

بار اولیه تا ۵ درصد از بیشینه ظرفیت بار تخمین‌زده شده از سامانه میل‌مهاری آزمون‌شده را با آوردن همه قطعات به درون تکیه‌گاه کامل، بکار ببرید.

۲-۶-۶ نرخ بارگذاری

بار یا جابجایی را تا جایی افزایش دهید که بار بیشینه، بعد از ۱ دقیقه تا ۳ دقیقه از شروع آزمون، رخ دهد.

۳-۶-۶ کنترل بارگذاری یا جابجایی

آزمون را تحت کنترل بار یا جابجایی، هدایت کنید. اگر پوش نزولی منحنی بار - تغییر مکان، مطلوب است، از پوش کنترل - تغییر مکان استفاده کنید.

بار و جابجایی در یک نرخ آزمونه برداری کافی برای منحنی‌های تقریبی بار - تغییر مکان ممتد و مقادیر بیشینه بدست آمده را ثبت کنید. برای انجام آزمون استاتیک، یک نرخ آزمونه برداری یک بر ثانیه، قابل قبول است.

۷ آزمون‌های بار یکنواخت

۷-۱ آزمون‌های بار کششی در بتن ترک نخورده

۷-۱-۱ آزمون‌های کششی برای میل‌مهارهای منفرد، بدون لبه و اثرات فاصله گذاری

۷-۱-۱-۱ برای انجام آزمون، سامانه بارگذاری را بر میل‌مهار یا میل‌مهارها، طوری متمرکز کنید که نگهدارنده-های سامانه آزمونی متناسب با الزامات جابجایی جدول ۲ باشند (اشکال ۱ تا ۳ را ببینید). تماس یکسانی را بین سطح قطعه آزمونی و سامانه نگهدارنده، فراهم کنید. در مرتب‌سازی نهایی سامانه نگهدارنده، مطمئن شوید که نیروهای اعمالی در میلگرد بارگذاری، عمود بر سطح بخش قطعه آزمونی، قرار گرفته باشد. مقدار گشتاور پیچشی یا پیش کشیدگی اعمالی بر میل‌مهار توسط مهره اتصال دهنده یا وسایل قفل کننده، و روش‌های استفاده شده باید برای هر سری از آزمون‌ها، تعیین شده باشند.

۷-۱-۱-۲ در صورتی که چیز دیگری تعیین نشده باشد، میلگرد بارگذاری را طوری در موقعیت قرار داده و متصل کنید که باری که باید بکار رود، بطور هم مرکز با محور میل‌مهار باشد. در جاهایی که گروهی از میل‌مهارها به‌طور همزمان از میان یک تثبیت کننده یا چفت و بست بارگذاری معمولی، بارگذاری می‌شوند، جزئیات صلبیت چفت و بست و نقطه و زاویه اعمال بار را تعیین کنید.

۷-۱-۲ بررسی ظرفیت کامل بتن در گوشه، با دو لبه

این روش آزمون، نیاز دارد که ابزار بارگذاری مجاز برای یک ترک جدا شده مخروطی بتنی محدود نشده در گوشه، طراحی شود (شکل ۸ را ببینید). در جایی که تناسب با این الزامات ضروری است، وسایل بارگذاری باید از بیرون، قطعه آزمونی را مهار و نگهداری کند.

۷-۱-۳ حداقل فاصله گذاری و فاصله لبه‌ای برای جلوگیری از شکافتگی

میل‌مهارها را در بتن ترک نخورده، آزمون کنید. دو میل‌مهار را در حداقل فاصله گذاری (S_{min}) و حداقل فاصله لبه (C_{min}) در قطعات آزمونی با حداقل ضخامت (h_{min})، نصب کنید و برای میل‌مهار گزارش شود. دو میل‌مهار را در

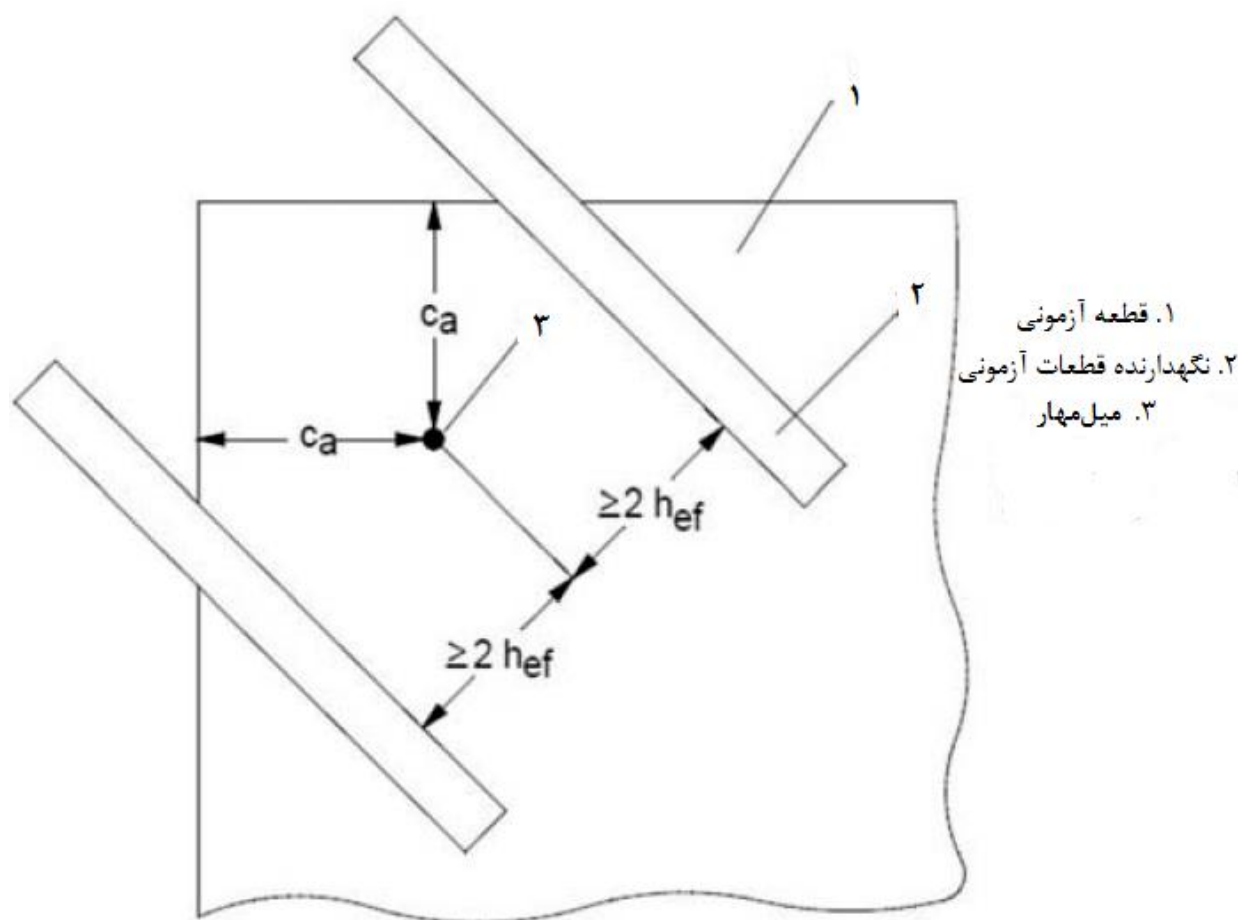
یک خط موازی با لبه یک عنصر آزمونی بتنی در یک فاصله حداقل $3h_{min}$ از گروه‌های دیگر، قرار دهید. بسته به ویژگی‌های میل‌مه‌ار، S_{min} ، C_{min} و h_{min} را انتخاب کنید.

استفاده از صفحات تحمل‌کننده بار مجزا برای هر میل‌مه‌ار، برای کشف و بررسی بهتر ترک‌های بتن مجاز است. فاصله لبه صفحه تحمل‌کننده بار از خط مرکزی میل‌مه‌ار، باید حداقل سه برابر قطر میل‌مه‌ار باشد.

۱-۳-۱-۷ برای میل‌مه‌ارهای کنترل شده با گشتاور پیچشی، بار را بر میل‌مه‌ار با گشتاوری پیچشی متناوبی در آزمون‌های $0.2T_{inst}$ ، اعمال کنید. بعد از هر رشد، سطح بتن را برای وجود ترک، بررسی کنید. در هنگامی که شکافتگی بتن یا گسیختگی میل‌مه‌ار، از رشد بیشتر گشتاور پیچشی جلوگیری می‌کند، آزمون را متوقف کنید. برای هر آزمون، بیشینه گشتاور پیچشی را ثبت کنید. گشتاور پیچشی را در شکل‌گیری اولین ترک مویی در یک یا هر دو میل‌مه‌ار و بیشینه گشتاور پیچشی که می‌تواند برای میل‌مه‌ارها اعمال شود را ثبت کنید.

۲-۳-۱-۷ برای میل‌مه‌ارهای ضعیف کنترل شونده با بار، میل‌مه‌ارهای پیچی و میل‌مه‌ارهای کاشت‌شده، میل‌مه‌ارها را مطابق با دستورالعمل‌های نصب سازنده، نصب کنید و گروه دو میل‌مه‌ار را در کشش، بارگذاری کنید تا گسیخته شود.

۳-۳-۱-۷ برای میل‌مه‌ارهای کنترل شده با جابجایی و میل‌مه‌ارهای ضعیف، که بدون نصب گشتاور پیچشی، به‌طور صحیح اجرا شوند، میل‌مه‌ارها را مطابق با دستورالعمل‌های نصب سازنده، نصب کنید و گروه میل‌مه‌ار را در کشش، بارگذاری کنید تا گسیخته شود.



شکل ۸ - مثالی از آماده‌سازی آزمون برای آزمون شکافتگی گوشه

۲-۷ آزمون‌های بار کششی در بتن‌های ترک‌خورده

۱-۲-۷ آزمون‌ها در یک ترک استاتیکی، آزمون‌ها را مطابق با بند ۱-۱-۷ انجام دهید، به جز در میل‌مهاری ارزیابی‌شده، برای استفاده در بتن ترک‌خورده، آزمون‌های کششی باید مجاز باشند تا در بتن ترک‌خورده با پهنای ترک (w)، انجام شوند.

۲-۲-۷ آزمون‌ها در بتن ترک‌خورده با پهنای ترک دورانی، جدول ۴، پارامترهای استفاده شده برای آزمون چرخه‌ای پهنای ترک، ارائه شده است، مگر اینکه چیز دیگری تعیین شده باشد. قبل از نصب میل‌مهار، باید پهنای ترک و چرخه‌های (n_{pt}) بسته شوند، تا اجازه داده شود تا شکل ترک پایدار شود. میل‌مهار را مطابق با بند ۱-۶، نصب کنید تا جایی که محور میل‌مهار، تقریباً در صفحه ترک قرار گیرد. بعد از کاشت میل‌مهار، ترک را با یک پهنای (w_1)، باز کنید. یک بار کششی اعمالی از (N_w) را اعمال کنید. پهنای ترک خوردگی چرخه‌ای بین بیشینه پهنای بازشدگی ترک (w_1) و حداقل پهنای ترک اولیه (w_3) را بکار گیرید

یادآوری - (W_1) یک عرض افزایش یافته ناشی از نصب میل‌مهار، است.

از آنجا که پهنای ترک بطور دوره‌ای، تغییر می‌کند، (N_w) را درون یک تغییر $\pm 5\%$ ، ثابت نگه‌دارید. ترک را (n_{ct}) بار در فرکانس تعیین شده، باز و بسته کنید. پهنای ترک (W_1) را ثابت نگه‌دارید. انتظار می‌رود که پهنای ترک در مدت زمان آزمون از مقدار اولیه آن از (W_3)، افزایش یابد (شکل ۹ را ببینید). اختلاف بین بزرگترین و کوچکترین پهنای ترک در مدت زمان هر چرخه (چرخه‌های باز و بسته‌شده)، باید حداقل ($W_1 - W_2$)، باشد. اگر در هر زمان در حین انجام آزمون، مقدار ($W_1 - W_2$) زیر حداقل مقدار تعیین شده باشد، یا مقدار کران پایین بار اعمالی ترک‌خورده را کاهش دهید، یا کران بالای بار را افزایش دهید، یا هر دو را تغییر دهید تا زمانی که حداقل مقدار ($W_1 - W_2$) به حالت اول برگردد.

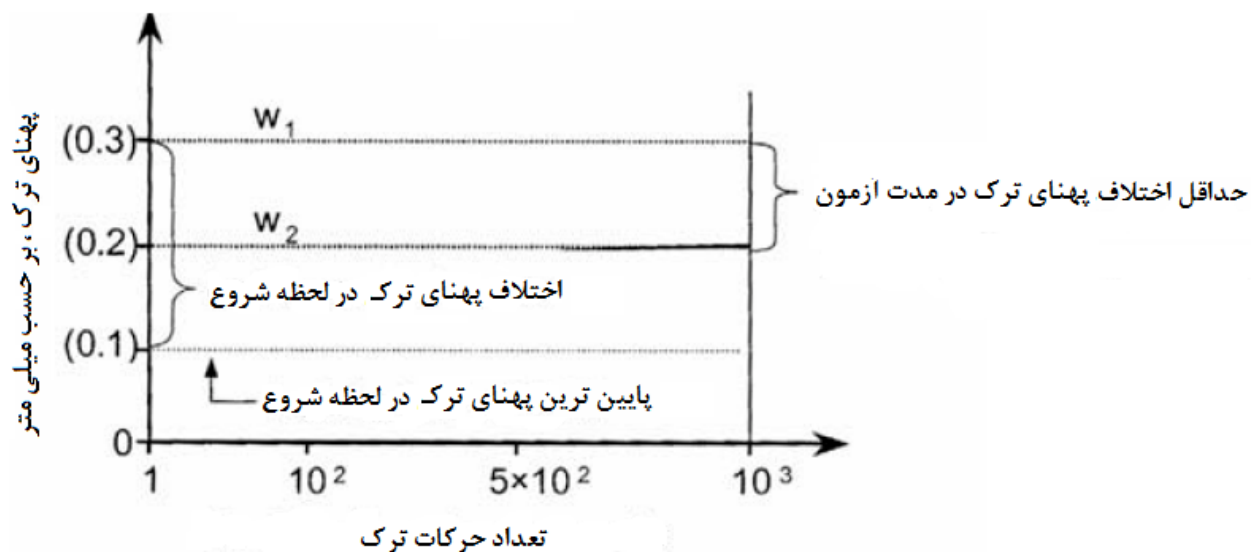
جدول ۴ - پارامترهای آزمون چرخه‌ای پهنای ترک

پارامتر	نماد	الف مقدار
چرخه‌های شکستگی قبل از آزمون مجاز	n_{pt}	۱۰
تعداد چرخه‌های آزمون	n_{ct}	۱۰۰۰
فراوانی چرخه‌های پهنای شکستگی	-	$\leq 0.2 \text{ Hz}$
بزرگترین پهنای ترک در مدت آزمون	W_1	$\geq (0.3 \text{ mm})$
کوچکترین پهنای ترک در مدت آزمون	W_2	$\geq (0.1 \text{ mm})$
کوچکترین پهنای ترک در شروع آزمون	W_3	(0.1 mm)
$W_1 - W_2$ کوچکترین مقدار		(0.1 mm)
بار استاتیک در زمان آزمون	N_w	$N_w = 0.2 N_{p,cr} \sqrt{f_{c,test} / f'_c}$

الف مقادیر توصیه شده، مگر اینکه چیز دیگری توسط معیارهای دیگر تعیین شده باشد

۸-۲-۲-۱ ارتباط بار - جابجایی با بار (N_w)، و سپس تا زیر بار (N_w)، اندازه‌گیری کنید. جابجایی میل‌مهار و پهنای بازشدگی ترک (W_1) و (W_2) را همان‌گونه که تعیین شده است، اندازه‌گیری کنید.

۸-۲-۲-۲ بعد از تکمیل چرخه‌های باز و بسته شدن ترک، بار میل‌مهار را تخلیه کنید، جابجایی باقی‌مانده را اندازه‌گیری کنید، یک آزمون کششی را تا یک پهنای ترک تعیین شده (W_1) در ابتدای آزمون کششی، انجام دهید.



شکل ۹ - الزامات پهنای خردشدگی برای چرخه‌ای کردن ترک

۷-۳ آزمون‌های ظرفیت برشی در بتن ترک‌خورده

۷-۳-۱ آزمون‌هایی برای میل‌مهار منفرد بدون لبه و تاثیرات فاصله‌گذاری

سامانه بارگذاری را به طوری قرار دهید که جابجایی نگهدارنده‌های سامانه آزمونی مطابق الزامات جدول ۱، باشد (شکل ۴ را ببینید). تکیه‌گاه در امتداد لبه قطعه آزمونی در جایی که، شکست، مقاومت برشی را محدود نمی‌کند، لازم نیست.

۷-۳-۲ قطعه آزمونی را در سامانه تکیه‌گاهی قرار داده و محکم کنید تا جایی که سطح آزمونی قطعه آزمونی، موازی با صفحه بارگذاری و محور میلگرد بارگذاری باشد. صفحه و میلگرد بارگذاری را بر قطعه آزمونی قرار دهید و آن را در محل خود با مهره مناسب یا دیگر ابزار قفل‌کننده که بطور ویژه برای نصب میل مهار خاص مورد آزمون، استفاده می‌شود، محکم کنید. مقدار نیروی استفاده شده بر صفحه بارگذاری با مهره‌های اتصال دهنده و ابزار قفل‌کننده باید برای هر سری از آزمون‌های انجام شده، یکسان باشد.

۷-۴ ظرفیت برشی در بتن ترک‌خورده

آزمون را مطابق با بند ۷-۳، انجام دهید، به استثناء آزمون میل‌مهارهای ارزیابی شده برای استفاده در بتن ترک‌خورده، آزمون‌های برشی باید در بتن ترک‌خورده با پهنای ترک w با بار کاربردی موازی با ترک، انجام شود.

۸ آزمون‌های بار دینامیکی

۸-۱ تکرار آزمون بار

میل‌مهار را در معرض یک بار کششی قرار دهید که به صورت سینوسی بین بیشینه و کمینه بارها، تغییر می‌کند. فراوانی بارگذاری و تعداد چرخه‌های بارگذاری، باید مشخص شود. جابجایی میل‌مهار را به طور پیوسته اندازه

بگیرید یا بزرگتر از بیشینه بار در طول اولین بارگذاری و سپس در فواصل مشخص شده بزرگتر از بیشینه تعداد فواصل. در پایان چرخه بارگذاری میل‌مهار را به صورت کششی، تا رسیدن به گسیختگی آزمون کنید.

۸-۲ آزمون‌های کششی لرزه‌ای شبیه‌سازی شده^۱

این آزمون‌ها را زمانی که ترک‌ها مشخص شدند، انجام دهید. میل‌مهار را در یک ترک بسته، مطابق بند ۶-۱ و ۷-۴-۱ نصب کنید. حد آستانه میل‌مهاری پیچ‌شده را با چفت همانطور که به وسیله تولیدکننده مشخص شده، آزمون کنید. ترک مویی اولیه و ترک‌های دیگر را تا مقدار مشخص شده باز کنید. توالی بارگذاری کششی سینوسی را به میزان مشخص اعمال کنید. عرض ترک، جابجایی میل‌مهار و نیروی کششی اعمالی را مطابق با بند ۶-۵ ثبت کنید.

۸-۲-۱ پس‌چرخه‌های کششی - لرزه‌ای شبیه‌سازی شده^۲

ترک را باز کنید تا عرضی که بیشتر از عرض شکاف باز شده‌ای که در پایان آزمون چرخه‌ای اندازه‌گیری شده باشد، و به میل‌مهار، بار کششی تا رسیدن به گسیختگی وارد کنید. بیشینه بار کششی (ظرفیت کششی باقی‌مانده) و جابجایی را ثبت کنید و منحنی نیرو - جابجایی را رسم کنید.

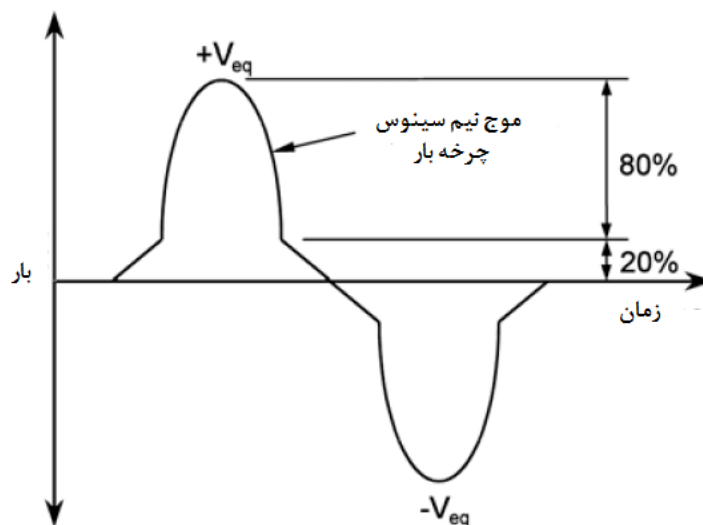
۸-۳ آزمون‌های برشی لرزه‌ای شبیه‌سازی شده^۳

این آزمون‌ها را در زمانی که ترک‌ها مشخص شدند، انجام دهید. میل‌مهار را در یک ترک بسته، مطابق بند ۶-۱ و ۷-۴-۱ نصب کنید. حد آستانه میل‌مهاری را با پیچ، همان‌طور که به وسیله تولیدکننده مشخص شده، آزمون کنید. شکستگی را تا مقدار مشخص شده باز کنید علاوه بر آن عرض مویی که ترک باز بود. توالی بارگذاری برشی سینوسی را در به میزان مشخص اعمال کنید که موازی با جهت ترک است.

فراوانی بارگذاری باید مشخص باشد. برای کاهش پتانسیل برای لغزش کنترل‌نشده در طول معکوس شدن بار، بارگذاری برشی بعدی باید اجازه داده شود که تقریباً با به کارگیری دو چرخه بار نیمه سینوسی در فراوانی مطلوب، با یک سرعت کاهش یافته و نیروی شیب‌دار شده همان‌طور که در شکل ۱۰ مشخص شده است، متصل شود. عرض شکاف، جابجایی میل‌مهار و نیروی برشی اعمالی را مطابق با بند ۶-۵ ثبت کنید و تاریخچه بار - جابجایی را به شکل حلقه‌های هیسترزیس^۴ رسم کنید.

بعد از چرخه‌های برشی لرزه‌ای شبیه‌سازی شده، ترک را باز کنید تا عرضی که بیشتر از عرض شکاف باز که در پایان آزمون برشی چرخه‌ای اندازه‌گیری شده، باشد و به میل‌مهار تا رسیدن به گسیختگی، بار برشی وارد کنید. بیشینه بار برشی (ظرفیت برشی باقی‌مانده) و جابجایی را ثبت کنید و منحنی بار - جابجایی را رسم کنید.

1- Simulated Seismic Tension Tests
2- After the simulated seismic-tension cycles
3- Simulated Seismic Shear Tests
4- Hysteretic



شکل ۱۰ - تخمین مجاز چرخه برشی لرزه‌ای شبیه‌سازی شده

۸-۴ آزمون‌های خستگی

۸-۴-۱ وسائل

هر وسیله آزمونی که در بخش دستگاه‌ها توصیف شده است و الزامات نرخ بارگذاری و دقت را فراهم می‌کند، اجازه استفاده دارد. وسائل آزمون نباید در طول آزمون‌ها، تشدید^۱ ارتعاشات ایجاد کنند.

۸-۴-۲ تعداد آزمون‌ها

تعداد آزمون‌ها را با توجه به هدف آزمون، مبنا قرار دهید. اگر هدف این است که در یک نیروی داده شده به محدوده یا زیر حد تاب^۲ برسیم (که $10^6 \times 2$ چرخه‌ها است)، سه آزمون که به محدوده رسیده‌اند، کافی است. اگر هدف آزمایش تعیین حد دوام (بیشینه نیرویی که به محدوده می‌رسد)، آزمون‌ها را مطابق با استاندارد بند ۲-۹ انجام دهید.

۸-۴-۳ روش کار آزمون خستگی

برنامه آزمون فرسودگی مشخص شده را به کار ببرید که شامل شیوه، سطوح بار، فراوانی و تعداد چرخه‌ها است. ۸-۴-۴ وقتی که یک آزمون چرخه‌ای کامل شد، یک نیروی کششی استاتیکی مطابق با بند آزمون‌های استاتیک برای تعیین ظرفیت باقی‌مانده و حالت گسیختگی مقطع، مطابق با بخش معیارهای گسیختگی بحرانی به کار ببرید.

1- Resonant

2- Endurance limit

۸-۵ آزمون ضربه

۸-۵-۱ وسایل

این استاندارد، قصد ندارد استفاده از هرگونه وسیله آزمون یا اعمال بار، که در بخش دستگاه‌ها توصیف شده‌اند را ممنوع کند.

۸-۵-۲ تعداد آزمون‌ها، با توجه به هدف و نوع آزمون ضربه، تعداد آزمون‌ها را تعیین کنید.

۸-۵-۲-۱ اگر هدف تعیین مقاومت میل مهار، تحت بار ضربه‌ای (با یک بزرگی و مدت مشخص) است، حداقل سه بار، هر قطر میل مهاری را در یک بار با بزرگی و مدت مخصوص، آزمون کنید.

۸-۵-۲-۲ اگر هدف، تعیین بیشینه بارگذاری ضربه‌ای یک میل مهار است که می‌تواند بدون گسیختگی مقاومت کند، برای به دست آوردن گسیختگی میل مهار از یک روش آزمون مناسب استفاده کنید (از قبیل یک شیوه پلکانی). برای ایجاد بیشینه ظرفیت ضربه سامانه میل مهاری، سه آزمون میل مهار جداگانه در یک بار داده شده بدون گسیختگی، باید کافی باشد.

۸-۵-۳ مراحل آزمون ضربه

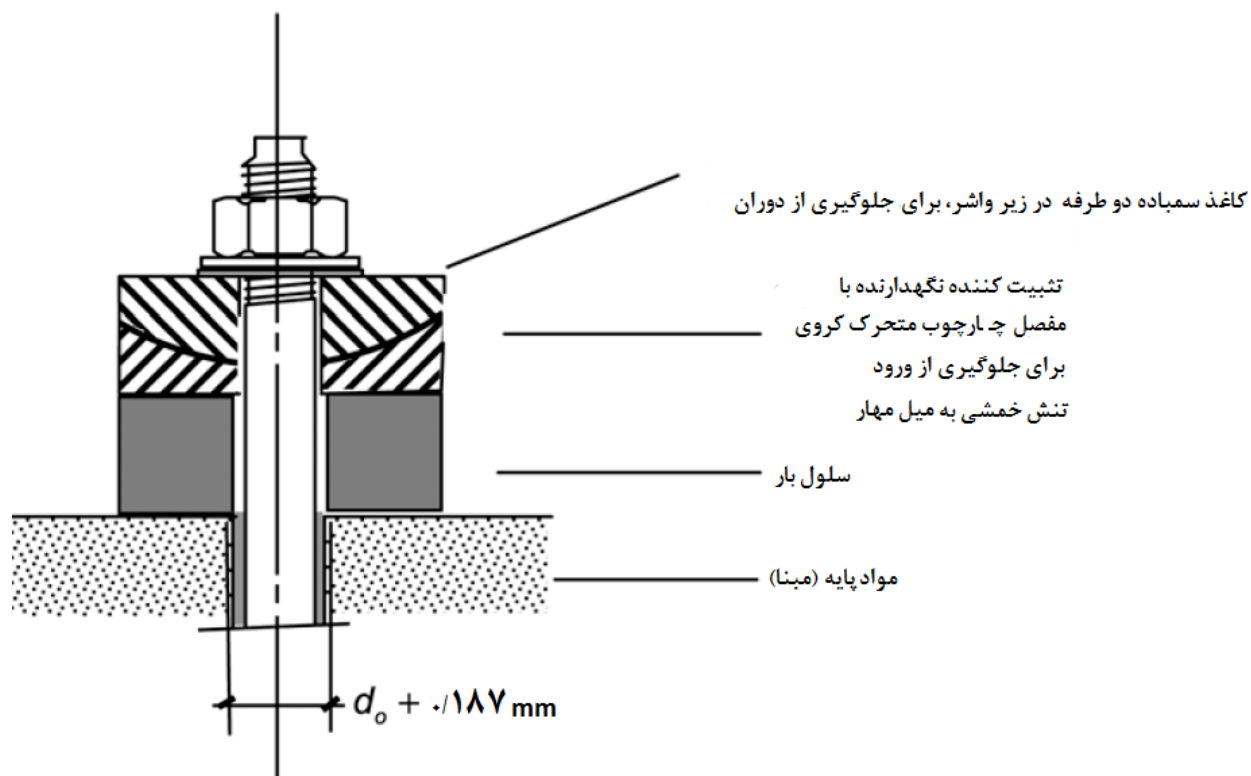
۸-۵-۳-۱ آزمون کششی، چگونگی سامانه بارگذاری، در بند ۷-۱-۱-۱ توصیف شده است.

۸-۵-۳-۲ آزمون برشی، چگونگی سامانه بارگذاری در بند ۷-۳-۱ توصیف شده است.

۸-۵-۴ نرخ بارگذاری کششی و برشی، تعداد ضربه‌های مشخص را برای هر میل مهار به صورت بارگذاری مثلثی (شیبدار)، با مدت ۳۰ میلی ثانیه در هر ضربه یا هر طور که مشخص شده است، به کار ببرید. بعد از اعمال بارهای ضربه‌ای، میل مهارها را در حالت کششی مطابق با بند آزمون‌های کششی، برای اندازه‌گیری ظرفیت کششی استاتیکی باقی‌مانده، آزمون کنید.

۹ آزمون‌های گشتاور پیچشی

۹-۱ شرایط کلی آزمون، شکل ۱۱، اجزا لازم آماده‌سازی برای آزمون را نشان می‌دهد. کاغذ سمباده دوطرفه یا معادل آن، باید زبری لازم را داشته باشند تا از چرخش و اشر در طول به کار بردن گشتاور چرخشی جلوگیری کند. سایر روش‌های جلوگیری از چرخش و اشر باید عملکرد میل مهار را تحت تاثیر قرار ندهند. گشتاور پیچشی افزاینده را اعمال کنید و گشتاور پیچشی و کشش اعمالی در چفت میل مهار را ثبت کنید.



شکل ۱۱ - مثالی از تنظیمات آزمون گشتاور پیچشی

۱۰ آزمون‌های تاثیرات محیطی برای میل‌مه‌ارهای کاشت‌شده

۱-۱۰ حساسیت به پاکیزگی سوراخ

این آزمون‌ها برای تعیین کمیت عملکرد میل‌مه‌ارهای کاشت‌شده در شرایط مختلف، انجام می‌شوند.

۱-۱-۱۰ حساسیت به پاکیزگی سوراخ، لایه خشک

۱-۱-۱-۱۰ این آزمون یک شیوه پاکیزگی سوراخ را فرض می‌کند که شامل دمیدن هوا به سوراخ و پاکیزگی دیواره سوراخ با یک برس است. سایر روش‌ها هم قابل قبول هستند، در هر حال دستورات تولیدکننده برای محصول، باید شامل جزئیات کافی برای تخمین کاهش عددی ناشی از پاکیزگی، باشد. برای شیوه‌های پاکیزگی سوراخ که شامل دمیدن و استفاده از برس است، جزئیات به صورت زیر است:

(۱) الزامات برای همه وسائلی که باید در پردازش استفاده شود شامل فشار هوا/خلا، مجموعه نازل لوله خرطومی و اجزای آن که مورد نیازند، و برس و اندازه‌ها.

(۲) شیوه‌های قابل قبول و حداقل تعداد و مدت عملکردهای مورد نیاز برای حذف گرد حاصل از حفاری از سوراخ (دمیدن هوا).

(۳) شیوه‌های قابل قبول و حداقل تعداد و مدت عملکردهای مورد نیاز برای حذف گرد حاصل از حفاری از دیواره سوراخ (استفاده از برس).

(۴) توالی‌های مورد نیاز عملکردها.

۱۰-۱-۱-۲ سوراخ را به سمت پایین حفر کنید تا به عمق تعیین شده به وسیله تولیدکننده، برسید. سوراخ را با استفاده از ۵۰٪ حداقل تعداد عملیات تعریف شده در بند ۱۱-۱-۱-۱ تمیز کنید. نیاز به تجدیدنظر توالی عملیات تعریف شده در بند ۱۱-۱-۱-۱ نیست. میل‌مهاری را مطابق با بند ۷-۱ نصب کنید. تنش محدود شده آزمون را مطابق با بند ۵-۴-۲ و ۸-۱-۱ ثبت کنید.

۱۰-۱-۲ حساسیت تمیز کردن سوراخ اشباع سازی شده با آب

۱۰-۱-۲-۱ برای سوراخ‌های حفر شده با سرمت حفاری کاربیدی

یک سوراخ آزمونی، رو به پایین تا عمق مشخص با یک سرمت‌های که تقریباً نیمی از قطر مشخص سوراخ را دارد، سوراخ کنید. مواد حاصل از حفاری را از سوراخ دور کنید. سوراخ آزمون را با آب پر کنید و مطمئن شوید که سوراخ برای ۸ روز (۹۲ ساعت) پر از آب می‌ماند. قبل از نصب میل‌مهار، تمام آب باقی‌مانده را با یک دستگاه مکش جمع‌آوری کنید و دوباره سوراخ را با یک سرمت مشخص حفر کنید. سوراخ را مطابق با بند ۱۰-۱-۱-۲ تمیز کنید. میل‌مهاری را مطابق با بند ۷-۱ کاشت کنید. آزمون کشش محدود شده را مطابق با بند ۴-۴-۲ و ۷-۱-۱ انجام دهید.

۱۰-۱-۲-۲ سوراخ‌های پاک شده با فشار آب

سوراخ را مطابق با بند ۱۰-۱-۲-۱ آماده و تمیز کنید، اگر دستورات نصب تولیدکننده، جریان سریع آب در سوراخ را قبل از نصب میل‌مهار مشخص کرده باشد، سوراخ را مطابق با دستورات تولیدکننده، پر از آب کنید. قبل از نصب میل‌مهار تمام آب که باقی مانده را با یک دستگاه مکش جمع‌آوری کنید. میل‌مهاری را مطابق با بند ۶-۱ نصب کنید. آزمون کشش محصور شده را مطابق با بند ۴-۴-۲ و ۷-۱-۱ اجرا کنید.

۱۰-۱-۳ حساسیت به پاکیزگی سوراخ با نصب میل‌مهار در بتن اشباع

۱۰-۱-۳-۱ برای سوراخ‌های حفر شده با یک سرمت کاربیدی

سوراخ را مطابق با بند ۱۱-۱-۲-۱ آماده و تمیز کنید. سوراخ را قبل از نصب میل‌مهار، با آب پر کنید. میل‌مهاری را مطابق با بند ۷-۱ نصب کنید. آزمون کشش محصور شده را مطابق با بند ۵-۴-۲ و ۸-۱-۱ اجرا کنید.

۱۰-۱-۳-۲ برای سوراخ‌های پاک شده با فشار آب

سوراخ را مطابق با بند ۱۰-۱-۲-۲ آماده و تمیز کنید. سوراخ را قبل از نصب میل‌مهار، با آب پر کنید. میل‌مهاری را مطابق با بند ۷-۱ نصب کنید. آزمون کشش محصور شده را مطابق با بند ۵-۴-۲ و ۸-۱-۱ اجرا کنید.

۱۰-۱-۴ حساسیت به پاکیزگی سوراخ با نصب میل‌مهار در بتن غوطه‌ور در آب

۱۰-۱-۴-۱ یک حفره آزمونی رو به پایین تا عمق مشخص با سرمت‌های که تقریباً نیمی از قطر مشخص سوراخ را دارد، حفر کنید. مواد حاصل از حفاری را از سوراخ دور کنید. سوراخ آزمون را با آب پر کنید و مطمئن شوید که سوراخ برای ۸ روز (۹۲ ساعت) پر از آب می‌ماند. سطح بالایی بتن اشباع از آب را با آب جاری تا حداقل عمق ۱۲ میلی‌متر بپوشانید. این عمق پوشش در تمام مدت آزمون شامل: حفر سوراخ، نصب میل‌مهار و خود آزمون باقی می‌ماند. دوباره سوراخ را در بتن غوطه‌ور در آب با قطر مشخص سرمت حفر کنید. سوراخ را مطابق با بند

۱۰-۱-۲-۱ تمیز کنید. میل مهارها را مطابق با بند ۶-۱ نصب کنید. آزمون کشش محصورشده را مطابق با بند ۵-۴-۲ و ۸-۱-۱ اجرا کنید.

۱۰-۲ حساسیت به نصب در بتن اشباع از آب، آزمون را مطابق با بند ۱۰-۱-۲ انجام دهید. پاکیزگی سوراخ مطابق با دستورات نصب تولیدکننده، انجام می‌شود. میل مهارها را مطابق با بند ۷-۱ نصب کنید. آزمون کشش محدود شده را مطابق با بند ۵-۴-۲ و ۸-۱-۱ اجرا کنید.

۱۰-۳ حساسیت به نصب در سوراخ پرشده با آب در بتن اشباع

آزمون را مطابق با بند ۱۰-۱-۳ انجام دهید. پاکیزگی سوراخ مطابق با دستورات نصب تولیدکننده، انجام می‌شود. میل مهارها را مطابق با بند ۷-۱ نصب کنید. آزمون کشش محصور شده را مطابق با بندهای ۴-۴-۲ و ۷-۱-۱ اجرا کنید.

۱۰-۴ حساسیت به نصب در بتن نیمه غوطه‌ور در آب

آزمون را مطابق با بند ۱۰-۱-۴ انجام دهید. پاکیزگی سوراخ مطابق با دستورات نصب تولیدکننده، انجام می‌شود. میل مهارها را مطابق با بند ۶-۱ نصب کنید. آزمون کشش محدودشده را مطابق با بندهای ۴-۴-۲ و ۷-۱-۱ اجرا کنید.

۱۰-۵ حساسیت به یخ زدن و آب شدن

۱۰-۵-۱ شرایط کلی آزمون، پس از آزمون‌های کششی محدود شده تا مرحله گسیختگی، آزمون‌های کششی ثابت را در بتن بدون ترک، انجام دهید.

۱۰-۵-۲ قطعه آزمونی شامل یک مکعب یا استوانه به طول یا قطر $300 \text{ میلی‌متر} \leq l_{\text{side}} \leq 200 \text{ میلی‌متر}$ برای میل‌مهار با قطرهای ۱۲ میلی‌متر تا ۱۶ میلی‌متر. برای قطرهای (d) میل‌مهار بزرگتر از ۱۶ میلی‌متر قطعه آزمونی باید طول $25d \leq l_{\text{side}} \leq 15d$ داشته باشد. ابعاد قطعه آزمونی، باید طوری انتخاب شوند که از ترک خوردن این قطعه در طول آزمون، جلوگیری شود. باید از مقاومت بتن در برابر یخ زدن و آب شدن استفاده شود. جایی که مقاومت به کار می‌آید (به طور مثال در سیلندر فولادی)، ابعاد آزمون ممکن است کاهش یابد.

۱۰-۵-۳ میل مهارها را نصب کنید و از آنها در دماهای استاندارد مراقبت کنید.

۱۰-۵-۴ سطح بالایی قطعه آزمونی را با آب در شعاع حداقل ۷۶ میلی‌متر از مرکز میل‌مهار آزمونی پر کنید. حداقل عمق ۱۲ میلی‌متر را در سراسر آزمون حفظ کنید. تمام سطح روباز قطعه آزمونی را برای جلوگیری از تبخیر آب، آب‌بندی کنید. با نیروی کششی ثابت تعیین شده ($N_{\text{sust,ft}}$)، میل مهار را بارگذاری کنید.

۱۰-۵-۵ تعداد چرخه‌های یخ زدن و آب شدن مشخص شده را طبق زیر انجام دهید:

۱۰-۵-۵-۱ بار ($N_{\text{sust,ft}}$) را در سراسر آزمون یخ زدن و آب شدن ثابت نگه دارید.

۱۰-۵-۵-۲ دمای مخزن را در یک ساعت تا $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ درجه سلسیوس افزایش دهید.

۱۰-۵-۵-۳ مخزن را در $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ درجه سلسیوس برای ۷ ساعت دیگر ثابت نگه دارید.

۱۰-۵-۵-۴ درجه حرارت مخزن را تا $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ درجه سلسیوس در مدت ۲ ساعت کاهش دهید.

۱۰-۵-۵-۵ درجه حرارت مخزن را در $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ درجه سلسیوس برای ۱۴ ساعت دیگر ثابت نگه دارید.

- ۱۰-۵-۶ جابجایی‌ها را در طول چرخه‌های دمایی اندازه بگیرید.
- ۱۰-۵-۷ اگر آزمون متوقف شد، آزمون‌ها را در درجه حرارت (20 ± 2) درجه سلسیوس بین چرخه‌ها، نگهداری کنید.
- ۱۰-۵-۸ بعد از تکمیل ۵۰ چرخه، آزمون کشش محدود شده را در درجه حرارت استاندارد انجام دهید.
- ۱۰-۶ حساسیت به بار ثابت شده
- ۱۰-۶-۱ کلیات، آزمون‌های کششی ثابت نگه داشته شده را در بتن بدون ترک، انجام دهید، با این هدف که آزمون‌های کششی محدود شده، به مرحله ترک خوردگی برسد.
- ۱۰-۶-۱-۲ میل مهارها را در درجه حرارت‌های استاندارد نصب و مراقبت کنید.
- ۱۰-۶-۱-۳ آزمون‌های انجام شده در دماهای هدف توسط معیارهای تولیدکننده تعریف می‌شود.
- ۱۰-۶-۱-۴ کنترل درجه حرارت باید از طریق ترموکوپل‌ها^۱ در قطعه آزمونی بتنی انجام شود. این ترموکوپل‌ها باید در بیشینه فاصله ۱۵ میلی‌متر از سطح بتن تا قسمتی که میل‌مهارها باید نصب شوند، باشند. ترموکوپل‌ها باید در بتن یا در سوراخ‌های حفاری شده در قطعه آزمونی قرار گیرند. سوراخ‌های حفاری شده برای ترموکوپل‌ها باید بیشینه قطر ۱۲ میلی‌متر داشته باشند و باید به شیوه‌ای آب‌بندی شوند که قرائت درجه حرارت، درجه حرارت بتن را انعکاس دهد.
- ۱۰-۶-۱-۴ هر آزمون باید حداقل مدت ۴۲ روز را داشته باشد.
- ۱۰-۶-۲ آزمون بار ثابت
- ۱۰-۶-۲-۱ وقتی زمان ۴۸ ساعت دوره عمل‌آوری بتن تمام شد، درجه حرارت قطعه آزمونی باید تنظیم شود تا زمانی که درجه حرارت ثبت شده به وسیله ترموکوپل‌ها، در درجه حرارت هدف ثابت شوند. یک نیروی اولیه کششی نباید از کمتر از ۵٪ نیرو (۱۳۳۴ نیوتن) که باید به میل‌مهار، قبل از صفرشدن قرائت‌های جابجایی وارد شود، بیشتر شود. بعد از صفرشدن قرائت‌های جابجایی، نیرو را به میل‌مهار تا نیروی کششی ثابت افزایش دهید.
- ۱۰-۶-۲-۲ نیرو را بیشتر از نیروی کششی ثابت، نگه‌دارید و درجه حرارت را در درجه حرارت هدف، برای مدت آزمون، ثابت نگه دارید.
- ۱۰-۶-۲-۳ جابجایی میل مهار باید در مدت آزمون، گزارش شود. از آنجایی که جابجایی‌ها معمولاً در مراحل اولیه هستند، بنابراین حداقل برنامه پایش باید به صورت زیر باشد:
- (الف) در طول یک ساعت اول: هر ده دقیقه؛
- (ب) در طول شش ساعت بعدی: هر ساعت؛
- (ج) در طول ده روز بعدی: هر روز؛
- (د) بعد از آن: هر ۵ تا ۱۰ روز.

۱۰-۶-۲-۴ درجه حرارت‌ها در مخزن آزمون به صورت ± 3 درجه سلسیوس متغیرند که مربوط به تأثیرات فصلی و روزانه است. اما درجه حرارت مورد نیاز مخزن باید در مدت زمان بیشتر از مدت آزمون، به میانگین برسد. درجه حرارت قطعه آزمونی بتنی باید در فاصله زمانی بیشینه یک ساعت ثبت شود. متعاقباً درجه حرارت قطعه آزمونی بتنی باید در فاصله زمانی بیشینه ۲۴ ساعت ثبت شود. درجه حرارت اصلاح مخزن که برای حفظ درجه حرارت هدف آزمون ضروری است، در فاصله زمانی بیشینه یک ساعت ثبت می‌شود. ۱۰-۶-۲-۵ اگر درجه حرارت قطعه آزمونی بتنی به کمتر از حداقل درجه حرارت هدف (همراه با رواداری مجاز)، برای بیشتر از ۲۴ ساعت برسد، مدت آزمون باید با طولانی کردن این مدت بیشتر شود زیرا درجه حرارت کمتر از درجه حرارت هدف است.

۱۰-۶-۲-۶ در پایان اعمال نیروی ثابت آزمون، نیروی ثابت را حذف کنید و یک آزمون کششی محدودشده مطابق با بندهای ۵-۴-۲ و ۸-۱-۱ انجام دهید.

۱۰-۷ آزمون‌های کششی با کاهش درجه حرارت نصب

۱۰-۷-۱ این آزمون‌های کششی محدودشده انجام شده در بتن بدون ترک و شکاف و برای میل‌مهارهایی که در بتن نصب می‌شود و درجه حرارتی کمتر از ۱۰ درجه سلسیوس دارند، می‌باشند. عضوهای آزمون بتن باید حداکثر، ابعاد ۳۰۰ میلی‌متر، ۴۶۰ میلی‌متر و ۷۶۰ میلی‌متر داشته باشند. در این راستا، ۳۰۰ میلی‌متر بلندی استوانه با بیشینه قطر ۳۳۰ میلی‌متر نیز، مجاز به استفاده هستند. آزمون‌ها را به صورت زیر انجام دهید:

۱۰-۷-۱-۱ قبل از نصب، موقعیت میگرد میل‌مهار و قطعه آزمونی را تا درجه حرارت هدف (که کمترین درجه حرارت نصب توصیه شده به وسیله تولیدکننده است) درست کنید و آن درجه حرارت را برای ۲۴ ساعت حفظ کنید.

۱۰-۷-۱-۲ میل‌مهارها را در بتن در قطعه آزمونی، نصب کنید و به آن‌ها اجازه دهید که در درجه حرارت پایدار برای مدت عمل‌آوری بتن طبق دستورات تولید کننده، بمانند.

۱۰-۷-۱-۳ بلافاصله بعد از آن، قطعات آزمونی را از مخزن سرد بردارید و آن‌ها را در شرایط کششی آزمون کنید و مطمئن شوید که آن‌ها در درجه حرارت مورد نظر می‌مانند. یک ترموکوپل به قطعه آزمونی متصل می‌شود که برای تایید درجه حرارت در زمان آزمون استفاده می‌شود.

۱۰-۷-۲ وقتی که میل‌مهارهایی که برای نصب در بتن توصیه می‌شوند، درجه حرارت کمتر از ۵ درجه سلسیوس دارند، آزمون را با حداقل پنج میل‌مهار به صورت زیر انجام دهید:

۱۰-۷-۲-۱ قبل از نصب، موقعیت میگرد میل‌مهار و قطعه آزمونی را تا درجه حرارت هدف (که کمترین درجه حرارت توصیه شده برای نصب، توسط تولیدکننده است) فراهم کنید و آن درجه حرارت را، برای ۲۴ ساعت حفظ کنید.

۱۰-۷-۲-۲ میل‌مهارها را مطابق با دستورات نصب تولیدکننده، نصب کنید و به آن‌ها اجازه دهید که در درجه حرارت هدف برای مدت عمل‌آوری طبق دستورات نصب تولیدکننده، عمل‌آوری شود.

۱۰-۷-۲-۳ بلافاصله بعد از آن، یک نیروی کششی ثابت ($N_{sust,ft}$) اعمال کنید.

۱۰-۷-۲-۴ در حالی که پاسخ جابجایی را برای هر میل مهار ثبت می کنید، درجه حرارت را در مخزن آزمون با یک نرخ ثابت تا درجه حرارت استاندارد بیشتر از مدت زمان ۷۲ ساعت تا ۹۶ ساعت بالا ببرید. یک **ترموکوپل** که به قطعه آزمون، نصب شده ممکن است برای تایید درجه حرارت قطعه آزمونی در مدت زمان آزمون، استفاده شود. ۱۰-۷-۲-۵ وقتی قطعه آزمونی به درجه حرارت استاندارد می رسد، یک آزمون کششی محدود شده تا مرحله گسیختگی با اندازه گیری های پیوسته نیرو و جابجایی، انجام دهید.

۱۰-۸ به همراه آزمون ها، تاثیرات محیطی را ارزیابی کنید:

۱۰-۸-۱ شرایط کلی آزمون

اگر قطر بزرگتر از ۱۲ میلی متر است، آزمون ها را با میل مهارهایی با قطر تمام رشته^۱ ۱۲ میلی متر یا قطر کمتر انجام دهید. میل مهارها را، در قطعات آزمونی بتنی استوانه ای با حداقل قطر ۱۵۰ میلی متر کار بگذارید. قطعات آزمونی بتنی باید در قالب های فولادی یا پلاستیکی باشد که حداقل ضخامت مورد نیاز برای جلوگیری از ترک برداشتن قطعات در طول آزمون سوراخ کننده^۲ را دارد. تمام قطعات آزمونی باید از همان مجموعه بتن باشند. میل مهارها را در طول محور مرکزی قطعات آزمونی بتنی، مطابق با دستورات نصب تولیدکننده، نصب کنید. مواد میل مهار باید از فولاد غیرواکنشگر ساخته شده باشند. بعد از عمل آوری پیونددهنده ها، استوانه های بتنی که در آن ها میل مهارها نصب شده اند، باید با یک اره مته الماسی^۳ تا ضخامت (3 ± 3) میلی متر بریده شوند. در این راستا قطعات حاصل نباید خراب شوند. قطعات باید متقاطع با محور میل مهار باشند و باید شامل بتن، مواد پیونددهنده و قطعه میل مهار باشند. قسمت بالا و پایین آزمون ها را کنار بگذارید. حداقل ده آزمون برای هر محیط آماده کنید که این ده آزمون مرجعی برای شرایط آب و هوایی استاندارد می باشند.

۱۱-۸-۱-۱ نگهداری آزمون های مرجع

آزمون ها را تحت شرایط آب و هوایی طبیعی نگهداری کنید (دمای استاندارد و رطوبت نسبی (5 ± 5) درصد).

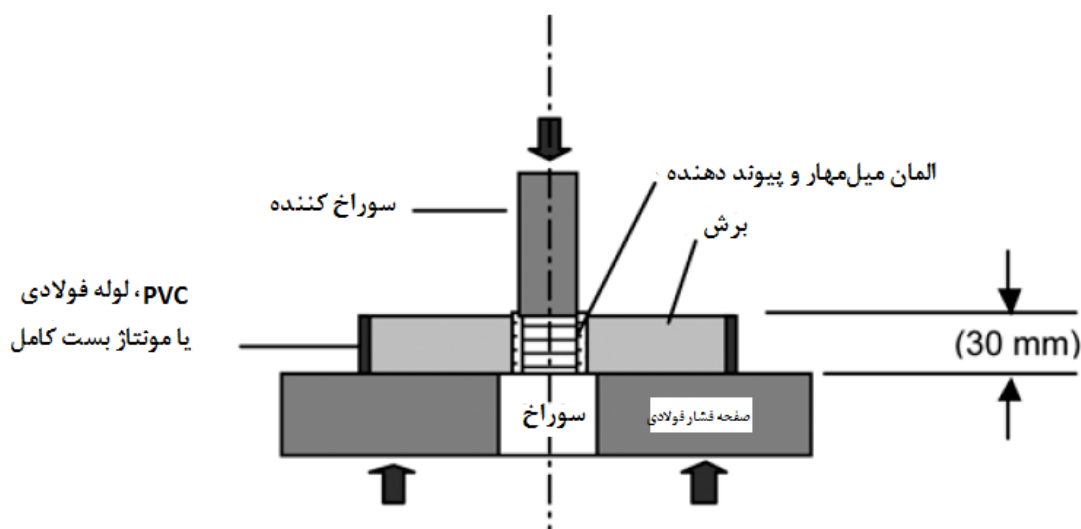
۱۱-۸-۱-۲ نگهداری قطعه ها در محیط تهاجمی روباز

قطعات را در محیط تهاجمی روباز برای مدت مشخص نگهداری کنید.

۱۱-۸-۲ آزمون های سوراخ کننده

بعد از اینکه زمان ذخیره تمام شد، به قطعات اجازه دهید که کاملاً قبل از آزمون، طبق بند ۱۱-۸-۲ خشک شوند. ضخامت را اندازه بگیرید و آن ها را در دستگاهی آزمون که عنصر فلزی، آن قسمت بتنی که اطراف میل-مهار است را سوراخ کند (شکل ۱۲ را ببینید). اعمال نیروی سوراخ کننده، به صورت مرکزی بر عنصر فلزی عمل می کند.

1- All-thread
2- Punch testing
3- Diamond saw into



شکل ۱۲ - آزمون سوراخ کننده

۱۱ آزمون‌های پیچ میل مهر

۱-۱۱ تنظیمات پیچ میل مهرها، روش‌های تنظیم اجازه داده شده برای پیچ میل مهرها باید به وسیله تولیدکننده انجام شود. برای آن سامانه‌هایی که پیچ با گشتاور پیچشی دارند، نصب گشتاور پیچشی باید مشخص شود. برای آن سامانه‌هایی که با یک ماشین (ISD)^۱ تنظیم می‌شوند، نوع ماشین و بیشینه قدرت خروجی آن باید مشخص باشد. متعاقبا مشخصات ماشین‌های قابل قبول از نظر قدرت خروجی هم باید مشخص باشد.

۱-۱۱-۲ در غیر اینصورت، پیچ میل مهر را نصب کنید تا اینکه با وسائل تماس پیدا کند و وسائل نباید به وسیله دست، حرکت بیشتری داده شوند.

۱-۱۱-۳ برای آن سامانه‌هایی که ممکن است با یک گشتاور پیچشی نصب یا با یک ماشین تنظیم شوند، میل-مهرها باید با یک آچار گشتاور پیچشی تنظیم شوند و گشتاور پیچشی (T_{screw}) نباید زیاد شود. اگر کاربرد نصب گشتاور پیچشی وسائل بر اثر ماندن، از دست برود، گشتاور پیچشی (T_{screw}) باید دوباره در یک سطح بالاتری ایجاد شود تا اینکه این شرایط خوب بماند یا اینکه فرض شود میل مهر نامناسب است. برای آن سامانه‌هایی که با محدوده‌ای از ماشین‌هایی که بیشینه قدرت خروجی آنها از سوی تولیدکننده مشخص است، تنظیم می‌شوند، باید از یک ماشین (ISD) با بیشینه قدرت خروجی مشخص از سوی تولیدکننده برای اندازه میل مهر استفاده شود. آزمایشگاه باید ماشین (ISD) را با بیشینه قدرت خروجی برای این کار انتخاب کند. برای نصب میل مهر از دستورات تولیدکننده پیروی کنید، وسائل هم باید به صورت دستی کنترل شوند تا مشخص شود، شل نشده باشند.

1- Impact screw driver

۱۱-۲ آزمون کششی تحت نیروی تکراری

۱۱-۲-۱ نصب

پیچ میل‌مهار را مطابق با بند ۱۲-۱ و دستورات زیر نصب کنید. پیچ میل‌مهار را روی یک واشر مایل تنظیم کنید (زاویه میل بزرگتر یا مساوی ۴ درجه، سختی بزرگتر یا مساوی ۳۲HRC)، اندازه سوراخ کمتر یا مساوی ۳ میلی‌متر. بیشینه ابعاد سر، باید با واشر مایل تماس داشته باشد. در مواردی که هندسه محصول شامل یک مغزی تحت، سر میل‌مهار است یا اینکه در مرکز یخ است، واشر مایل باید طوری ترتیب داده شود که مغزی نباید در تماس با واشر مایل باشد. موقعیت در شکل ۱۳ نشان داده شده، تابه نصب میل‌مهار است، راس پیچ میل‌مهار باید اجازه داده شود تا اندازه‌ای با واشر مایل تماس داشته باشد (شکل ۱۴ الف) را ببینید) یا در تماس کامل با واشر باشد (شکل ۱۴ ب) را ببینید). هر موقعیتی از راس میل‌مهار شامل موقعیت‌های حاد نشان داده شده در شکل ۱۴ باید قابل قبول باشد.

۱۱-۲-۱-۱ سختی مغزه آزمون‌های آزمون، باید به وسیله آزمون سختی مغزه در وسط طول تعداد پیچ‌های مشخص، ایجاد شود، رفتار گرمایی در همان زمان، مانند آزمون‌های پیچ باید آزمون شود. آزمون را مطابق با استاندارد بند ۲-۶ انجام دهید.

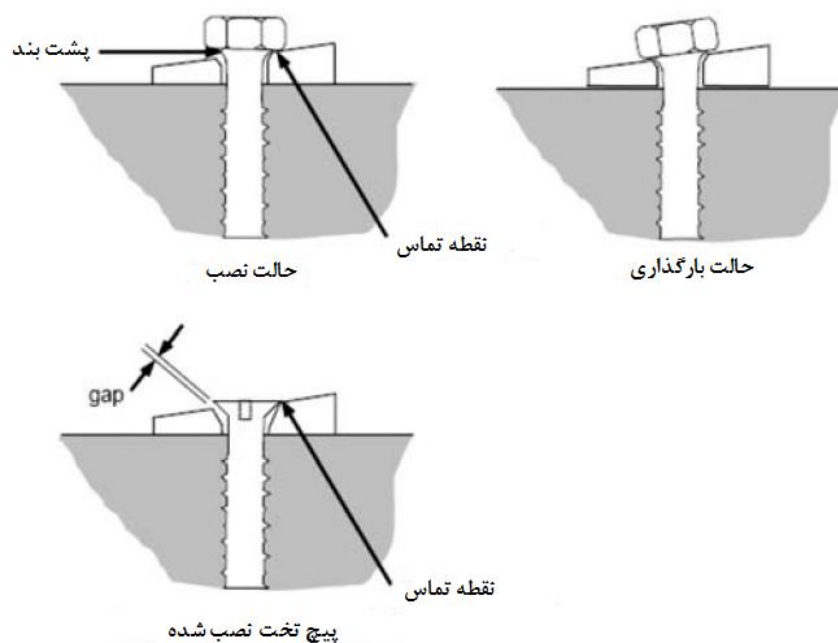
۱۱-۲-۲ پیچ‌های میل‌مهار را مطابق با بند ۸-۱ آزمون کنید.

۱۱-۳ پیچ‌های میل‌مهار را برای گسیختگی ترد، آزمون کنید:

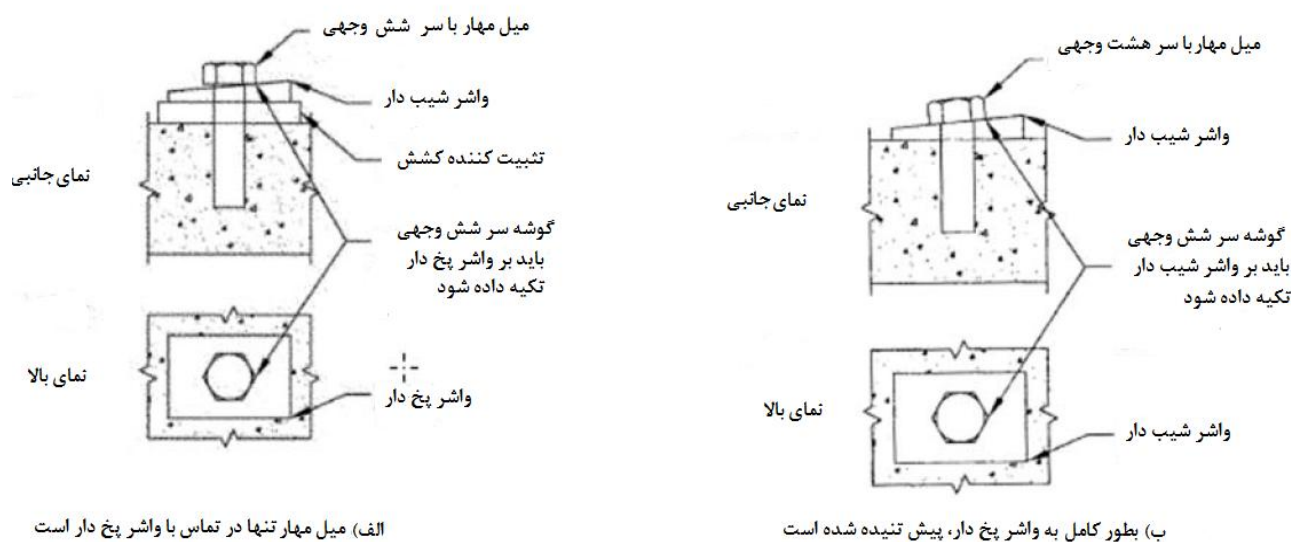
۱۱-۳-۱ این آزمون‌ها، حساسیت به شکنندگی در اثر تنش اعمالی را بررسی می‌کنند.

۱۱-۳-۲ سختی مغزه آزمون‌های آزمون، باید مساوی با حد بالایی محدوده سخت‌شدگی باشد با رواداری

$\pm 0.2 \text{HRC}$



شکل ۱۳ - هندسه واشرهای شیب‌دار برای اشکال سر متفاوت



الف) میل مهر تنها در تماس با واشر پخ دار است

ب) بطور کامل به واشر پخ دار، پیش تنیده شده است

شکل ۱۴ - موقعیت قابل قبول سر میل مهر در آزمون‌هایی با بارهای تکراری

۱۱-۳-۳ روش آزمون A (آزمون محدود شده)

۱۱-۳-۳-۱ پنج آزمون را روی همه قطرها از هر فرآیند ساخت، مواد، پوششی از یک لایه رنگ یا گچ و طراحی، انجام دهید. آزمون‌ها باید به حداقل عمق و حداکثر عمق در هر قطر، انتقال داده شوند. پیچ‌های بتن با شکل‌های

نوک مختلف و با بیشترین تنوع شکل نوک، باید آزمون شوند. اگر بیشترین تنوع شکل راس نمی‌تواند شناسایی شود، آزمون‌ها با شکل‌های نوک مختلف باید انجام شوند. پیچ‌های بتن باید در یک آزمون بتنی با مقاومت بالا و بدون ترک که حداقل مقاومت فشاری ۵۱/۷ مگاپاسکال مطابق با دستورات تولیدکننده را دارد، نصب شوند. جایی که گسیختگی فولاد در آزمون‌های مرجع اتفاق می‌افتد، مقاومت بتن با آن آزمون‌هایی که می‌توانند استفاده شوند، مطابقت دارد.

۱۱-۳-۲ حفره، باید با مته‌ای با قطر متوسط (d_m) حفر شود. آزمون بتن باید به اندازه کافی بزرگ انتخاب شود تا از گسیختگی جلوگیری شود. آزمون بتن باید بتواند در یک حلقه فولادی قالب‌گیری شود. تنها یک آزمون در یک آزمون بتن در یک زمان اجازه انجام دارد مگر اینکه آزمون بتنی که استفاده می‌شود توانایی جادادن بیش از یک میل‌مهار را داشته باشد. در محل پیچ بتن، یک مخزن بدون انتها یک محدوده‌ای با وسعت حداقل ۹۶۷۷ میلی‌متر مربع با ارتفاع حداقل ۲۵/۴ میلی‌متر را پوشش می‌دهد که باید به بتن بچسبد و با محلول اشباع کلسیم هیدروکسید^۱ دارای $PH = 12.6 \pm 0.1$ که در (25 ± 1) درجه سلسیوس اندازه‌گیری شده است، پر شود. در طول آزمون، سر پیچ بتن باید در سیال غوطه‌ور شود. درجه حرارت در طول آزمون باید در (23 ± 1) درجه سلسیوس حفظ شود. علاوه بر این میزان pH هم باید با اندازه‌گیری pH بعد از ۵ روز، ثابت نگه‌داشته شود. اگر میزان pH از میزان خطا بیشتر شود (که مربوط به تقابل با بتن است)، محلول باید جایگزین شود. مواد الکتروود دارای محافظ، باید از فولاد ضدزنگ یا از تیتانیوم^۲ فعال باشد. الکتروود مرجع به وسیله ترکیب آن تعریف می‌شود. دقت آن باید به وسیله واسنجی با یک الکتروود جدید (رواداری $\pm 20 \text{ mV}$) کنترل شود. نوک الکتروود مرجع باید در فاصله‌ای مساوی با $h_{nom} / 0.5$ از سطح بتن واقع شود (شکل ۱۵ را ببینید). این می‌تواند به وسیله عمق حفره مساوی با $h_{nom} / 0.5$ به دست آید. الکتروود مرجع و دارای محافظ، باید در سوراخ‌های حفاری شده با یک قطر تقریباً ۱/۵ میلی‌متر بزرگتر از قطر الکتروود قرار گیرند. الکتروود مرجع باید تا جایی که ممکن است نزدیک به پیچ بتن باشد و نباید دورتر از ۱۵۰ میلی‌متر باشد. قبل از آزمون، پوشش‌ها از هر نوعی باید برداشته شوند به شکل یک نوار طولی است تا به تکامل هیدروژن روی فولاد اجازه دهد.

پیچ بتن باید در معرض یک نیروی کششی ثابت $N_{sust,con} = \min\{0.7 N_{u,con,mean}, 0.5 N_{st,mean}\}$ در مدتی بیشتر از حداقل ۲۴۰ ساعت قرار بگیرد. $N_{sust,con}$ ، میانگین نیروی کششی نهایی آزمون‌های مرجع محدود شده است ضرب در:

$$\sqrt{\frac{f'_{c,test}}{f'_{c,ref}}}$$

در حین آزمون، یک پتانسیل الکتروشیمیایی ثابت باید ایجاد شود و باید با کنترل^۳ یا با سایر وسایل مناسب در^۴ که بر خلاف یک الکتروود جیوه سفید اندازه‌گیری شده، ثابت نگه‌داشته شود. یک آزمون قابل قبول در شکل ۱۶

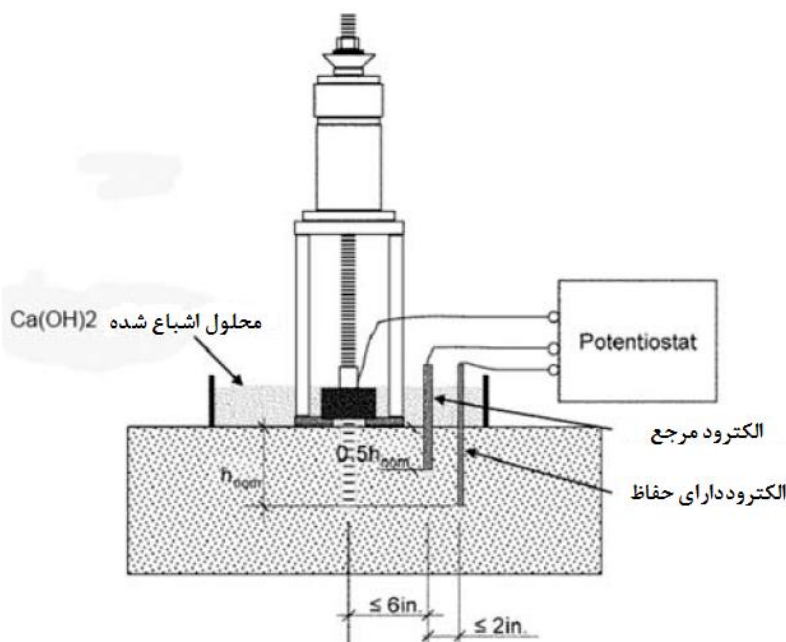
1- $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$

2- Titanium

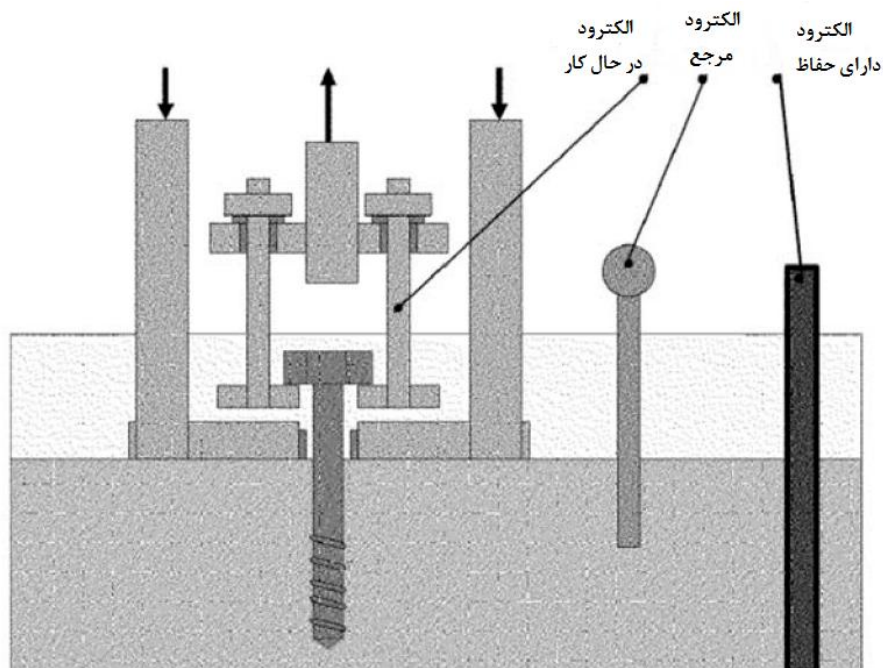
3- Potentiostatic

4- $-1200 \text{ mV} \pm 20 \text{ mV (SCE)}$

نشان داده شده است. انواع دیگر الکترودها (به طور مثال Ag/AgCl) ممکن است با تصحیح پتانسیل مناسب استفاده شوند. از نسبت نیروی ثابت آزمون پیروی کنید، نیرو را به پیچ میل مهر بتن، وارد نکنید و یک آزمون کششی محدودشده تا رسیدن به گسیختگی مطابق با بندهای ۴-۴-۲ و ۷-۱-۱ انجام دهید.



شکل ۱۵ - مثالی از تنظیمات آزمون محدودشده، برای بررسی تردشکنی پیچ‌های بتنی (روش آزمون A)



شکل ۱۶ - جزئیات اتصال برای میل مهر در مدت زمان آزمون برای تردشکنی پیچ‌های بتنی (روش آزمون A)

۱۲ دیگر آزمون‌ها

۱۲-۱ آزمون‌هایی برای میل‌مهارهای نصب‌شده در زیر نمای ساخته‌شده، میل‌مهارهای نصب‌شده مربوط به سقف کاذب فلزی در کف بتنی.

۱۲-۱-۱ این آزمون‌ها، قصد دارند تا عملکرد برشی و کششی میل‌مهارهای نصب‌شده مربوط به سقف کاذب فلزی در کف بتنی را ارزیابی کند.

۱۲-۱-۲ اعضا آزمونی برای انجام آزمون میل‌مهارهای نصب‌شده مربوط به سقف کاذب فلزی در کف بتنی، اجزا آزمونی که دارای کمترین ضخامت خاکریزی بتن، بیشترین عمق تخته‌گذاری برای قالب‌بندی دال‌های بتنی، حداقل پهنای شکاف و حداقل شکاف فلز تعیین‌شده، را قالب‌ریزی کنید. خاکریزی بتن باید بدون تقویت کننده باشد. خاکریزی بتن سبک وزن باید برای استفاده مجاز باشد. ممکن است اعضا آزمونی وارونه شوند و به صورت صاف بر روی کف تاسیسات آزمونی قرار گیرند تا آزمون برشی میل‌مهارهای نصب‌شده در تخته‌های قالب‌بندی دال‌های بتنی و درون خاکریز بتن، با سهولت انجام شود. جزئیات تنظیم آزمون، در شکل ۲۰ نشان داده شده است.

۱۳-۱-۳ نصب میل‌مهار

میل‌مهارها را در میان تخته‌های فلزی که برای قالب‌بندی دال‌های بتنی به کار می‌روند و درون بتن، مطابق با دستورالعمل‌های سازنده، نصب کنید. (شکل ۲۰ را ببینید). برای تعیین عملکرد میل‌مهار، در پایین‌ترین شیار کف فلزی، میل‌مهارهای آزمونی باید مانند مطابق با آنچه که در شکل ۲۰ ترسیم شده‌است، با بیشترین عقب‌نشینی از خط مرکزی پایین‌ترین شیار، نصب شوند. برای تعیین عملکرد میل‌مهار در بالاترین شیار تخته‌های فلزی، میل‌مهارهای فلزی باید در بالاترین شیار نصب شوند.

۱۲-۱-۴ آزمون کششی

آزمون‌های کششی را با اندازه‌گیری‌های مستمر بار و جابجایی، انجام دهید.

۱۲-۱-۵ آزمون برشی

آزمون‌های برشی را با اندازه‌گیری‌های مستمر بار و جابجایی، انجام دهید. جهت بار برشی باید در جهت نزدیک‌ترین لبه باشد، مگر اینکه چیز دیگری تعیین شده باشد.

۱۳ معیار گسیختگی

۱-۱۳ جابجایی و بار در گسیختگی، بیشینه بار آزمونی و جابجایی مربوطه را برای هر مجموعه آزمونی، تعیین کنید.

۲-۱۳ روش‌های گسیختگی، گسیختگی میل‌مهار، توسط یک یا چند شکل زیر، اتفاق می‌افتد:

۱-۲-۱۳ قطع بتن؛

۲-۲-۱۳ بیرون کشیدگی و کشیدگی همه‌جانبه^۱؛

۳-۲-۱۳ گسیختگی میل‌مهار؛

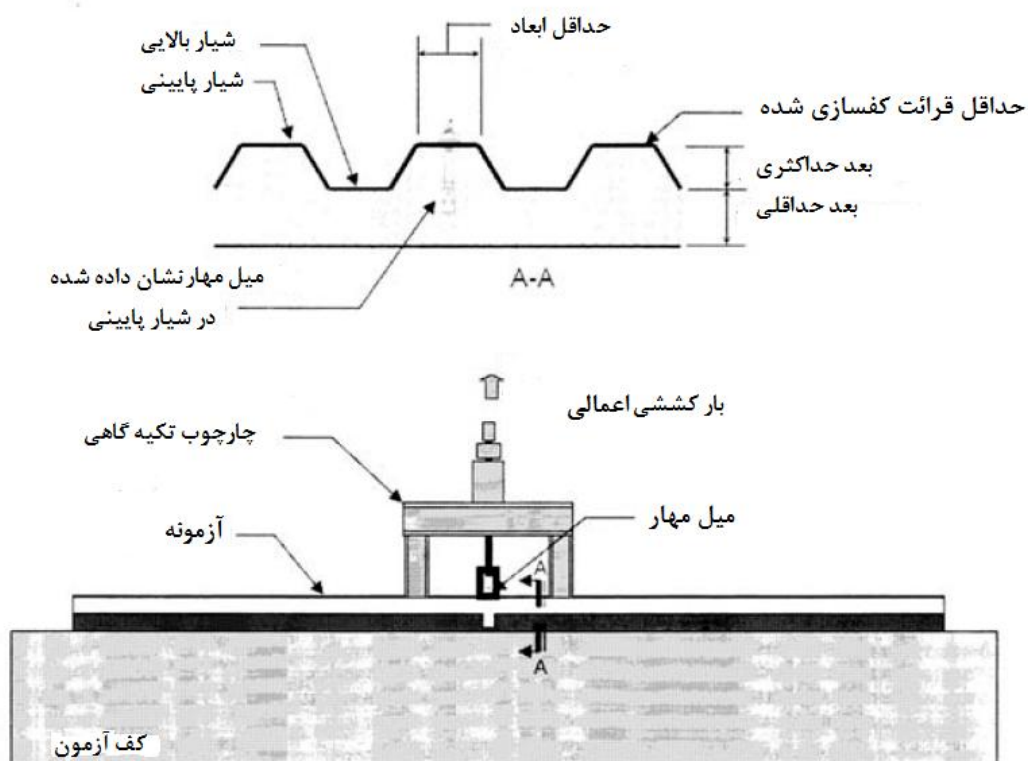
۴-۲-۱۳ اتصال؛

۵-۲-۱۳ برش؛

۶-۲-۱۳ اهرم‌شدگی^۲؛

۷-۲-۱۳ ترکیدگی در اثر فشار سطح جانبی.

1- Pull-through
2- Pryout



شکل ۲۰ - مثالی از آماده سازی برای میل مهارهای آزمونی در کف فلزی پر شده از بتن

۱۴ گزارش آزمون

۱-۱۴ اطلاعات کاربردی فهرست بندی شده در استاندارد ۲-۱۰، و دیگر اطلاعات مربوط به نوع آزمون انجام شده (استاتیک، لرزه ای، خستگی یا ضربه، مواد پایه ترک خورده یا بدون ترک)، و به ویژه موارد زیر را گزارش کنید:

۱-۱-۱۴ ارجاع به این استاندارد ملی ایران، تاریخ های آزمون و تاریخ گزارش؛

۲-۱-۱۴ آزمایشگاه و درخواست کننده آزمون؛

۳-۱-۱۴ شناسایی میل مهارهای آزمون شده: سازنده، نوع مدل، مواد، پرداخت، شکل، ابعاد و دیگر اطلاعات مربوط به آنها، مانند ترک ها و دیگر عیوب؛

۴-۱-۱۴ توصیف سامانه میل مهاری مورد آزمون و توصیف فیزیکی عنصر سازه ای شامل ابعاد، تقویت کننده های نصب شده و غیره؛

۱۴-۱-۵ عکس‌ها و نقشه‌های مفصل از آزمون‌های آزمونی قبل و بعد از انجام آزمون، اگر طور دیگری، بطور کامل تشریح نشده باشد؛

۱۴-۱-۶ ویژگی‌های فیزیکی عضو آزمونی درون میل‌مهراری که تعبیه شده‌اند شامل طرح مخلوط بتن، انواع سنگدانه‌ها، مقاومت فشاری در زمان آزمون، و سن عضو آزمونی در زمان آزمون؛

۱۴-۱-۷ توصیف روش، وسایل و مواد استفاده‌شده در نصب سامانه میل‌مهراری، و هرگونه انحراف از آنچه تعیین شده است؛

۱۴-۱-۸ در جاهایی که عملی است، سن سامانه میل‌مهراری از زمان نصب به ساعت یا روز؛

۱۴-۱-۹ شرایط دمایی در زمان نصب و در زمان انجام آزمون یا هر دمای دیگری که در بند ۱۱، مورد نیاز است؛

۱۴-۱-۱۰ عمق جا دادن میل‌مهرهای نصب‌شده بر حسب میلی‌متر؛

۱۴-۱-۱۱ گشتاور نیرو یا تعداد دورها (اگر این روش مجاز است)، که قبل از انجام آزمون، بر میل‌مهرها اعمال می‌شود؛

۱۴-۱-۱۲ توصیف روش آزمون، روش بارگذاری استفاده‌شده، سرعت واقعی بارگذاری، و جهت بارگذاری برشی؛

۱۴-۱-۱۳ تعداد آزمون‌های تکراری و نتایج همه تکرارهای آزمون شده؛

۱۴-۱-۱۴ مقادیر بار بیشینه میانگین و منفرد، بر حسب کیلونیوتن برای هر میل‌مهر آزمون شده، انحراف معیارها و ضرایب متغیرها، اگر عملی باشد؛

۱۴-۱-۱۵ مقادیر جابجایی میانگین و منفرد در بارهای نهایی، بر حسب میلی‌متر و انحراف معیارها، یا در هنگامی که منحنی‌های جابجایی - بار اختصاصی که چه بصورت مستقیم ترسیم شوند یا از سامانه کسب داده، دوباره پرینت شوند؛

۱۴-۱-۱۶ توصیف ماهیت و نوع گسیختگی که در معرض هر میل‌مهر آزمون‌شده، قرار گرفته است که در هنگامی که مقادیر عمر خستگی و منفرد و اختصاصی در چرخه‌ها یا تعداد فضای عمل چرخه‌های بار خستگی، را شامل می‌شوند؛

۱۴-۱-۱۷ عکس‌ها، طرح‌ها، یا توضیحات نوشته‌شده از شکل شکست مشاهده شده؛

۱۴-۱-۱۸ خلاصه یافته‌ها؛ و

۱۴-۱۹ فهرست‌بندی مشاهدات آزمون‌ها و امضاء افراد مسئول.

۱۵ دقت و اریبی

۱۵-۱ داده کافی برای بیان دقت و اریبی وجود ندارد.

پیوست الف

(الزامی)

روش آزمون جایگزین A

الف-۱ روش آزمون جایگزین A (آزمون محدود نشده)

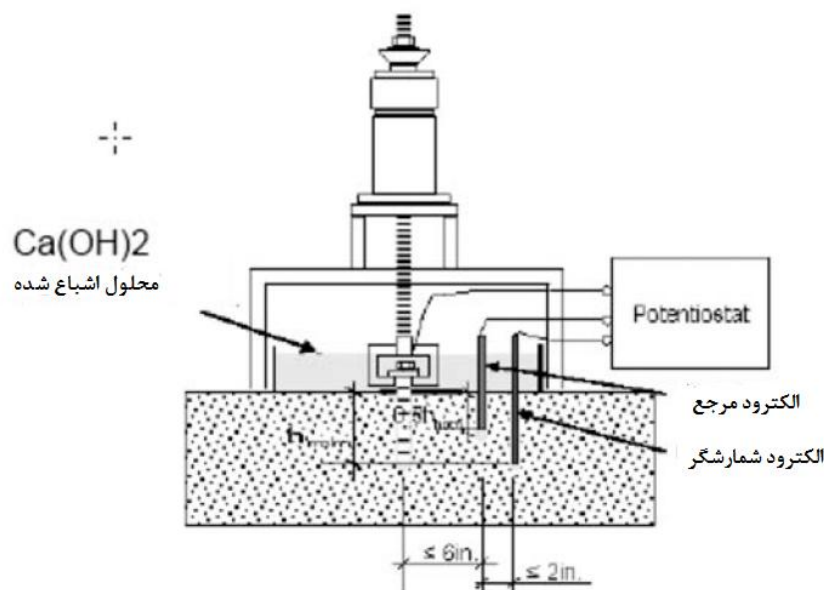
در روش آزمون جایگزین A، آزمون باید به عنوان آزمون محدود نشده با یک واشر مایل تحت سر میل مهر، انجام شود (شکل ۱۷ را ببینید). پنج آزمون را روی همه قطرها از هر فرایند ساخت، مواد، پوششی از یک لایه رنگ یا گچ و طرح و محاسبه، انجام دهید. آزمون‌ها باید به عمق کم و عمیق در هر قطر، انتقال داده شوند. پیچ‌های بتن با شکل‌های نوک مختلف با بیشترین تنوع شکل نوک، باید آزمون شوند. پیچ‌های بتن باید در یک آزمون بتنی با مقاومت بالا و بدون ترک که حداقل مقاومت فشاری $51/7$ مگاپاسگال مطابق با دستورات تولیدکننده را دارد، نصب شوند. جایی که گسیختگی فولاد در آزمون‌های مرجع اتفاق می‌افتد، مقاومت بتن با آن آزمون‌هایی که می‌توانند استفاده شوند، مطابقت دارد.

الف-۲ حفره‌ها باید با مته‌ای با قطر متوسط (d_m) حفر شود. آزمون بتنی باید به اندازه کافی بزرگ انتخاب شود تا از گسیختگی جلوگیری شود. آزمون بتنی باید بتواند در یک حلقه فولادی قالب‌گیری شود. تنها یک آزمون در یک آزمون بتنی در یک زمان اجازه انجام دارد مگر اینکه آزمون بتنی که استفاده می‌شود توانایی جادادن بیش از یک میل مهر را داشته باشد. پیچ میل مهر، باید روی یک واشر مایل (شیب دار)، تنظیم شود (زاویه مایل بزرگتر و یا مساوی 4° درجه، سخت‌شدگی بزرگتر از $(HRC 32)$ ، سوراخ ثابت بزرگتر مساوی 32 میلی‌متر). نوک ابعاد راس بیشینه، باید با واشر مایل در تماس باشد که موقعیت آن در شکل ۱۴ نشان داده شده است. راس پیچ میل مهر هم، ممکن است که تاحدی با واشر مایل در تماس باشد (شکل الف را ببینید) یا در تماس کامل با واشر باشد (شکل ۱۴ الف) را ببینید). هر موقعیت از راس میل مهر درونی و شامل موقعیت‌های که در شکل ۱۳ نشان داده شده است، قابل قبول است. برای پیچ‌ها با پشت‌بندهایی زیر نوک یا جایی که نوک مدفون است (بند ۱۲ - ۳ را ببینید). در محل پیچ بتن، یک مخزن بدون انتها یک محدوده با حداقل وسعت 9677 میلی‌مترمربع و ارتفاع حداقل $25/4$ میلی‌متر باید به بتن اضافه شود و با محلول اشباع کلسیم هیدروکسید با $PH = 12/6 \pm 0/1$ که در (25 ± 1) درجه سلسیوس اندازه‌گیری شده است، پر شود. در مدت زمان انجام آزمون، راس پیچ بتن باید در سیال غوطه‌ور شود. درجه حرارت در مدت زمان انجام آزمون، باید در (23 ± 5) درجه سلسیوس حفظ شود. علاوه بر این میزان pH هم باید با اندازه‌گیری pH بعد از ۵ روز، ثابت نگه‌داشته شود. اگر میزان pH از میزان خطا بیشتر شود (که مربوط به تقابل با بتن است)، محلول باید جایگزین شود. مواد الکتروود دارای حفاظ، باید از فولاد ضدزنگ یا از تیتانیوم فعال باشد. الکتروود مرجع به وسیله ترکیب آن تعریف می‌شود. دقت آن باید به وسیله واسنجی با یک الکتروود جدید (رواداری $\pm 20 mV$) کنترل شود. نوک الکتروود مرجع باید در فاصله‌ای مساوی با

δh_{nom} از سطح بتن واقع شود (شکل ۱۷ را ببینید). این مطلب، می‌تواند به وسیله عمق سوراخ مساوی با δh_{nom} به دست آید. طول الکتروود دارای حفاظ، باید مساوی با δh_{nom} باشد. الکتروود مرجع و دارای حفاظ، باید در سوراخ‌های حفاری شده با یک قطر تقریباً ۱/۵ میلی‌متر بزرگتر از قطر الکتروود قرار گیرند. الکتروود مرجع باید تا جایی که ممکن است نزدیک به پیچ بتن باشد و نباید دورتر از ۱۵۰ میلی‌متر باشد. فاصله بین الکتروود مرجع و الکتروود دارای حفاظ، نباید بیشتر از ۵۰ میلی‌متر باشد. قبل از آزمون، هر نوعی از پوشش‌ها به شکل یک نوار طولی، باید برداشته شوند تا تکامل هیدروژن روی فولاد، ایجاد شود. پیچ بتن، باید در معرض یک نیروی کششی ثابت $N_{sust,con} = \min\{0.7 N_{u,con,mean}, 0.5 N_{st,mean}\}$ در مدتی بیشتر از حداقل ۲۴۰ ساعت قرار بگیرد. میانگین نیروی کششی نهایی ($N_{sust,con}$) آزمون‌های مرجع محدود شده است ضرب شده در:

$$\sqrt{\frac{f'_{c,test}}{f'_{c,ref}}}$$

در مدت زمان انجام آزمون، یک پتانسیل الکتروشیمیایی ثابت باید ایجاد شود و باید با کنترل^۱ یا با سایر وسایل مناسب در^۲ که بر خلاف یک الکتروود جیوه سفید اندازه‌گیری شده، ثابت هم نگه‌داشته شوند. یک آزمون قابل قبول در شکل ۱۶ نشان داده شده است. انواع دیگر الکتروودها (به طور مثال Ag/AgCl) ممکن است با تصحیح پتانسیل مناسب استفاده شوند. از نسبت نیروی ثابت آزمون، پیروی کنید، به پیچ میل‌مهار بتن، نیرو وارد نکنید و یک آزمون کششی محدود شده تا گسیختگی مطابق با بند ۵-۴-۲ و ۸-۱-۱ انجام دهید.



شکل ۱۷ - مثالی از تنظیمات آزمون محدود نشده، همراه با واشرهای شیب‌دار زیر میل‌مهار برای بررسی تردشکنی پیچ‌های بتنی (روش آزمون A جایگزین)

1- Potentiostatic

2- $-1200 \text{ mV} \pm 20 \text{ mV (SCE)}$

پیوست ب
(الزامی)
روش آزمون B

ب-۱ این استاندارد برای میل‌مهارهای پیچ بتن به کار می‌رود که در طول نصب و استفاده می‌توانند تحت کشش یا خمش قرار بگیرند. این روش آزمون استاندارد، محدود به ارزیابی تردشکنی هیدروژن القایی مربوط به پردازش^۱ و قرارگرفتن در معرض عوامل محیطی^۲ است. این استاندارد محدود به بست‌های آهن‌دار است که مستعد شکستگی در طی زمان هستند که به وسیله انتشار هیدروژن تحت تنش اتفاق می‌افتد. یک آزمون خم چهارنقطه‌ای، آزمون نیروی ثابت و نرخ کشش کم را با استفاده از نیروهای افزایشی و زمان‌های نگهداری کنترل-شده جابجایی، برای اندازه‌گیری آستانه تنش تحمل‌شده، به شیوه تسریع‌شده مطابق با استاندارد بند ۲-۱۵ است. آزمون، روشی است تسریع‌شده که نیرو به صورت پله‌ای افزایش می‌یابد تا حد آستانه را برای شکستگی در اثر تنش هیدروژن، اندازه می‌گیرد.

ب-۲ مراجع الزامی

مراجع الزامی مطابق با استاندارد بند ۲-۱۵، است.

ب-۳ اصطلاحات و تعاریف

ب-۳-۱

حد آستانه مغزه

بیشینه نیرو در آغاز ترک‌خوردگی مغزه که با ۵ درصد کاهش در نیروی کنترل‌شده جابجایی اتفاق می‌افتد، جایی که آزمون، نیروی آزمون را تا دو مرحله بعدی حفظ نمی‌کند.

ب-۳-۲

شکندگی هیدروژنی محیطی^۳

تردشکنی محیطی به علت القای هیدروژن به فولاد از منبع خارجی.

ب-۳-۳ FFS (B)^۴

مقاومت شکست سریع در هوا در بست آزمون، در خمش تعیین‌شده مطابق با استاندارد بند ۲-۸.

تردشکنی هیدروژنی داخلی^۵، تردشکنی به وسیله هیدروژن حاصل از پردازش

ب-۳-۴

1- IHE

2- EHE

3- Environmental hydrogen embrittlement (EHE)

4- Fast fracture strength

5- Internal hydrogen embrittlement (IHE)

پردازش کردن^۱، یک واقعه یا توالی تعریف شده از وقایعی که ممکن است شامل عملیات اولیه، روکش کاری یا پوشش و عملیات بعدی که ارزیابی می‌شوند، باشد.

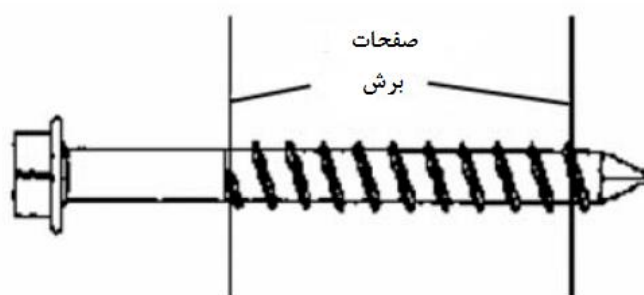
ب-۳-۵

آزمونه‌های آزمون

آزمونه‌های آزمون، باید به وسیله آزمون‌های آزمایشگاهی انتخاب شوند و باید معرف بست‌های تولیدی مربوط به فلز پایه، قطر، پیکربندی، نیمرخ اندود و سخت‌شدگی، باشند. آزمونه‌های آزمون باید سختی مغزه مساوی با حد بالایی محدوده مشخص سخت‌شدگی با رواداری ($\pm 0.2HRC$) داشته باشند. یک مجموعه جداگانه از آزمون‌ها به روش آزمون B، برای طول بست‌های مختلف با داشتن فلز پایه، قطر، پیکربندی، پوشش سختی مشابه، مورد نیاز نیست.

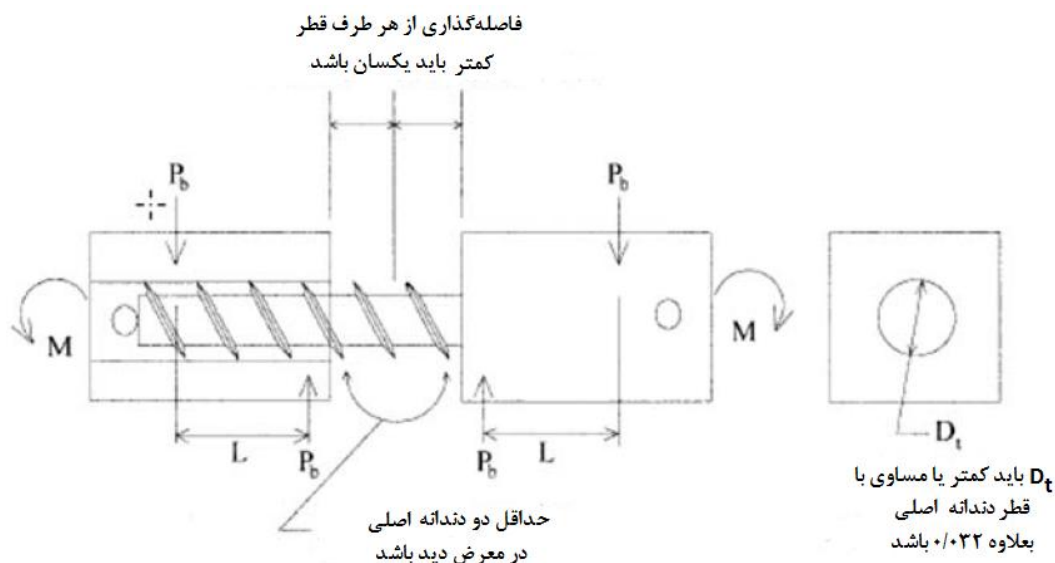
آزمونه‌ها باید به طریق ماوراءصوتی در استون^۲ برای ۵ دقیقه تا ۱۰ دقیقه تمیز شوند و هر گونه آلودگی از قبیل روغن‌ها و خاک‌ها از آن پاک شود. تمیز کردن با اسید مجاز نیست.

آزمونه‌ها باید از آزمونه‌هایی که به صورت تصادفی انتخاب شده‌اند (در شکل ۱۸ آمده است)، بریده شوند و باید طول کافی برای تعیین مناسب در وسایل بست را داشته باشند تا به خمش‌های چهارنقطه‌ای انتخابی دست پیدا کنند. یک مثال از وسیله بست برای دستیابی به خمش چهارنقطه‌ای انتخابی را، در شکل ۱۹ ببینید. آزمونه جدا شده برای آزمون، باید شامل بست‌ها با قرارگیری در راس پیچ‌ها، به صورت یکپارچه باشد و باید بخش پیچ نشده بست‌ها و هر ناحیه القایی سخت‌شده مستثنی شود. قبل از آزمون، پوشش آزمونه‌ها از بست‌های پوشش‌دار به شکل یک نوار طولی حذف شود و در طرف کششی آزمونه قرار می‌گیرد. حذف پوشش بالایی باید درون فضای حداقل بین دو دندانۀ اتفاق بیافتد که در شکل ۱۹ نشان داده شده است.



شکل ۱۸ - تصویری از استخراج آزمونه

1- Process
2- Acetone



شکل ۱۹ - مثالی از ابزار گیره‌بست چهار نقطه‌ای

ب-۳-۶ خلاصه روش آزمون

(الف) آزمون‌ها باید در شرایط تردشکنی محیطی هیدروژن آزمون شوند که در استاندارد بند ۲-۱۵ مشخص شده است. حداقل سه آزمون به صورت زیر مورد نیاز است:

- اولین آزمون یک ۲۰/۵/۱ است (۲۰گام در ۵درصد افزایش با یک ساعت نگه‌داشت در هر مرحله)
- دومین آزمون ۱۰/۵/۲ (ده مرحله اول آزمون)، بعد از آن ۱۰/۵/۴ (ده مرحله دوم آزمون). در بارگذاری در حالت بدون نگه‌داشت طول انتقال از دو ساعت به چهار ساعت مورد نیاز است.
- آزمون سوم، تکراری از آزمون دوم است.

اگر یک مقدار ثابت ۵درصدی، در دو آزمون متوالی، در نتیجه انجام حداقل سه مورد از این آزمون‌ها به دست آید، آزمون دیگری مورد نیاز نیست. آزمون‌های دیگر باید در زمان‌های نگه‌داشت بیشتر انجام شود تا یک مقدار ثابت ۵درصدی در دو مرحله آزمون متوالی به دست آید. اگر در بدترین حالت، مقادیر زیان‌آور هیدروژن وجود داشته باشد، نرخ اعمال نیرو باید به اندازه کافی آرام باشد تا این اطمینان ایجاد شود که حد نهایی مغزه شناسایی شده است. نیروی استفاده شده برای تخمین هر مرحله (که نیروها به وسیله تعداد مرحله‌ها تقسیم می‌شوند) برای اولین مرحله باید بر پایه میانگین مقاومت کششی حاصل از آزمون‌های خمشی^۱ در هوا بر پایه حداقل قطر مقطع عرضی بست‌ها باشد. نیروی استفاده شده برای تخمین مقدار هر مرحله (که نیرو به وسیله تعداد مرحله‌ها تقسیم می‌شود) برای هر آزمون باید ۱۰درصد مقدار تخمین زده شده حد نهایی مغزه در آزمون قبلی باشد اما نه بیشتر از نیروی استفاده شده برای ایجاد مرحله‌ها در آزمون قبلی. کمترین مقدار حد نهایی مغزه به وسیله دو

آزمون متوالی با استفاده از مقادیر ثابت از شرایط تردشکنی هیدروژن محیطی ایجاد شده است که باید در موارد نیرو در برابر زمان به صورت دستی ثبت شود و باید به عنوان بخشی از گزارش باشد.

(ب) دستگاه‌ها

(ج) وسایل آزمون، وسایل آزمون باید مطابق راهنمای واسنجی، محدوده نیرو، تجزیه و تحلیل و بررسی آزمون‌های بند ۲-۷، باشد.

(د) متعلقات گیره‌بست، انواع مختلفی از متعلقات گیره‌بست، ممکن است برای اتصال چهارنقطه‌ای استفاده شوند تا بار اندازه‌گیری شده اعمالی، توسط وسایل انجام آزمون بر روی آزمون را انتقال دهد. شکل ۱۹ مثالی از متعلقات گیره و بست چهارنقطه‌ای را نشان می‌دهد.

(پ) محل انجام آزمون، آزمون باید در یک محیط تولیدکننده هیدروژن تهاجمی توسط اعمال‌کننده یک پتانسیل گالوانیک کاتدی^۱ در آب شور احاطه‌شده در یک ظرف خنثی اختصاصی، هدایت شوند.

(ه) کنترل پتانسیل خوردگی^۲، پتانسیل خوردگی شیمیایی آزمون‌ها باید با یک مرجع الکتروود جیوه سفید اشباع‌شده یا الکتروود مرجع معادل، نظیر Ag/AgCl مطابق با روش آزمون استاندارد بند ۲-۱۶، کنترل شود. پتانسیل تحمیلی کاتدی است و باید در $-1.2 \pm 0.025 \text{ V}$ در مقابل $\text{SCE (V}_{\text{SCE}})$ در ۳/۵ درصد وزنی محلول NaCl ، قرار گیرد.

(ل) محاسبات، محاسبات باید مطابق با استاندارد بند ۲-۱۵ باشد.

(ع) گزارش آزمون، یک گزارش آزمون باید مطابق با بخش گزارش روش آزمون استاندارد بند ۲-۱۵ تهیه شود و باید شامل ثبت‌های^۳ تعیین شده در روش آزمون استاندارد بند ۲-۱۵ باشد.

1- Cathodic galvanic potential

2- Potentiostatic

3- Audiographic