INSO
17542
1st. Edition
2014

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۷۵۴۲
چاپ اول
۱۳۹۳

بتن- خواص کششی میله‌های پلیمری تقویت شده با الیاف با زمینه کامپوزیتی - روش آزمون

Concrete - Tensile Properties of Fiber Reinforced Polymer Matrix Composite Bars -Test Method

ICS:91.100.40

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ 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 وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، 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 می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ 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 درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت 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 شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5]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 بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود .

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 درجه‌بندی آن را اجباری نماید . همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره ، آموزش ، بازرسی ، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی ، 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 ، گواهینامهٔ 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

«بتن- خواص کششی میله‌های پلیمری تقویت شده با الیاف با زمینه کامپوزیتی - روش آزمون»

رییس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
ابوالحسنی، عباس (کارشناس مهندسی عمران)	مدیرعامل شرکت پیشرو مصالح شرق، رییس هیات مدیره آفتاب بتن شرق
دبیر:	
ضرابی راد، راحله (کارشناس ارشد زمین‌شناسی)	مدیر فنی آزمایشگاه همکار شرکت پیشرو مصالح شرق
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
آروین، پویا (دکتری مهندسی کشاورزی)	عضو هیات علمی دانشگاه پیام‌نور مرکز بجنورد
ارجمندزاده، رضا (دکتری زمین‌شناسی اقتصادی)	عضو هیات علمی دانشگاه پیام نور بجنورد
اکبری مطلق، علی (کارشناس مهندسی مکانیک)	کارشناس نظام مهندسی ساختمان خراسان شمالی
باقری، سکینه (کارشناس ارشد شیمی)	مدرس دانشگاه پیام نور مرکز بجنورد
پیلوار، حبیب رضا (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	سرپرست عمران و محیط زیست شرکت شهرک‌های خراسان شمالی
حسینی عزیز، رقیه (کارشناس ارشد مهندسی شیمی)	مدیر فنی آزمایشگاه همکار بیژن‌یورد
رجب‌نیا، سحر (کارشناس مهندسی صنایع)	کارشناس شرکت پژوهشکده کیمیاگران ارتیان
شریف، هادی (دکتری حرفه‌ای دامپزشکی)	دکتری دامپزشکی
صمدی شادلو، مهرداد (کارشناس مهندسی مواد، سرامیک)	کارشناس شرکت کیفیت گستر بجنورد

فروتن‌مهر، حسین (کارشناس مهندسی ساختمان)	رییس هیات مدیره انجمن صنفی تولیدکنندگان بتن آماده و قطعات بتنی
فرجی، احمدرضا (کارشناس ارشد زمین‌شناسی)	معاونت ارزیابی انطباق اداره کل استاندارد خراسان شمالی
عفتی، الهام (کارشناس ارشد مهندسی پلیمر)	مدیرکنترل کیفیت شرکت آذر آوند
گریوانی، زکیه (کارشناس ارشد شیمی کاربردی)	مدیرعامل شرکت پژوهشکده کیمیاگران ارتیان
لطفی، مجید (کارشناس ارشد مهندسی شیمی)	مدیر کنترل کیفیت شرکت سیمان بجنورد
مهرگان، کیوان (کارشناس ارشد مدیریت دولتی)	کارشناس دادگستری کل استان خراسان شمالی
یزدانی، ابوالفضل (کارشناس شیمی)	مدیر کنترل کیفیت شرکت بتن آماده و سنگدانه مالک اشتر

فهرست مندرجات

عنوان		صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد		ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد		ج
پیش گفتار		و
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۲
۳	اصطلاحات و تعاریف، نمادها و یکاها	۳
۴	خلاصه روش آزمون	۵
۵	تداخل‌ها	۵
۶	وسایل	۶
۷	نمونه‌گیری و آزمونه‌ها	۷
۸	واسنجی	۸
۹	آماده‌سازی	۸
۱۰	روش انجام آزمون	۸
۱۱	اعتبارسنجی	۱۱
۱۲	محاسبات	۱۱
۱۳	گزارش آزمون	۱۲
۱۴	دقت و اریبی	۱۴
پیوست الف (الزامی) مهار توصیه شده برای آزمون میله‌های پلیمری تقویت‌شده با الیاف		۱۵

پیش‌گفتار

استاندارد «بتن- خواص کششی میله‌های پلیمری تقویت شده با الیاف با زمینه کامپوزیتی - روش آزمون» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط شرکت پژوهشکده کیمیاگران ارتیان تهیه و تدوین شده و در چهارصد و نود و پنجمین اجلاسیه کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان، مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۳/۰۱/۳۰ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارایه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

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

ASTM D7205/D7205M:2012, Tensile Properties of Fiber Reinforced Polymer Matrix Composite Bars

بتن- خواص کششی میله‌های پلیمری تقویت شده با الیاف با زمینه کامپوزیتی - روش آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش‌هایی برای آزمون مقاومت کششی طولی شبه‌ایستا و ویژگی‌های افزایش طول میله‌های پلیمری تقویت شده با الیاف[1] زمینه کامپوزیتی است که به طور معمول به عنوان عناصر کششی در بتن تقویت شده، بتن پیش‌تنیده[2] و بتن پس‌تنیده[3] استفاده می‌شوند.

یادآوری- برای اطلاع از روش تعیین خواص کششی کامپوزیت‌های زمینه پلیمری به استانداردهای بند ۲-۴ و بند ۲-۷ مراجعه کنید.

عناصر خطی مورد استفاده برای تقویت بتن سیمان پرتلند با توجه به کاربرد تعیین شده به عنوان میله‌ها، میلگرد[4]، تارها یا رشته‌ها[5] شناخته می‌شوند. این استاندارد، برای همه تقویت‌کننده‌ها با محدودیت‌های ذکر شده در آن به کار می‌رود. در این استاندارد از واژه میله برای عناصر خطی استفاده می‌شود. در اصل، میله‌ها دارای سطح مقطع توپر با سطحی موجی[6] با الگوی منظم و یا یک پوشش از ذرات بهم چسبیده هستند که قفل‌شدن مکانیکی داخلی بین بتن و میله را بیشتر می‌کند. این استاندارد هم‌چنین برای قطعات خطی بریده شده از شبکه[7] نیز به کار می‌رود. جزییات مشخصی برای آماده‌سازی و آزمون میله‌ها و شبکه‌ها فراهم شده است. در بعضی موارد، برای جلوگیری از آسیب ناشی از گرفتن انتهای هر میله یا شبکه لازم است از مهار استفاده شود. جزییات توصیه شده برای مهارها در پیوست الف این استاندارد ذکر شده است.

این استاندارد برای تعیین استحکام کشش طولی و داده‌های افزایش طول طرح شده است. مجموعه‌ای داده برای هدف طراحی مورد نیاز است که از آزمون کشش به دست می‌آید. عوامل موثری مربوط به نوع ماده که پاسخ میله‌ها به کشش را تحت تاثیر قرار می‌دهند، باید گزارش شوند. این عوامل شامل مواد تشکیل‌دهنده، وجود حفره، درصد حجمی تقویت‌کننده‌ها، روش‌های طراحی و تولید الیاف تقویت‌کننده می‌شود. به همین شکل، عوامل آزمون مربوط به پاسخ کششی میله‌ها شامل آماده‌سازی آزمونه، شرایط آزمونه، محیط آزمون، هم‌ترازی و نگه‌داشتن آزمونه و سرعت آزمون نیز اندازه‌گیری می‌شوند. خواصی که در جهت آزمون از این استاندارد به دست می‌آیند شامل موارد زیر می‌باشند:

- مقاومت کششی نهایی؛
- کشش کرنش نهایی؛
- مدول الاستپیسیته وتری[8] کشش؛

1- Fiber Reinforced Polymer (FRP)
2- Prestressed
3- Post-tensioned
4- Rebar
5- Tendon
6- Undulation
7- Grid
8- Chord

- منحنی تنش – کرنش.

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 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 می‌شوند.

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

2-1 A 615/A 615M, Specification for Deformed and Plain Carbon-Steel Bars for Concrete Reinforcement.

2-2 D792, Test Methods for Density and Specific Gravity (Rela- tive Density) of Plastics by Displacement.

2-3 D 883, Terminology Relating to Plastics.

2-4 D 3039/D 3039M, Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix. Composite Materials.

2-5 D 3171, Test Methods for Constituent Content of Composite Materials.

2-6 D 3878, Terminology for Composite Materials.

2-7 D 3916, Test Method for Tensile Properties of Pultruded Glass-Fiber-Reinforced Plastic Rod

2-8 D 5229/D 5229M, Test Method for Moisture Absorption Properties and Equilibrium Conditioning of Polymer Ma- trix Composite Materials

2-9 E 4, Practices for Force Verification of Testing Machines.

2-10 E 6, Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing

2-11 E 83, Practice for Verification and Classification of Extensometer System

2-12 E 122, Practice for Calculating Sample Size to Estimate, With a Specified Tolerable Error, the Average for a Characteristic of a Lot or Process

2-13 E 456, Terminology Relating to Quality and Statistics.

2-14 E 1012, Practice for Verification of Test Frame and Speci- men Alignment Under Tensile and Compressive Axial Force Application

2-15 E 1309, Guide for Identification of Fiber-Reinforced Polymer-Matrix Composite Materials in Databases

2-16 E 1434, Guide for Recording Mechanical Test Data of Fiber- Reinforced Composite Materials in Databases

2-17 E 1471, Guide for Identification of Fibers, Fillers, and Core Materials in

۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها و یکاها

۳-۱ در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ذکر شده در استانداردهای بند ۲-۳، بند ۲-۶، بند ۲-۱۰، بند ۲-۱۲ و بند ۲-۱۳ اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود:

۳-۱-۱

مهار[1]

یک وسیله حمایت‌کننده که بر روی انتهای هر میله، بین میله و گیره‌های دستگاه آزمون قرار گرفته و از آسیب ناشی از فشردن گیره جلوگیری می‌کند. به طور معمول بر روی میله‌های دارای سطوح نامنظم، در مقابل نوارهای مسطح که در زبانه‌های اتصال بیشتر معمول هستند، استفاده می‌شوند.

۳-۱-۲

میله

یک عنصر خطی، اغلب با سطحی موجی یا پوششی از ذرات به هم چسبیده، که قفل‌شدن مکانیکی داخلی بین بتن و میله را بیش‌تر می‌کند.

۳-۱-۳

شبکه[2]

یک آرایه[3] صلب دوبعدی (صفحه‌ای) یا سه‌بعدی (فضایی) از میله‌های پلیمری تقویت شده با الیاف که به صورت شبکه‌ای به هم پیوسته درهم قفل شده‌اند و می‌تواند برای تقویت بتن استفاده شود. شبکه می‌تواند از میله‌های به هم‌پیوسته یک‌پارچه یا از میله‌های منفردکه به طور مکانیکی به هم متصل شده‌اند، ساخته شود. عناصر میله‌ای شبکه به طور معمول دارای ابعاد عرضی بزرگ‌تر از ۳mm هستند.

۳-۱-۴

قطر موثر

یک مقدار هندسی ارایه شده برای قطر دایره‌ای که دارای یک سطح بسته[4] برابر با مساحت اسمی مقطع عرضی میله است.

1- Anchor
2- Grid
3- Array
4- Enclosed

۵-۱-۳

مساحت اسمی مقطع عرضی

اندازه مساحت مقطع عرضی میله که حداقل بر روی یک طول مشخص که برای محاسبه تنش[1] استفاده می‌شود، تعیین شده باشد.

۶-۱-۳

مقدار اسمی

مقداری که فقط در اسم وجود دارد و با هدف یکسان‌سازی طراحی به یک ویژگی اختصاص داده می‌شود.

۷-۱-۳

طول معرف[2]

حداقل طول یک میله که دارای یک الگوی هندسی تکراری است و که انتها به انتها قرار گرفته و دوباره تولید یک الگوی هندسی از یک میله پیوسته می‌کند (به طور معمول در میله‌های دارای سطح موجی برای قفل شدگی بهتر با بتن استفاده می‌شود).

۸-۱-۳

مساحت استاندارد مقطع عرضی

مساحت مقطع عرضی یک میله فولادی تقویت‌کننده بتن که در جدول ۱ استاندارد بند ۲-۱ ذکر شده است.

۹-۱-۳

سطح موجی

اختلاف در مساحت، جهت‌گیری یا شکل سطح مقطع یک میله در سراسر طول آن که برای بهبود قفل‌شدگی مکانیکی میان میله و بتن در نظر گرفته شده است. سطح موجی می‌تواند از فرآیندهای متفاوتی از جمله دندانه‌گذاری، افزودن مواد خارجی و پیچش ایجاد شود.

1- Stress
2- Representative

۲-۳ نمادها

A مساحت اسمی مقطع عرضی میله؛

C_V ضریب همبستگی نمونه بر حسب ٪؛

d قطر موثر میله؛

E_{chord} مدول الاستیسیته وتری در جهت آزمون؛

F_{tu} مقاومت کششی نهایی؛

L طول آزاد آزمونه (طول بین مهارها)؛

L_a طول مهار؛

L_g طول انبساط‌سنج؛

n تعداد آزمونه‌ها؛

P نیروی تحمل شده توسط آزمونه؛

P_{max} ماکسیمم بار تحمل شده توسط آزمونه قبل از شکست؛

S_{n-1} انحراف استاندارد آزمونه؛

x_i ویژگی اندازه‌گیری شده یا به دست آمده؛

$\bar{x}$ میانگین نمونه؛

δ جابجایی امتدادی[1]؛

ε کرنش حقیقی به دست آمده از مبدل کرنش؛

σ تنش حقیقی.

۴ خلاصه روش آزمون

۴-۱ یک میله پلیمری تقویت شده با الیاف که به طور مناسبی به قلاب‌ها تجهیز شده را در دستگاه آزمون قرار داده و بارگذاری کششی را به طور یکنواخت تا شکست در حالی که نیرو، کشش طولی و جابجایی طولی ثبت می‌شود، اعمال کنید.

۴-۲ قلاب‌ها همان طور که در پیوست الف توصیف شده، توصیه می‌شوند اما برای استفاده الزامی نیستند. روش‌های جایگزین برای اتصال آزمونه به دستگاه آزمون قابل‌قبول هستند اما باید اجازه دهند استحکام میله به طور کامل توسعه پیدا کرده و شکست آزمونه دور از اتصالات رخ دهد.

۵ تداخل‌ها

نتایج ارایه شده در این استاندارد محدود به مواد و عوامل آزمون هستند که در بند هدف و دامنه کاربرد لیست شده‌اند.

1- Etensional

۵-۱ نگه‌داشتن آزمونه، روش شناخته شده نگه‌داشتن آزمونه باعث شکست کششی زودهنگام میله‌ها می‌شود. اگر از مهارها استفاده می‌شود، باید طوری طراحی شوند که آزمونه هنگام آزمون بتواند بدون لغزش در طول مهار به ظرفیت کامل کشش برسد.

۵-۲ هم‌ترازی سامانه، خمیدگی زیاد ممکن است باعث شکست زودهنگام و تعیین اشتباه مدول الاستیسیته شود. باید تلاش شود تا خمش از سامانه آزمون حذف شود. خمش می‌تواند ناشی از انحراف میله‌ها از مهارها یا گیره‌ها یا ثابت‌کننده**ها،** یا به علت آماده‌سازی ضعیف آزمون اگر آزمونه به شکل نادرست در شبکه نصب شده یا عدم درنظرگرفتن رواداری باشد. برای تایید هم‌ترازی آزمونه تحت بارگذاری به استاندارد بند ۲-۱۴ مراجعه کنید.

۵-۳ اندازه‌گیری مساحت مقطع عرضی، مساحت اسمی مقطع عرضی میله باید توسط فروبردن طول معینی از آزمونه در آب و تعیین وزن شناوری[1] آن اندازه‌گیری شود. شکل‌هایی از میله که هنگام فرورفتن در آب، هوا را در خود حبس می‌کنند (به جز تخلخل‌های ناچیز) نمی‌توانند توسط این روش ارزیابی شوند. این روش برای میله‌هایی که تغییرات زیادی در مساحت مقطع عرضی در طول میله دارند مناسب نیست.

1- Buoyant

۶ وسایل

۶-۱ میکرومتر، میکرومترها باید از یک توپی با قطر مناسب بر روی سطح داخلی برای سطوح نامنظم و یک سطح داخلی صاف برای لبه‌های ماشین‌کاری شده یا سطوح بسیار صاف استفاده کنند. دقت ابزارها باید ٪۱ اندازه‌گیری موردنظر باشد.

۶-۲ دستگاه آزمون، باید مطابق با استاندارد بند ۲-۹ و فراهم‌کننده شرایط زیر باشد:

۶-۲-۱ دهنه‌های[1] دستگاه آزمون، در اصل دستگاه آزمون باید هر دو دهنه ثابت و متحرک را داشته باشد.

۶-۲-۲ مکانیزم رانش، مکانیزم رانش[2] دستگاه باید قادر به حرکت دهنه متحرک و کنترل سرعت جابجایی آن نسبت به دهنه ثابت باشد. همان‌طور که در بند ۱۱-۳ مشخص شده، سرعت جابجایی دهنه متحرک باید قابل‌تنظیم باشد.

۶-۲-۳ سنجه نیرو، وسیله حس‌گر نیرو در دستگاه آزمون باید قادر به سنجش نیروی کل تحمل‌شده توسط آزمونه باشد. این دستگاه باید مستقل از تاخیر ناشی از لختی[3] در سرعت مشخص آزمون باشد و همان‌طور که در استاندارد بند ۲-۹ مشخص شده، باید نیرو را در محدوده موردنظر بارگذاری و با دقت ٪۱ مقدار اندازه‌گیری شده سنجش کند. محدوده نیروی (های) مشخص‌شده می‌تواند کم برای ارزیابی مدول‌ها، کمی بالاتر برای ارزیابی استحکام، یا هر دو، لازم باشد.

یادآوری۱- به دست‌آوردن داده‌های دقیق نیرو در یک گستره بزرگ از داده‌های همان آزمون، همانند هنگامی که هم مدول الاستیک و هم نیروی نهایی تعیین می‌شوند، الزامات را بر روی مبدل نیرو قرار داده و آن را واسنجی کنید. برای برخی وسایل ممکن است واسنجی خاصی لازم باشد. برای برخی ترکیبات ماده و مبدل نیرو اندازه‌گیری هم‌زمان و دقیق مدول الاستیک و استحکام نهایی امکان‌پذیر نیست و اندازه‌گیری مدول و استحکام باید در آزمون‌های جداگانه با استفاده از محدوده مبدل نیرو برای هر آزمون انجام شود.

1- Heads
2- Drive mechanism
3- Inertia

۶-۲-۴ گیره‌ها[1]، اگر از گیره‌ها استفاده می‌شود، هر دهنه باید برای نگهداری آزمونه یک گیره داشته باشد به طوری که محور بارگذاری بر محور طولی آزمونه منطبق شود. گیره‌ها باید برای جلوگیری از لغزش بین سطح گیره و آزمونه یا مهار، فشار جانبی کافی اعمال کنند. برای حداقل کردن تنش‌های خمشی آزمونه، استفاده از گیره‌هایی چرخشی خودتنظیم خیلی مطلوب است. گیره‌ها باید مطابق با استاندارد بند ۲-۹ تراز شود و نباید محل شکست در میله اریبی داشته باشد.

۶-۳ مهارها، توصیه می‌شود از یک مهارصلب لوله‌ای شکل به عنوان یک سطح میانی بین میله و گیره‌ها یا دهنه بارگذاری دستگاه آزمون استفاده شود تا از تراکم تنش و در نتیجه از اریبی رو به پایین استحکام اندازه‌گیری شده جلوگیری کند. جزییات توصیه شده برای مهارها در پیوست الف این استاندارد ذکر شده است.

1- Grips

۶-۳-۱ اتصال مهارها به دهنه‌های بارگذاری باید توسط اتصالات رزوه‌دار[1] بین مهارها و دهنه بارگذاری یا گیره‌ها انجام شود. جزییات این اتصال در شکل الف-۳ نشان داده شده است.

۶-۴ وسیله سنجش کرنش، کرنش طولی باید توسط یک مبدل کرنش مناسب، تا زمانی که اتصال این وسیله باعث آسیب به میله نشود، اندازه‌گیری شود.

یادآوری۲- برای بیشتر میله‌ها کاربرد سنجه‌های کرنش متصل به سطح به علت موجی بودن سطح غیرعملی است (برای مثال میله‌های بافته شده، پیچانده شده و دندانه‌دار شده). اگر سطح میله را بتوان با چسب پلیمری همانند اپوکسی برای ارایه یک سطح اتصال مناسب صاف کرد می‌توان از سنجه‌های کرنش با طول مناسب استفاده کرد به طوری که این اندازه‌گیری‌ها با آن‌هایی که توسط یک انبساط‌سنج، که دارای الزامات بند ۷-۴-۱ این استاندارد است به دست آمده، برابر است.

۶-۴-۱ انبساط‌سنج‌ها، به طور کلی، مطابق استاندارد بند ۲-۱۱، باید حداقل الزامات طبقه B-2 برای محدوده کرنش موردنظر را داشته و باید بالاتر از محدوده کرنش که مطابق با استاندارد بند ۲-۱۱ است واسنجی شوند. انبساط‌سنج باید مستقل از تاخیر ناشی از لختی در سرعت مشخص آزمون باشد. طول سنجه انبساط‌سنج، L_g، نباید کمتر از هشت برابر قطر موثر میله یا طول معرف باشد. انبساط‌سنج باید بر روی وسط طول میله و با فاصله‌ای که نباید کمتر از هشت برابر قطر موثر باشد از هر مهار قرار گیرد.

۶-۴-۱-۱ وقتی آزمون در شرایط استاندارد آزمایشگاهی انجام نمی‌شود، تصحیح دمایی توصیه می‌شود. هنگام آماده‌سازی از:

الف) آزمونه مجازی[2] با مواد یکسان میله و انبساط‌سنج (ها) یا؛

ب) انبساط‌سنجی که برای تغییرات دمایی واسنجی شده، استفاده کنید.

۶-۵ اتاقک محیطی[3] آزمون، یک اتاقک محیطی برای آماده‌سازی و انجام آزمون، که لازم است از شرایط محیط آزمایشگاهی جدا باشد. این اتاقک‌ها باید قادر به نگهداری دمای نسبی لازم با دقت $\pm 3°C$ و رطوبت نسبی لازم با دقت $\pm 5\%$ رطوبت نسبی باشند. علاوه بر این، باید قادر به نگهداری شرایط محیطی همانند قرار گرفتن در معرض مایعات یا رطوبت نسبی در هنگام آماده‌سازی و انجام آزمون باشند.

۷ نمونه‌گیری و آزمونه‌ها

۷-۱ نمونه‌گیری، حداقل پنج آزمونه برای هر شرایط آزمون می‌شود مگر این که نتیجه صحیح را بتوان با استفاده از آزمونه‌های کمتری به دست آورد. برای داشتن اطلاعات آماری معنادار باید از دستورکار ارایه شده در استاندارد بند ۲-۱۲ استفاده شود. روش نمونه‌گیری باید گزارش شود.

۷-۲ شکل هندسی

1- Threaded
2- Traveler
3- Environmental

۷-۲-۱ طول کلی آزمونه و طول سنجه، طول کل آزمونه باید برابر با طول آزاد بعلاوه دو برابر طول مهار(La) باشد. طول آزاد بین مهارها (L) نباید بیش‌تر از ۳۸۰mm و کم‌تر از ۴۰ برابر قطر موثر میله شود. طول آزمونه در گیره‌ها و مهارها (اگر استفاده شود) باید برای مهاربندی[1] کافی باشد.

۷-۲-۲ نشانه‌گذاری، آزمونه‌ها باید طوری نشانه‌گذاری شوند که از یکدیگر قابل تفکیک بوده و برای رسیدن به ماده اولیه قابل ردیابی باشند و تحت تاثیر آزمون قرار نگیرد و نتایج آزمون را تحت تاثیر قرار ندهد.

۸ واسنجی

همه وسایل اندازه‌گیری در زمان استفاده از دستگاه‌ها باید دارای گواهی‌نامه واسنجی برای دقت باشند.

1- Anchorage

۹ آماده‌سازی

۹-۱ روش آماده‌سازی استاندارد، مطابق با شرایط ذکر شده در استاندارد بند ۲-۸، آماده‌سازی قرار گرفتن در شرایط محیطی استاندارد آزمایشگاهی [(۲۳±۳)°C و (۵۰±۱۰)٪ رطوبت نسبی] است مگر این که شرایط محیطی متفاوتی برای یک بخش آزمون مشخص شده باشد.

یادآوری- اگر آزمونه‌های کششی با شرایط محیطی در تعادل باشد و از نوع یا شکلی باشند که تغییرات وزن ماده را نتوان به دقت با وزن‌کردن آزمونه آن اندازه‌گیری کرد (همانند یک میله با مهارها)، باید از یک نمونه مجازی با شکل سطح مقطع یکسان و اندازه مشخص (اما بدون مهار) برای رسیدن به شزایط آزمونه‌هایی که در تعادل با محیط هستند، استفاده شود. انتهای آزمونه‌های کشش و آزمونه‌های ساختگی باید با یک ماده آب‌بند همانند اپوکسی درجه بالا و قابل عمل‌آوری در دمای اتاق برای جلوگیری از آسیب در هنگام آماده‌سازی، آب‌بندی شوند.

۱۰ روش انجام آزمون

۱۰-۱ عواملی که باید قبل از آزمون مشخص شوند:

۱۰-۱-۱ روش نمونه‌گیری، نوع و شکل هندسی آزمونه، آماده‌سازی و اگر لازم باشد شکل هندسی آزمونه مجازی؛

۱۰-۱-۲ خواص کششی و قالب‌بندی گزارش داده‌های مطلوب.

یادآوری۱- برای انتخاب دقیق ابزار و سایل ثبت داده‌ها، ویژگی مشخص ماده، دقت و الزامات گزارش داده‌ها را قبل از آزمون تعیین کنید. برای کمک در انتخاب مبدل، واسنجی دستگاه و تعیین ترتیب قرارگیری ابزارها، سطوح عملکرد تنش و کرنش را برآورد کنید.

۱۰-۱-۳ عوامل آماده‌سازی محیط آزمون و آب‌بندی مورد استفاده برای انتهای آزمونه‌ها.

۱۰-۱-۴ روش نمونه‌برداری، اگر انجام شده است، شکل هندسی آزمونه و روش‌های آزمون مورد استفاده برای تعیین چگالی، جزء حجمی حفره‌ها و حجم تقویت کننده.

۱۰-۲ دستورالعمل اصلی:

۱۰-۲-۱ هرگونه انحراف به صورت دانسته یا ندانسته از این استاندارد را گزارش کنید.

۱۰-۲-۲ اگر وزن مخصوص، چگالی، حجم تقویت‌کننده‌ها یا حجم حفرات گزارش می‌شوند برای تعیین این ویژگی‌ها از استاندارد بند ۲-۲ (برای وزن مخصوص و چگالی) و استاندارد بند ۲-۵ (برای حجم تقویت‌کننده و حجم حفرات خالی) استفاده کنید و آزمونه‌ها را از ترکیب یکسان با میله به عنوان آزمونه‌های مورد استفاده برای کشش یا آزمونه مجازی انتخاب کنید.

۱۰-۲-۳ اگر لازم باشد آزمونه را آماده‌سازی کنید (مشخص شده برای قبل یا بعد از اتصال مهارها). اگر شرایط محیطی آزمون با شرایط محیطی آزمایشگاه متفاوت است، بهتر است مهارها قبل از آماده‌سازی نصب شوند. اگر از آزمونه‌های مجازی استفاده می‌کنید آن‌ها را نیز آماده‌سازی کنید.

۱۰-۲-۴ ماشین‌کاری نهایی آزمونه و هرگونه آماده‌سازی دیگر را انجام دهید اما قبل از انجام آزمون کشش، طول آزاد آزمونه را اندازه‌گیری و گزارش کنید.

۱۰-۲-۵ مساحت و قطر میله، مساحت اسمی مقطع عرضی و مساحت استاندارد مقطع عرضی که در استاندارد بند ۲-۱ ذکر شده در محاسبه تنش و مدول الاستیسیته استفاده می‌شوند. در هر مورد، مساحت اسمی مقطع عرضی باید اندازه‌گیری و گزارش شود. اگر برای یک اندازه از یک میله مشخص، تفاوت مساحت اسمی مقطع عرضی از مساحت استاندارد مقطع عرضی بیشتر از ٪۲۰ باشد، مساحت استاندارد مقطع عرضی نباید استفاده شود.

۱۰-۲-۵-۱ مساحت اسمی مقطع عرضی، مساحت اسمی به عنوان مساحت میانگین پنج آزمونه معرف بریده شده از یک میله یکسان که برای آزمون کشش استفاده می‌شود، محاسبه می‌گردد. آماده سازی آزمونه‌های مساحت اسمی مقطع عرضی با آماده‌سازی میله‌هایی است که برای آزمون کشش استفاده می‌شوند، یکسان است. حجم هر آزمونه باید به طور غیرمستقیم از اختلاف حجم در حالت خشک و حالت فروبردن کامل در آب اندازه‌گیری شود (برای روش آزمون به استاندارد بند ۲-۲ مراجعه کنید). حجم آزمونه از تقسیم وزن آزمونه بر چگالی آن به دست می‌آید (به استاندارد بند ۲-۲ مراجعه کنید). سپس مساحت اسمی از تقسیم حجم آزمونه به طول میانگین آن به دست می‌آید. طول میانگین آزمونه یک میله معمولی (به عنوان مثال سطح مقطع مدور یا چندوجهی) توسط سه بار اندازه‌گیری طول لبه بیرونی آزمونه و چرخش ۱۲۰ درجه‌ای آزمونه برای هر اندازه‌گیری به دست می‌آید. مساحت را با واحد mm^2 ثبت کنید. قطر موثر میله (d) توسط معادله زیر به دست می‌آید:

$$d = 2\sqrt{(A/3.1416)} \qquad (1)$$

یادآوری۲- برای تعیین یک مساحت معرف[1]، باید از آزمونه‌های با طول حداقل ۱۰۰mm یا یک طول معرف (هرکدام که بزرگ‌تر است) استفاده شود. وزن یک آزمونه ممکن است بیش از محدوده تعیین شده توسط استاندارد بند ۲-۲ برای میله‌های دارای قطربزرگ (۵۰g) باشد، اما این روش هنوز می‌تواند استفاده شود.

۱۱-۲-۵-۲ مساحت استاندارد مقطع عرضی، مساحت استاندارد مقطع عرضی، مساحت توافقی مورد قبول برای یک میله فولادی با همان شماره طراحی که یک میله پلیمری تقویت شده با الیاف آزمون می‌شود، است.

یادآوری۳- مساحت استاندارد مقطع عرضی، برابر با مساحت یک میله فولادی تقویت‌کننده که در استاندارد بند ۲-۱ ذکر شده، است. میله‌های پلیمری تقویت شده با الیاف اغلب به عنوان جایگزین میله‌های فولادی تولید می‌شوند و به طور معمول با استفاده از همان روش شماره‌گذاری میله‌های فولادی شماره‌گذاری می‌شوند. برای مثال یک میله شماره ۴ دارای قطر موثر

1- Representative

۱۳mm و مساحت مقطع عرضی استاندارد $129mm^2$ است. برای برخی کاربردها، استفاده از مساحت استاندارد برای محاسبه تنش و مدول الاستیسیته در میله‌های پلیمری تقویت شده با الیاف مناسب همان‌طوری که برای میله‌های فولادی نیز اعمال می‌شود، در نظر گرفته شده است.

۱۰-۲-۶ انبساط‌سنج‌ها یا سنجه‌های کرنش را بر روی آزمونه متصل کنید.

۱۰-۳ سرعت انجام آزمون، سرعت انجام آزمون باید تقریبا با نرخ ثابت کرنش در بخش سنجه تنظیم شود. نرخ کرنش باید طوری انتخاب شود که در میان یک تا ده دقیقه از شروع اعمال نیرو، تولید شکست نماید. اگر کرنش نهایی را نتوان به طور صحیح برآورد کرد، آزمون‌های اولیه با سرعت استاندارد انجام می‌شوند تا کرنش نهایی مواد و مطلوبیت سامانه معلوم شود و بتوان نرخ کرنش را تنظیم کرد. نرخ کرنش استاندارد $0/01 min^{-1}$ پیشنهاد شده است. اگر کنترل کرنش در دستگاه آزمون قابل اجرا نیست، باید از سرعت اسمی مشخص شده $0/01\ min^{-1}$ برای لوله لغزنده[1] و طول آزاد آزمونه انتخاب شده طبق بند ۸-۲-۱ این استاندارد استفاده شود.

۱۰-۴ محیط آزمون، آزمون در شرایط محیطی استاندارد آزمایشگاهی [(۲۳±۳)°C و (۵۰±۱۰)٪ رطوبت نسبی] انجام می‌شود مگر این که شرایط محیطی متفاوتی برای یک بخش آزمون مشخص شده باشد. توصیه‌هایی برای انجام آزمون در سایر شرایط محیطی استاندارد آزمایشگاه در بند الف-۲ پیوست الف این استاندارد ذکر شده است.

۱۰-۵ الحاق آزمونه:

۱۰-۵-۱ اگر از گیره‌ها استفاده می‌شود، آزمونه‌ها را در گیره‌های دستگاه آزمون قرار دهید و محور طولی نگهدارنده آزمونه را در جهت آزمون تراز کنید. گیره‌ها را ببندید و فشار را مطابق با فشار قابل‌کنترل گیره‌ها (هیدرولیک یا پنوماتیک) ثبت کنید.

۱۰-۵-۲ اگر مهارها توسط رزوه[2] یا اتصال پنجه مفصلی[3] به دهنه بارگذاری متصل شده‌اند، آزمونه را به دهنه بارگذاری متصل کنید و ثابت‌کننده‌های[4] آزمون را محکم کنید.

۱۰-۶ انجام آزمون، در حالی که داده‌ها را ثبت می‌کنید، کشش را در سرعت مشخص شده تا شکست به آزمونه اعمال کنید.

۱۰-۷ ثبت‌کردن داده‌ها، به طور پیوسته مقدار نیرو را در مقابل کشش (یا جابجایی امتدادی) در فاصله‌های زمانی منظم ثبت کنید. برای این روش آزمون، سرعت ثبت دو تا سه داده در هر ثانیه در یک نمونه‌گیری و حداقل ۱۰۰ داده نقطه‌ای برای هر آزمون توصیه می‌شود. اگر آزمونه مردود شود، ماکسیمم نیرو، نیروی شکست و کرنش (جابجایی تبدیل شده) را در لحظه گسیختگی یا نزدیک‌ترین نقطه ممکن ثبت کنید.

1- Cross-head
2- threading
3- Clevis
4 -Fixture

یادآوری۴- داده‌های ارزشمند دیگری همانند نیرو در مقابل جابجایی دهنه و نیرو در مقابل زمان هستند که می‌توانند در درک ناهنجای‌های آزمون و مشکلات نگه‌داشتن یا لغزش آزمونه مفید باشند.

۱۰-۸ **شیوه شکست**، شیوه شکست و محل شکست آزمونه را ثبت کنید.

۱۱ اعتبارسنجی[1]

۱۱-۱ مقادیر برای ویژگی‌های نهایی نباید برای هر آزمونه که به علت عیوب آشکار مردود شده، محاسبه شود مگر این که این عیب به عنوان متغییر مطالعه شود. باید هر آزمونه‌ای که بر روی مقادیر آن محاسبات انجام نشده، آزمون مجدد شود.

۱۱-۲ اگر بخش قابل توجهی از شکست‌ها در یک جمعیت نمونه، در میان یا فقط بیرون هر مهار یا گیره اتفاق بیفتد، وسایل اعمال نیرو به مواد باید دوباره بررسی شوند. عوامل مطرح شده باید شامل هم‌ترازی مهار قاب آزمون، ماده مهار، هم‌ترازی مهار به آزمونه، استحکام[2] مهار میله و عامل اتصال، نوع گیره، فشار گیره و هم‌ترازی گیره باشد.

۱۲ محاسبات

۱۲-۱ **تنش کششی یا مقاومت کششی**، مقاومت کششی نهایی را با استفاده از معادله شماره (۲) محاسبه کنید و نتایج را تا سه رقم اعشار گزارش کنید. اگر نیاز به محاسبه مدول کشش باشد، تنش کششی را در نقطه لازم با استفاده از معادله (۳) تعیین کنید.

$$F_{tu} = P_{max}/A \qquad (۲)$$

$$\sigma_i = P_i/A \qquad (۳)$$

که در آن‌ها:

F_{tu} مقاومت کششی نهایی، بر حسب MPa؛

P_{max} ماکسیمم نیرو قبل از شکست، بر حسب N؛

σ_i مقدار تنش کششی در i مین داده، بر حسب MPa؛

P_i نیرو در i مین داده، بر حسب N؛

A مساحت مقطع عرضی میله با توجه به بند ۱۱-۲-۵ بر حسب mm است.

۱۲-۲ **کرنش خمشی یا کرنش کشش نهایی**، اگر نیاز به محاسبه مدول کشش یا کرنش کشش نهایی باشد و پاسخ مواد توسط انبساط‌سنج تعیین شده باشد، تنش کششی از جابجایی مشخص‌شده را در هر نقطه از داده‌ها که لازم است را با استفاده از معادله (۴) تعیین و نتایج را تا سه رقم اعشار گزارش کنید.

$$\varepsilon_i = \delta/Lg \qquad (۴)$$

که در آن:

εi کرنش کششی در i مین داده، بر حسب mm/mm؛

1- Validation

2

δ جابجایی انبساط‌سنج در i مین داده، بر حسب mm؛

Lg طول سنجه انبساط‌سنج بر حسب mm.

۱۳-۳ مدول الاستیسیته کشش:

۱۳-۳-۱ مدول الاستیسیته کشش وتری، مدول الاستیسیته کشش وتری را از داده‌های تنش- کرنش با استفاده از معادله (۵) محاسبه کنید. اگر داده‌ها در نقاط دقیق شروع و پایان محدوده کرنش در دسترس نباشند (همان‌طور که در اغلب داده‌های دیجیتالی اتفاق می‌افتد) از نزدیک‌ترین نقطه در دسترس استفاده کنید. محدوده کرنش باید درنیمه پایینی منحنی تنش-کرنش باشد که کرنش از نقطه ۰/۰۰۱ شروع و در نقطه ۰/۰۰۶ تمام شود. برای موادی که در کمتر از ۰/۰۰۶ مردود می‌شوند نقطه شروع باید ٪۲۵ کرنش نهایی و نقطه پایان ٪۵۰ کرنش نهایی باشد. مدول الاستیسیته کشش وتری را تا سه رقم اعشار گزارش دهید.

$$E_{chord} = \Delta\sigma/\Delta\varepsilon \qquad (۵)$$

که در آن:

E_{chord} مدول الاستیسیته کشش وتری، بر حسب MPa؛

$\Delta\sigma$ اختلاف تنش کششی اعمال شده بین نقاط شروع و پایان کرنش، بر حسب MPa؛

$\Delta\varepsilon$ اختلاف در میانگین کرنش کششی بین بین نقاط شروع و پایان کرنش در پایین‌ترین و بالاترین حد محدوده انتخاب شده کرنش است.

۱۳-۴ آمار، برای هر سری آزمون مقدار میانگین، انحراف از معیار و ضریب همبستگی (بر حسب ٪) برای هر هدف تعیین شده محاسبه کنید:

$$\bar{x} = (\sum_{i=1}^{n} x_i) / n \qquad (۶)$$

$$s_{n-1} = \sqrt{(\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - n\bar{x}^2) / (n-1)} \qquad (۷)$$

$$CV = 1- X_{sn-1}/\bar{x} \qquad (۸)$$

که در آن‌ها:

$\bar{x}$ میانگین نمونه؛

S_{n-1} انحراف استاندارد نمونه؛

CV ضریب همبستگی، بر حسب ٪؛

n تعداد آزمونه‌های آزمون شده؛

X_i اهداف اندازه‌گیری شده یا به دست آمده است.

۱۳ گزارش آزمون

اطلاعاتی که در ادامه آمده را گزارش دهید یا به سایر پرونده‌های حاوی این اطلاعات ارجاع دهید تا بیش‌ترین داده‌ها به کار برده شوند (گزارش دادن مواردی که خارج از کنترل آزمایشگاه آزمون‌کننده است همانند عواملی که ممکن است در جزییات مواد رخ داده باشد یا ساختار میله باید توسط درخواست‌دهنده آزمون ذکر شود). گزارش نتایج آزمون را می‌توان از با استفاده از استانداردهای بند ۲-۱۵، بند ۲-۱۶ و بند ۲-۱۷ قالب‌بندی کرد.

۱-۱۳ ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛

۲-۱۳ تاریخ (ها) و مکان (ها) آزمون؛

۳-۱۳ نام آزمون‌کننده (ها)؛

۴-۱۳ هرگونه تغییرات در این روش آزمون، ناهنجاری مشاهده شده در هنگام آزمون یا مشکلات رخ داده در وسایل هنگام آزمون؛

۵-۱۳ شناسایی مواد آزمون شده شامل (اگر در دسترس باشند) ویژگی مواد، نوع مواد، معرفی مواد، تولیدکننده، سری ساخت یا شماره سری، منبع (اگر از کارخانه نباشد)، تاریخ اعتبار و انقضای گواهی‌نامه، قطر تار، تعداد ۲ یا تعداد بیشتر تارهای الیاف به هم پیچیده شده، شکل یا بافت و نوع شبکه؛

۶-۱۳ اگر امکان‌پذیر باشد توصیف مراحل ساخت با استفاده از تهیه میله شامل داده‌های شروع ساخت، داده‌های پایان ساخت، دوره عمل‌آوری[1] (سخت شدن بتن)، روش تحکیم[2] و توصیفی از وسایل استفاده شده؛

۷-۱۳ توصیفی از ساخت و ویژگی‌های سطح میله. اگر مقتضی باشد طول موثر میله را مشخص کنید؛

۸-۱۳ اگر درخواست شود، چگالی، درصد حجمی تقویت‌کننده‌ها، روش‌های آزمون محتوای حفرات، روش نمونه‌گیری آزمونه و شکل هندسی،عوامل آزمون و نتایج آزمون؛

۹-۱۳ مینیمم، ماکسیمم و مقدار میانگین مساحت اسمی و میانگین قطر موثر میله؛

۱۰-۱۳ تعریف مساحت مقطع عرضی استفاده شده در محاسبات تنش، مساحت اسمی یا مساحت استاندارد؛

۱۱-۱۳ نتایج هرگونه آزمون‌های ارزیابی غیرمخرب؛

۱۲-۱۳ روش‌های آماده‌سازی آزمونه‌ها شامل روش ورسم نشانه‌گذاری آزمونه، شکل هندسی آزمونه، روش نمونه‌برداری و روش بریدن میله. معرفی مواد مهار، شکل هندسی مهار، عامل اتصال همانند مواد چسبنده منبسط شونده و روش اتصال در آماده‌سازی و اطلاعات عمل‌آوری؛

1- Cure
2- Consolidation

۱۳-۱۳ داده‌ها و روش‌های واسنجی برای همه وسایل آزمون و ابزار اندازه‌گیری؛

۱۳-۱۴ نوع دستگاه آزمون، گیره‌ها، فک‌ها[1]، فشار گرفتن، طول گیره و سفتی سطح گیره و سرعت ثبت اطلاعات نمونه‌گیری و نوع وسایل؛

۱۳-۱۵ نتایج ارزیابی هم‌ترازی سامانه اگر چنین ارزیابی انجام شده بود؛

۱۳-۱۶ ابعاد هر آزمونه؛

۱۳-۱۷ پارامترهای شرطی (محیط‌ها، درجه حرارت، رطوبت نسبی، زمان‌ها) اگر محیط‌های دیگر در روش آزمون مشخص شده باشند؛

۱۳-۱۸ رطوبت نسبی و دمای محیط انجام آزمون؛

۱۳-۱۹ شرایط محیطی اتاقک محیطی دستگاه آزمون (اگر استفاده شده)؛

۱۳-۲۰ تعدا آزمونه‌های آزمون شده؛

۱۳-۲۱ سرعت انجام آزمون؛

۱۳-۲۲ جابجایی مبدل بر روی آزمونه و نوع مبدل برای هر استفاده از مبدل؛

۱۳-۲۳ نوع مساحت استفاده شده برای محاسبه منحنی تنش- کرنش (مساحت اسمی یا مساحت استاندارد)؛

۱۳-۲۴ منحنی تنش- کرنش و داده‌های جدول‌بندی شده تنش در مقابل کرنش برای تمام آزمونه‌ها؛

۱۳-۲۵ مقاومت‌های منفرد و مقدار میانگین، انحراف از معیار و ضریب همبستگی (بر حسب ٪) برای کل داده‌ها. اگر نیروی شکست کمتر از ماکسیمم نیروی شکست قبلی بود یادداشت کنید؛

۱۳-۲۶ خمش‌های منفرد شکست و مقدار میانگین، انحراف از معیار و ضریب همبستگی (بر حسب ٪) برای کل داده‌ها؛

۱۳-۲۷ اگر برای مهار از تعریف دیگری به جز مدول الاستیسیته وتری برای مدول الاستیسیته استفاده شده، توصیف روش مورد استفاده، ضریب همبستگی به دست آمده (اگر قابل کاربرد باشد) و محدوده کرنش مورد ارزیابی؛

۱۳-۲۸ مقادیر منفرد مدول الاستیسیته و مقدار میانگین، انحراف از معیار و ضریب همبستگی (بر حسب ٪) برای کل داده‌ها؛

1- Jaws

۲۹-۱۳ حالت و محل شکست برای هر آزمونه.

۱۴ دقت و اریبی

۱-۱۴ دقت، داده‌های لازم برای توسعه دقت در این روش آزمون در دسترس نیستند. دقت به عنوان درجه‌ای از توافق متقابل بین اندازه‌گیری‌های منفرد که نمی‌تواند تخمین زده شود، تعریف می‌شود زیرا مقدار داده‌ها کافی نیست.

۲-۱۴ اریبی، اریبی را نمی‌توان برای این روش آزمون تعیین کرد و مرجع قابل‌قبولی برای ارجاع استاندارد وجود ندارد.

پیوست الف

(الزامی)

الف-۱ مهار توصیه شده برای آزمون میله‌های پلیمری تقویت شده با الیاف تحت کشش

الف-۱-۱ هدف

این پیوست مهارهای توصیه شده برای تسهیل در گرفتن آزمونه میله پلیمری تقویت شده با الیاف در انواع آزمون‌های انجام شده تحت بارگذاری کششی را توصیف کرده و آماده‌سازی آزمونه را مشخص می‌کند. برای استفاده از انواع دیگر مهارها این موارد باید رعایت شود:

- شکست میله خارج از مهارها اتفاق بیافتد؛
- مهارها از لغزش زیاد میله قبل از رسیدن به شکست کششی جلوگیری کنند.

الف-۱-۱-۱ این مهار برای انجام آزمون‌های خمش یکپارچه، خزش، وارفتگی[1]، خستگی[2] و استحکام اتصال بیرونی میله‌های پلیمری تقویت شده با الیاف توصیه شده‌اند.

الف-۱-۱-۲ این مهار برای انجام آزمون میله‌های پلیمری تقویت شده با الیاف که بار بیش‌تر از ۴۰۰۰۰۰N نیرو را برای شکست آزمونه لازم دارند توصیه نمی‌شود.

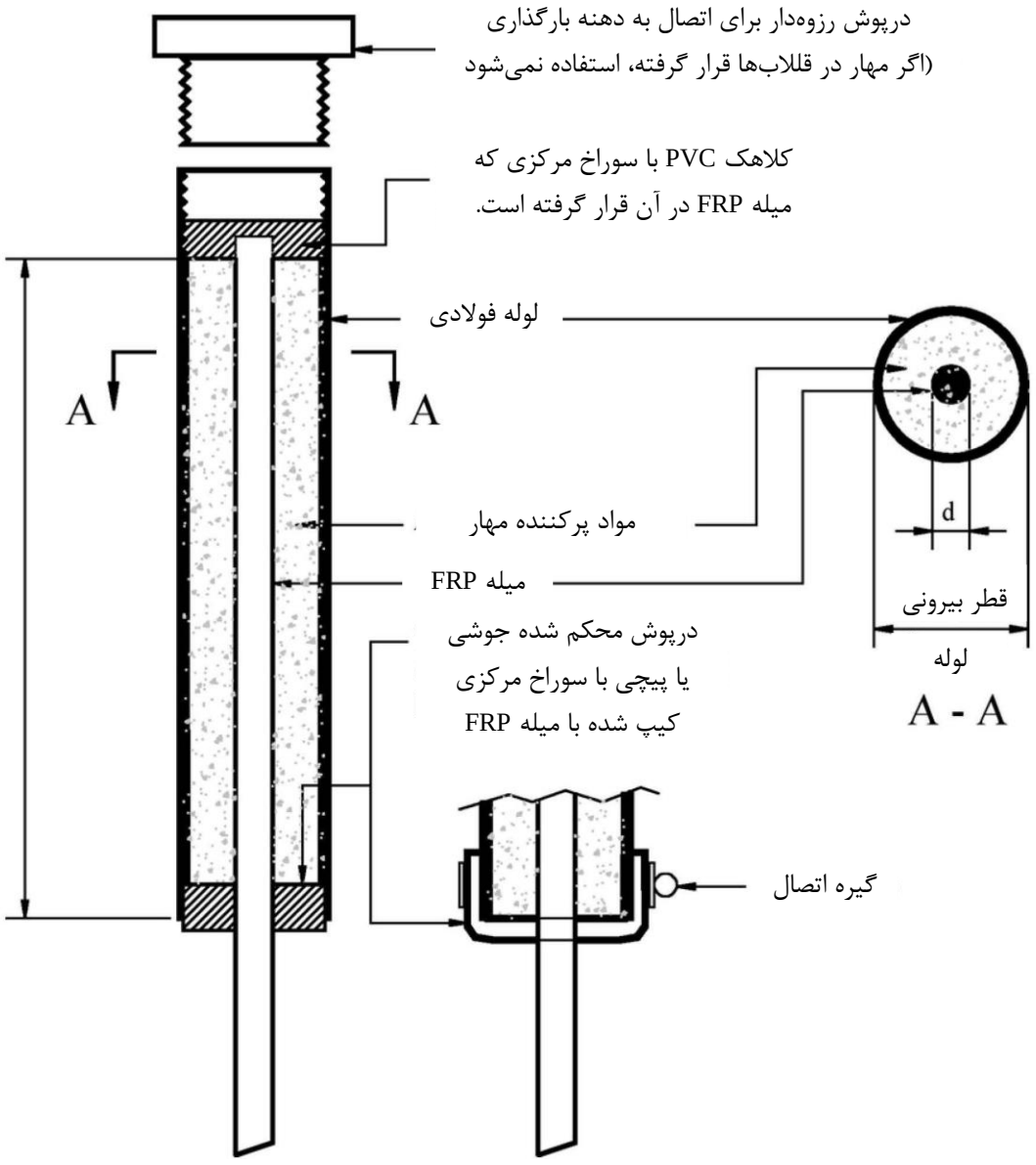
یادآوری - تجربه انجام آزمون میله‌های پلیمری تقویت شده با الیاف دارای قطر بزرگ (بزرگ‌تر از ۲۵mm) و سطوح نیروی لازم بیش از ۴۰۰۰۰۰N برای شکست تا حدی غیرممکن است. کاربر باید احتیاط و توجه کند که دیواره لوله مهار احتیاج به افزایش ضخامت دارد و همه عناصر مجموعه برای سطوح نیروی بالا احتیاج به ترفیع دارند تا این آزمونه‌ها با قطر بزرگ‌تر بشکنند.

الف-۱-۳ دستگاه‌ها

الف-۱-۳-۱ مثالی از مهار در شکل الف-۱ نشان داده شده است. کلاهک پلی وینیل کلراید (PVC) دارای یک سوراخ میانی هم‌مرکز با قطر مناسب است که در مرکز میله‌های پلیمری تقویت شده با الیاف داخل لوله فولادی استفاده شده است. درپوش استیل با سوراخ هم‌مرکز باید به صورت رزوه‌دار یا جوشی به لوله فولادی متصل شده باشد. ابعاد توصیه شده برای لوله فولادی در جدول الف-۱ ذکر شده است. اگر هیچ لغزش گسترده‌ای مشاهده نشود، می‌توان از لوله‌ها با طول کوتاه‌تر از آنچه در جدول الف-۱ ذکر شده، استفاده کرد و شکست آزمونه در میان طول سنجه به عنوان یک الزام است. ، همان طور که در شکل الف-۲ نشان داده شده است، برای قطعات بریده شده از شبکه پلیمری تقویت شده با الیاف، ثابت‌کننده‌های مشابه با گیره‌ها و این که حداقل سه اتصال در شبکه گنجانده شود، پیشنهاد می‌شود. روش‌های توصیه شده برای اتصال مهار به دستگاه آزمون در شکل الف-۳ نشان داده شده است.

الف-۱-۳-۲ آماده‌سازی سطح مهار، عملیات فیزیکی، شیمیایی یا تمیز کردن سطح داخلی لوله برای ارتقا چسبندگی لوله با چسب قالب یا گروت[3] به شرطی که تاثیری بر روی خواص کشش آزمونه در بخش طول آزاد نداشته باشد و شکست در بیرون مهارها اتفاق بیفتد، قابل قبول است.

1- Relaxtion
2- Fatigue
3- Grout



شکل الف-۱- مثالی از جزئیات مهار

الف-۱-۳-۲ مواد پرکننده قلاب، لوله باید با چسب پلمیری یا نسبت ۱:۱ از چسب و ماسه تمیز یا اپوکسی پر شود. برای مواد پرکننده باید از چسب سازگار با آزمونه استفاده شود. استحکام پرکننده باید طوری باشد که ماکسیمم نیروی تنش رخ داده در هنگام آزمون باعث لغزش در میان سراسر طول اتصال آزمونه نشود.

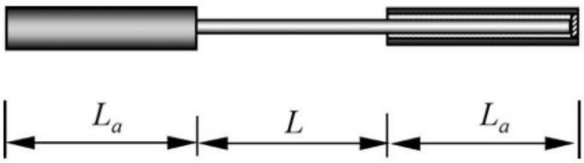
یادآوری- پس از سخت شدن، چسب یا اپوکسی فشار یکنواختی را به میله اعمال می‌کنند و اجازه می‌دهند کمی فشار افزایش یابد که لغزش پایدار به عنوان بار کششی افزایش می‌یابد. مقدار کمی لغزش در انتهای مهار کاهش می‌یابد که اعتقاد بر این است که با حداقل رساندن تمرکز تنش در میله همراه است. اپوکسی و مهارها انتخاب شده برای ارایه فشار ۳۰MPa تا ۳۵MPa در داخل مهار، برای گرفتن میله‌های پلیمری تقویت شده با الیاف کربنی هنگامی که نسبت طول به قطر تقریبا ۵۰ است، رضایت‌بخش بوده‌اند. در مقایسه بین میله‌های پلیمری تقویت شده با الیاف کربنی و شیشه‌ای، میله‌های پلیمری تقویت

شده با الیاف آرامیدی[1] اغلب به علت مدول عرضی پایین‌تر، دیرتر به گروت می‌چسبند. در این موارد استفاده از چسب پلیمری توصیه می‌شود. مهارها باید استحکام کافی داشته باشند تا در هنگام آزمون دچار تغییرشکل پلاستیک نشوند. چسب‌های اپوکسی که فشار و انعطاف‌پذیری مناسبی دارند برای استفاده در مهار میله‌ها به کار می‌روند و به صورت تجاری برای استفاده در بتن تخریب شده و مواد سنگی به فروش می‌رسند. یک جزء اولیه سیمان‌ها CaO است. فرآیندهای گرفتن[2] و انبساط به زمان، دما و رطوبت حساس هستند اما اصولا سطوح مفید در ۴۸ تا ۷۲ ساعت در شرایط محیطی داخلی آزمایشگاه انجام می‌شوند.

الف-۴ آماده‌سازی آزمونه

الف-۴-۱ برش آزمونه، آزمونه‌ها با طول موردنیاز باید از بدنه یک میله اولیه بریده شوند. برای تهیه آزمونه از شبکه، باید از بریدن تیرهای عرضی خیلی نزدیک به میله اجتناب شود. با گذاشتن یک فاصله ۲mm از تیرهای عرضی می‌توان گرفتن آزمونه توسط گیره‌ها را تسهیل کرد.

جدول الف-۱- ابعاد توصیه شده برای آزمونه‌ها و لوله فولادی



نوع میله پلیمری تقویت شده با الیاف	قطر میله پلیمری تقویت شده باالیاف (d) mm	قطر بیرونی لوله فولادی mm	حداقل طول لوله فولادی (L_a) mm
Gپلیمری تقویت شده با الیاف	۶٫۴	۳۵	۳۰۰
Gپلیمری تقویت شده با الیاف	۹٫۵	۳۵	۳۰۰
Gپلیمری تقویت شده با الیاف	۱۳	۴۲	۳۸۰
Gپلیمری تقویت شده با الیاف	۱۶	۴۲	۳۸۰
Gپلیمری تقویت شده با الیاف	۱۹	۴۸	۴۶۰
Gپلیمری تقویت شده با الیاف	۲۲	۴۸	۴۶۰
Gپلیمری تقویت شده با الیاف	۲۵	۴۸	۴۶۰
Gپلیمری تقویت شده با الیاف	۲۹	۴۸	۴۶۰
Gپلیمری تقویت شده با الیاف	۳۲	۷۵	۸۰۰
Cپلیمری تقویت شده با الیاف	۹٫۵	۳۵	۴۶۰

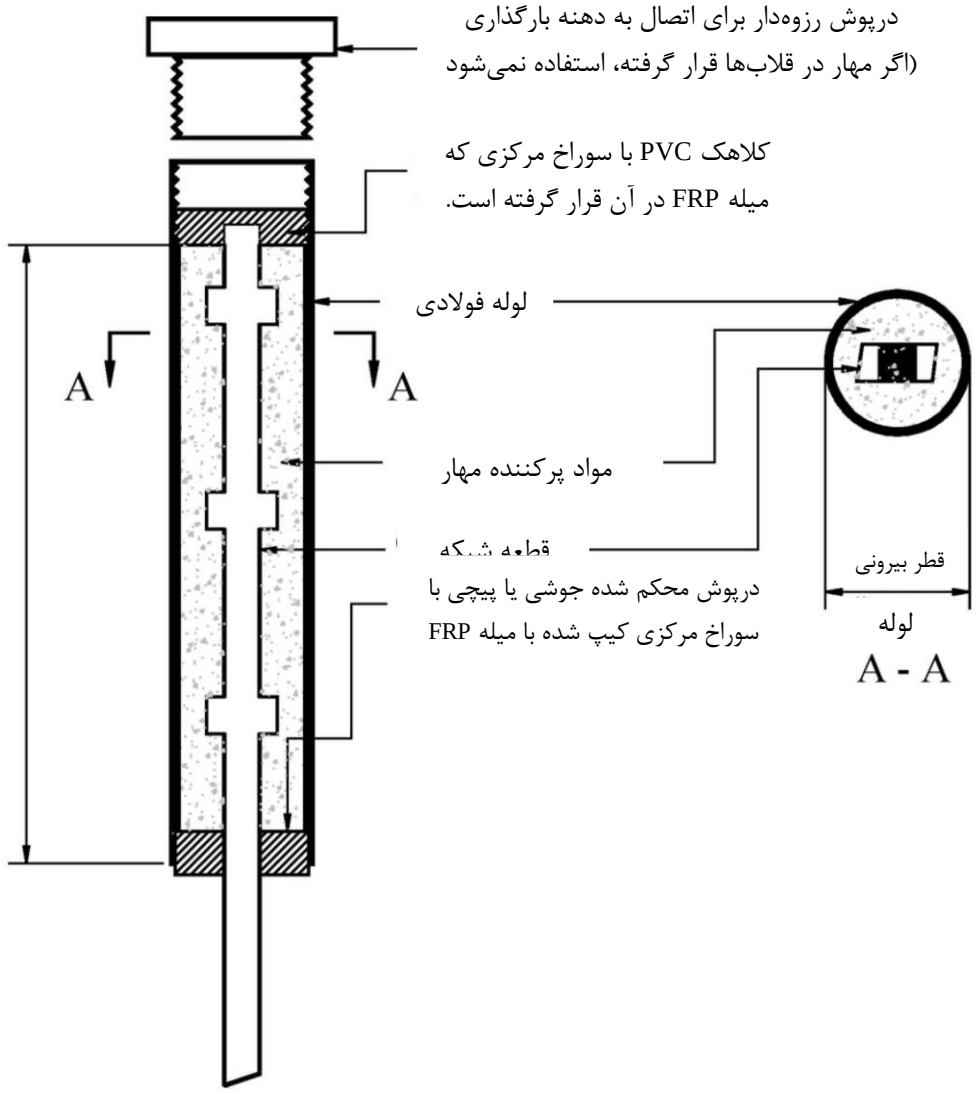
1- Aramid
2- Cure

یادآوری ۱- Gپلیمری تقویت شده با الیاف میله‌های پلیمری تقویت شده با الیاف ساخته شده از الیاف شیشه و Cپلیمری تقویت شده با الیاف میله‌های پلیمری تقویت شده با الیاف ساخته شده از الیاف کربن هستند.

یادآوری ۲- ضخامت دیواره ۴٫۸mm یا بزرگتر توصیه شده است.

یادآوری ۳- حداقل فضا برای چسب بین سطح خارجی میله و دیواره داخلی لوله فولادی ۴mm توصیه شده است.

یادآوری ۴- طول مهار (L_a) طول لازم برای اتصال میله به لوله فولادی است؛ طول کلی ممکن است برای استفاده از درپوش رزوه‌دار الزام به افزایش داشته باشد.

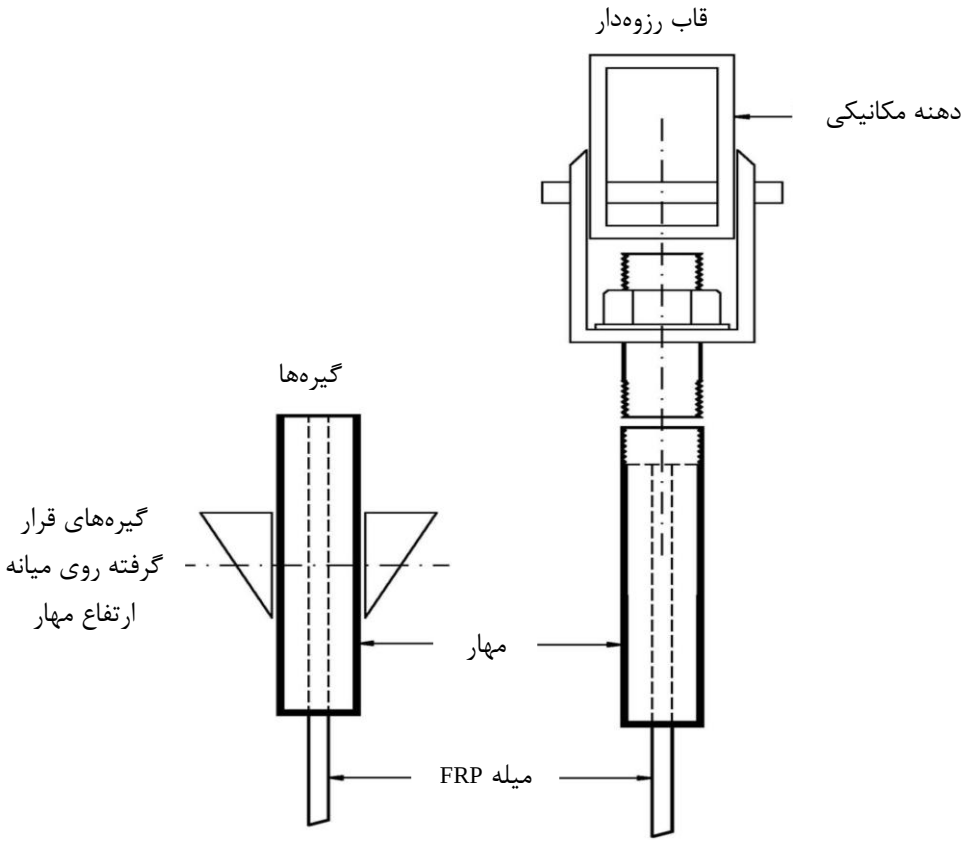


شکل الف-۲- مثالی از جزئیات مهار برای آزمونه‌های بریده شده از شبکه

الف-۴-۲ طول آزمونه، طول کل آزمونه باید جمع طول آزاد با دو برابر طول مهار (L_a) باشد. طول آزاد بین مهارها (L) نباید کم‌تر از ۳۸۰mm و کم‌تر از ۴۰ برابر قطر موثر میله باشد.

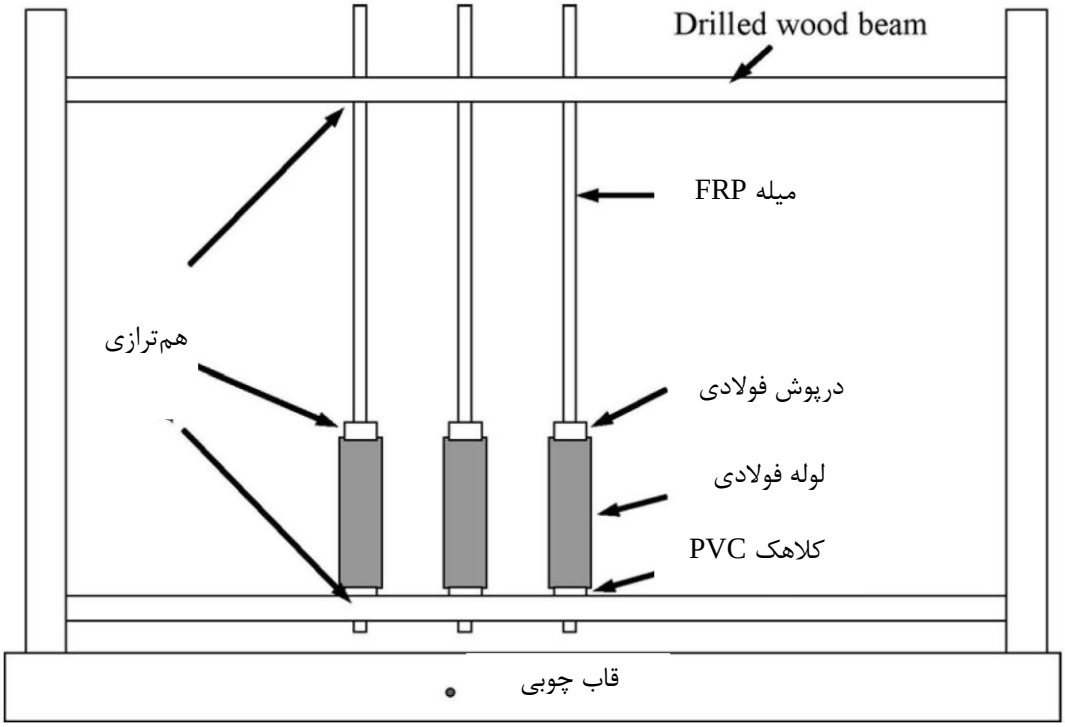
الف-۱-۵ روش قالب‌گیری مهار

الف-۱-۵-۱ مونتاژ و آماده‌سازی، لوله‌های فولادی و میله‌های پلیمری تقویت شده با الیاف باید قبل از عملکرد چسب یا اپوکسی به صورت محوری تراز شوند. شکل الف-۴ ثابت‌کننده مناسبی که می‌تواند برای این هم‌ترازی استفاده شود را نشان می‌دهد. در این ثابت‌کننده، یک درپوش فلزی رزوه‌دار به لوله فولادی متصل شده است. میله‌های پلیمری تقویت شده با الیاف در میان سوراخ مرکزی درپوش فولادی و در میان کلاهک از جنس PVC قرار می‌گیرند و بنابراین به صورت محوری تراز شده و داخل لوله نگه داشته می‌شوند. بتونه سیلیکونی در کف درپوش به کار می‌رود تا از هرگونه نشتی چسب یا اپوکسی جلوگیری کند. جایگزینی ثابت‌کننده‌های هم‌ترازی و روش‌های درزبندی قابل قبول است.



شکل الف-۳- مثالی از اتصال مهار یا گیره یا حلقه‌های رزوه‌دار

تیرک چوبی سوراخ شده



شکل الف-۴- راهنمای تراز کردن آزمونه‌ها و مهارها

الف-۱-۵-۲ قالب‌گیری، در صورت امکان باید قالب‌گیری در جهت عمودی همان‌طور که در شکل الف-۴ نشان داده شده، انجام شود. چسب یا اپوکسی باید به طور مستقیم از یک بشر دهانه باریک یا یک قیف مناسب تا تا رسیدن به سطح موردنظر ریخته شود. به آرامی چند ضربه به بیرون لوله بزنید تا حباب هوای محبوس در آن از بین برود و سپس کلاهک PVC را بر روی میله پایینی قرار داده و سریع چند ضربه بر بالای آن بزنید. اگر آزمونه در هر دو انتها به مهار احتیاج داشت باید حداقل ۱۲ ساعت از زمان قالب‌گیری اولین مهار گذشته باشد.

الف-۱-۵-۳ عمل‌آوری، به طور معمول زمان عمل‌آوری توسط تولیدکننده مواد پرکننده توصیه می‌شود که باید اجازه دهد قبل از انجام آزمون، چسب یا اپوکسی داخل لوله سفت شود.

الف-۱-۵-۳ راه‌اندازی، هنگامی که گرفتن آزمونه به صورت عمودی نباشد، مهارها باید در هر دو انتهای آزمونه قرار گیرند تا از خمش و پیچش آزمونه جلوگیری کنند.

الف-۲ روش‌های توصیه شده برای آزمون میله‌ها در سایر شرایط آزمایشگاهی

الف-۲-۱ هدف

این قسمت توصیه‌هایی برای آزمون میله‌ها در سایر شرایط آزمایشگاهی را بیان می‌کند. این شرایط می‌تواند فروبردن در آب یا سایر محلول‌های آبی یا ارزیابی شرایط دمایی و رطوبتی باشد.

الف-۲-۲ شرطی‌سازی

آزمونه را به شرایط محیطی مطلوب مشروط کنید. اگر شرایط انجام آزمون متفاوت از شرایط محیطی باشد آزمونه را تا زمان آزمون در محیط مشروط شده قرار دهید.

الف-۲-۳ محیط آزمون

الف-۲-۳-۱ آزمون را تحت شرایط مشخص شده (همانند دما، رطوبت نسبی و قرار گرفتن در معرض مایعات) انجام دهید.

الف-۲-۳-۲ انجام آزمون در رطوبت بالا، مواردی همانند آزمون دما بالای یک آزمونه مرطوب ممکن است فراتر از قابلیت‌های اتاقک‌های محیطی یک دستگاه آزمون معمولی باشد. در این موارد، انجام آزمون در دمای بالا با کنترل عدم مواجهه با مایعات لازم است و کاهش رطوبت می‌تواند هنگام انجام آزمون مکانیکی اتفاق بیفتد. این کاهش را می‌توان با کاهش زمان مواجهه در اتاقک آزمون به حداقل رساند البته باید مراقب بود و اطمینان حاصل کرد که آزمونه در تعادل دمایی است. این کاهش را می‌توان توسط افزایش رطوبت نسبی در اتاقک کنترل نشده از رطوبت معلق، بافت درشت داخل اتاقک و مرطوب نگه‌داشتن آن توسط یک آب‌فشان قطره‌ای در خارج اتاقک به حداقل رساند.. در مجموع، ثابت‌کننده‌ها می‌توانند پیش‌گرم شوند، دما می‌تواند شیب‌دار افت کند، زمان نگهداری قبل از آزمون می‌تواند به حداقل برسد. شرایط محیطی مشروط آزمونه‌های مجازی، شامل یک میله بدون پوشش[1] با طول برابر با یک یا چند طول معرف، با برش لبه‌های محافظت شده از انتقال رطوبت با چسب ضدرطوبت درجه بالا را می‌توان برای اندازه کاهش رطوبت هنگام مواجهه با محیط استفاده کرد. آزمونه مجازی را وزن نموده و قبل از انجام آزمون در اتاق آزمونی مشابه با آن که آزمونه قرار می‌گیرد قرار دهید. آزمونه مجازی را بلافاصله پس از شکست خارج نموده و دوباره آن را وزن کنید تا کاهش رطوبت تعیین شود. تغییرات محیط آزمون را ثبت کنید.

الف-۲-۳-۳ دمای آزمون را توسط قرار دادن یک ترموکوپل در فاصله ۲۵mm از بخش سنجش آزمونه پایش کنید. دمای آزمونه و آزمونه مجازی را در ۳°C± شرایط لازم حفظ کنید، اگر یکی از آن‌ها برای جبران تنش دمایی یا ارزیابی کاهش رطوبت استفاده شده است. یک روش اندازه‌گیری موثر چسباندن ترموکوپل به آزمونه (و آزمونه مجازی) است.

1- Bare

الف-۲-۳-۴ ابعاد لازم اتاق مواجهه با شرایط محیطی، بعید به نظر می‌رسد اتاقک مواجهه با شرایط محیطی دستگاه آزمون به اندازه کافی برای نگه داشتن کل نمونه در شرایط آزمون مشخص شده، جا داشته باشد. پروفایل‌های حرارتی و رطوبتی غیریکنواخت را می‌توان با کاهش زمان مواجهه در اتاقک آزمون به حداقل برسد. ابعاد محفظه مواجهه زیست محیطی را گزارش کنید. محل شکست نمونه را ثبت و محل این شکست‌ها را نسبت به موقعیت اتاق بر روی آزمونه گزارش دهید.