



جمهوری اسلامی ایران

Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۴۷۶۱-۱

چاپ اول

آبان ۱۳۹۱

INSO

14761-1

1st. Edition

Nov.2012

پلیمر تقویت شده با الیاف (FPR) برای
تسلیح بتن - روش‌های آزمون
قسمت ۱: میله و رشته‌های FRP

**Fibre-reinforced polymer(FRP)
reinforcement of concrete —Test methods
— Part 1: FRP bars and grids**

ICS:91.100.30;83.120

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 سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

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

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« پلیمر تقویت شده با الیاف (FPR) برای تسلیح بتن - روش‌های آزمون

قسمت ۱: میله و رشته‌های FRP»

رئیس:

روا، افشین

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

سمت و/یا نمایندگی

اداره کل استاندارد و تحقیقات

صنعتی آذربایجان شرقی

دبیران:

قدیمی، نیما

(کارشناس مهندسی عمران)

شرکت کیفیت آفرینان آذر

تبریزی، آذر

(کارشناس مهندسی عمران)

شرکت کیفیت آفرینان آذر

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

ادریسی، نازیلا

(کارشناسی ارشد معماری)

دانشگاه آزاد اسلامی واحد

سردرود

الفت، علیرضا

(کارشناس ارشد مهندسی شیمی)

اداره کل استاندارد و تحقیقات

صنعتی آذربایجان شرقی

پوربابا، مسعود

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه و

عضو هیئت مدیره سازمان نظام

مهندسی ساختمان استان

آذربایجان شرقی

جدیری، محمدعلی

(کارشناس مهندسی عمران)

شرکت پیشگامان کیفیت هستی

آذر

فرشی حقرو، ساسان

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

اداره کل استاندارد و تحقیقات

صنعتی آذربایجان شرقی

سازمان نظام مهندسی معدن
استان آذربایجان شرقی

قدیرزاده، ایوب
(کارشناس ارشد زمین شناسی اقتصادی)

موسسه آموزش عالی مهرگان

قدیمی کلجاهی، لیدا
(کارشناس زبان)

اداره کل استاندارد و تحقیقات
صنعتی آذربایجان شرقی

قدیمی کلجاهی، فریده
(کارشناس ارشد شیمی)

آزمایشگاه همکار تکین ساز آزما

مشاور، عاطف
(کارشناسی مهندسی عمران)

پیش‌گفتار

استاندارد « مسلح‌سازی پلیمر تقویت شده با الیاف (FPR) بتن- روش‌های آزمون قسمت ۱: میله و رشته‌های FRP » که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط شرکت کیفیت آفرینان آذر تهیه و تدوین شده در سید و پنجاه و چهارمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی تاریخ ۱۳۹۰/۱۲/۱۶ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در موقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هرگونه پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استاندارد ها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوطه 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 :

ISO 10406-1: 2008, Fibre-reinforced polymer (FRP) reinforcement of concrete —Test methods — Part 1: FRP bars and grids

پلیمر تقویت شده با الیاف (FPR) برای تسلیح بتن - روش‌های آزمون

قسمت ۱: میله و رشته‌های FRP

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارزیابی روش‌های آزمون قابل کاربرد برای میله و رشته‌های پلیمری تقویت شده با الیاف به عنوان مسلح کننده‌ها یا تاندول‌های پیش‌تنش در بتن است.

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 آن مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای کاربرد استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۱۷: سال ۱۳۸۷، پلاستیک‌ها-شرایط محیطی استاندارد برای رسیدن به شرایط تثبیت و آزمون

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۳۱۲۹، کولیس‌های ورنیه‌دار با دقت ۰/۰۲ میلی‌متر

۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۷۵۵۸: سال ۱۳۸۳، شیشه آلات آزمایشگاهی - استوانه‌های مدرج

۴-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۸۷۶۸: سال ۱۳۸۵، هوا فضا-مواد فلزی-تصدیق دستگاه‌های آزمون یک محوری ایستاء-قسمت اول-دستگاه‌های آزمون نیروهای کشش/فشار-تصدیق و کالیبراسیون سامانه اندازه گیری نیرو

2-5 ISO 3611, Micrometer callipers for external measurement

۳ اصطلاحات، تعاریف و نمادها

۱-۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۱-۳

قلیاء^۱

شرایط دارا بودن یا محتوی یون‌های هیدروکسیل (OH^-)؛ حاوی مواد قلیایی.

1- Alkalinity

یادآوری- در بتن، pH محیط قلیایی اولیه بیشتر از ۱۳ است.

۲-۱-۳

تسلیح لنگرگاه^۱

فولاد مسلح مشبک یا مارپیچی یا FRP مرتبط با لنگرگاه و ترتیبات پشت آن

۳-۱-۳

بخش لنگر^۲

قسمت انتهایی آزمون که لنگرگاه در آن جای می‌گیرد تا بارها را از ماشین آزمون به بخش آزمون منتقل کند.

۴-۱-۳

بار میانگین^۳

(تنش) میانگین حداقل و حداکثر بار تکراری (تنش).

۵-۱-۳

زاویه خم^۴

زاویه‌ای که توسط قسمت‌های مستقیم آزمون روی یکی از دو طرف خم‌کن ایجاد می‌شود.

۶-۱-۳

نسبت قطر خم^۵

نسبت قطر خارجی سطح خم‌کن در تماس با میله FRP و قطر اسمی FRP.

۷-۱-۳

ظرفیت کششی خم^۶

کشش‌پذیری بار در لحظه خرابی آزمون.

۸-۱-۳

ضریب انبساط حرارتی^۷

میانگین ضریب انبساط حرارتی خطی ما بین دماهای ارائه شده.

یادآوری- میانگین دماهای ارائه شده به عنوان دمای نماینده در نظر گرفته می‌شود.

-
- 1- Anchorage reinforcement
 - 2- Anchoring section
 - 3- Average load
 - 4- Bending angle
 - 5- Bending diameter ratio
 - 6- Bending tensile capacity
 - 7- Coefficient of thermal expansion

۹-۱-۳

الیاف پیوسته^۱

اصطلاح متداول برای الیاف پیوسته مانند کربن، آرامید و شیشه.

۱۰-۱-۳

متصل کننده^۲

دستگاه متصل کننده تاندون‌ها.

۱۱-۱-۳

ظرفیت خرابی خزش^۳

بار ایجاد کننده خرابی پس از یک دوره زمانی مشخص از آغاز بار تحمیل شده؛ مثلاً، بار ایجاد کننده خرابی پس از یک میلیون ساعت به عنوان ظرفیت خرابی خزش یک میلیون ساعتی نامیده می‌شود.

۱۲-۱-۳

استحکام خرابی خزش^۴

تنش ایجاد کننده خرابی پس از یک دوره زمانی مشخص از آغاز بار تحمیل شده؛ مثلاً، بار ایجاد کننده خرابی پس از یک میلیون ساعت به عنوان استحکام خرابی خزش یک میلیون ساعتی نامیده می‌شود.

۱۳-۱-۳

زمان خرابی خزش^۵

زمان مابین آغاز بار تحمیل شده و خرابی آزمونه.

۱۴-۱-۳

خرابی خزش^۶

خرابی روی داده در آزمونه به دلیل بار تحمیل شده.

۱۵-۱-۳

کرنش خزش^۷

تغییر دیفرانسیلی در طول به ازای واحد طول که به دلیل خزش در آزمونه روی می‌دهد.

-
- 1- Continuous fibre
 - 2- Coupler
 - 3- Creep failure capacity
 - 4- Creep failure strength
 - 5- Creep failure time
 - 6- Creep failure
 - 7- Creep strain

۱۶-۱-۳

خزش^۱

تغییر شکل وابسته به زمان یک میله FRP که در دمای ثابتی در معرض بار تحمیل شده قرار گرفته باشد.

۱۷-۱-۳

بخش خم شده^۲

بخشی از میله FRP که خم شده و با همان نسبت زاویه خمشی و قطر خمشی حفظ شده است.

۱۸-۱-۳

خم کن^۳

وسیله به کار رفته برای حفظ موقعیت، تغییر زاویه خمشی یا کاهش تنش در میله FRP که گاهی اوقات در قسمت خم شده نصب می‌شود.

۱۹-۱-۳

استحکام خرابی^۴

حداکثر تنش تکراری در آزمون‌های که در تعداد چرخه‌های توصیه شده، پذیرفته می‌شود.

۲۰-۱-۳

پلیمر تقویت شده با الیاف^۵

ماده کامپوزیت، قالب‌گیری شده و سخت شده به شکل مورد نظر، شامل الیاف پیوسته سیر شده با پلیمر با الیاف رشته‌پیچی شده است.

۲۱-۱-۳

فرکانس^۶

تعداد چرخه‌های بارگذاری (تنش‌دهی) در یک ثانیه طی آزمون است.

۲۲-۱-۳

میله FRP^۷

-
- 1- Creep
 - 2- Deflected section
 - 3- Deflector
 - 4 - Fatigue strength
 - 5- Fibre-reinforced polymer (FRP)
 - 6-Frequency
 - 7- FRP bar

ماده کامپوزیت به شکل بلند و ظریف، برای استفاده به عنوان مسلح کننده در بتن مناسب بوده و به طور عمده شامل الیاف تک سویه طولی معین که به وسیله یک ماده رزین پلیمر سخت، شکل داده شده است.

۲۳-۱-۳

طول سنجه^۱

بخش مستقیمی در طول آزمون که برای اندازه گیری کشیدگی با استفاده کشش سنج یا دستگاه مشابه به کار می رود.

۲۴-۱-۳

شبکه^۲

آرایه سخت دوبعدی (مسطح) یا سه بعدی (فضایی) میله های FRP که شبکه پیوسته ای را تشکیل می دهند که می تواند برای تسلیح بتن به کار رود.

۲۵-۱-۳

دامنه بار^۳

دامنه بار (تنش)

نصف گستره بار (تنش)

۲۶-۱-۳

گستره بار (تنش)^۴

اختلاف بین حداقل و حداکثر بار (تنش) تکراری

۲۷-۱-۳

حداکثر بار (تنش) تکراری^۵

حداکثر بار (تنش) طی بارگذاری تکراری

۲۸-۱-۳

حداکثر نیروی کشسانی^۶

حداکثر بار کششی تحمل شده توسط آزمون کشش

1- Gauge length

2-Grid

3- Load amplitude

4- Load (stress) range

5- Maximum repeated load (stress)

6-Maximum tensile force

۲۹-۱-۳

حداقل بار (تنش) تکراری^۱

حداقل بار (تنش) طی بارگذاری تکراری

۳۰-۱-۳

سطح مقطع اسمی^۲

مقدار به دست آمده از تقسیم حجم آزمون FRP بر طول آن

۳۱-۱-۳

قطر اسمی^۳

قطر FRP محاسبه شده برای مقطع دایره ای فرضی

۳۲-۱-۳

طول محیطی (بیرونی) اسمی^۴

طول محیطی FRP که اساس محاسبه قدرت پیوند بوده و باید به طور جداگانه برای هر FRP تعیین شود.

۳۳-۱-۳

تعداد چرخه‌ها^۵

تعداد دفعاتی که بار (تنش تکراری) به آزمون اعمال می شود.

۳۴-۱-۳

آسودگی^۶

آسودگی از تنش

کاهش وابسته به زمان در بار یک FRP که در دمای ثابت ارائه شده با یک بار اولیه معین اعمال شده و در کرنش ثابت نگهداشته می شود.

۳۵-۱-۳

نرخ آسودگی^۷

-
- 1- Minimum repeated load (stress)
 - 2- Nominal cross-sectional area
 - 3- Nominal diameter
 - 4- Nominal peripheral length
 - 5- Number of cycles
 - 6- Relaxation
 - 7- Relaxation rate

درصد کاهش بار نسبت به بار اولیه پس از دوره زمانی ارائه شده، تحت کرنش ثابت.

یادآوری- مقدار آسودگی پس از یک میلیون ساعت (تقریبا ۱۱۴ سال) به عنوان نرخ آسودگی ۱۰۰ ساله تعریف می‌شود.

۳-۱-۳۶

بار (تنش) تکراری^۱

بار (تنش) که به طور چرخه‌ای بین مقادیر حداقل و حداکثر تغییر می‌کند.

۳-۱-۳۷

نمودار S-N

نمودار ترسیم شده روی یک نقشه که در آن تنش تکراری روی محور عمودی و تعداد چرخه‌های خرابی روی محور افقی قرار دارد.

۳-۱-۳۸

تاندون، FRP

ساختار متصل به رزین ساخته شده از الیاف پیوسته استفاده شده برای مسلح کردن بتن یک محوری.

یادآوری- تاندون‌ها معمولا در بتن پیش تنیده استفاده می‌شوند.

۳-۱-۳۹

تجزیه و تحلیل حرارتی-مکانیکی^۲

TMA

روشی برای اندازه‌گیری تغییر شکل یک ماده به عنوان تابع دما یا زمان، با تغییر دادن دمای ماده مطابق با برنامه کالیبره شده، در شرایط بار بدون ارتعاش.

۳-۱-۴۰

نمودار TAM

نموداری که دما یا زمان در محور افقی و تغییر شکل روی محور عمودی قرار دارد.

۳-۱-۴۱

کرنش نهایی^۳

کرنش مربوط با حداکثر نیروی کششی است.

1- Repeated load (stress)

2- Thermo-mechanical analysis (TMA)

3- Ultimate strain

جدول ۱- نمادها

مرجع	توصیف	واحد	نماد
۴-۶، ۳-۵	سطح مقطع عرضی اسمی آزمون	mm ²	A
۳-۵	قطر اسمی	mm	D
۴-۶	مدول یانگ	N/mm ²	E
۴-۶	حداکثر نیروی کششی	N	F _u
۴-۶	استحکام کششی	N/mm ²	f _u
۴-۶	کرنش نهایی	-	ε _u
۴-۶	اختلاف بین ۲۰٪ و ۵۰٪ حداکثر نیروی کششی	N	ΔF
۴-۶	اختلاف کرنش بین ΔF	-	Δε
۴-۷	تنش پیوندی	N/mm ²	τ
۴-۷	بار کششی در آزمون انجام شده	N	P
۴-۷	طول محیطی اسمی آزمون	mm	u
۴-۷	طول پیوندی	mm	l
۲-۵-۹	نرخ آسودگی	%	Y
۲-۵-۹	رمان	h	t
۲-۵-۹	ثابت تجربی	-	k _a
۲-۵-۹	ثابت تجربی	-	k _b
-	نسبت کاهش جرم	%	R _{Δm}
۳-۵	حجم آب در سیلندر اندازه‌گیری	mm ³	V ₀
۳-۵	حجم مجموع کل آب و آزمون	mm ³	V _s
۳-۵	طول آزمون	mm	l ₀
۴-۱۱	جرم قبل از غوطه‌وری	g	m ₀
۴-۱۱	طول قبل از غوطه‌وری	mm	L ₀

ادامه جدول ۱- نمادها

۴-۱۱	جرم پس از غوطه‌وری	g	m_1
۴-۱۱	طول پس از غوطه‌وری	mm	L_1
۲-۵-۱۱	نرخ بازداري ظرفیت کششی	%	R_{et}
۲-۵-۱۱	ظرفیت کششی قبل از غوطه‌وری	N	F_{u1}
۲-۵-۱۱	ظرفیت کششی پس از غوطه‌وری	N	F_{u0}
۳-۶-۱۲	نسبت بار خزشی	-	R_{Yc}
۲-۵-۱۳	تنش برشی	N/mm^2	τ_s
۲-۵-۱۳	بار خرابی برش	N	P_s
۱-۴-۱۵	ضریب انبساط حرارتی	$1/^\circ C$	α_{sp}
۱-۴-۱۵	اختلاف طول آزمون در دماهای T_2 و T_1	μ	ΔL_{spm}
۱-۴-۱۵	اختلاف طول آزمون ویژگی برای کالیبراسیون طول بین دماهای T_1 و T_2	μ	ΔL_{refm}
۱-۴-۱۵	طول آزمون در دمای اتاق	m	L_0
۱-۴-۱۵	حداکثر دما برای محاسبه ضریب انبساط حرارتی (معمولا $60^\circ C$)	$^\circ C$	T_2
۱-۴-۱۵	حداقل دما برای محاسبه ضریب انبساط حرارتی (معمولا $0^\circ C$)	$^\circ C$	T_1
۱-۴-۱۵	ضریب انبساط حرارتی محاسبه شده برای آزمون ویژگی به منظور کالیبراسیون طول بین دماهای T_1 و T_2	$1/^\circ C$	α_{set}

۴ تدارکات عمومی مربوط به آزمون

آزمون باید از میله یا شبکه با شرایط تحویل^۱ برداشته شود، جز در مواردی که طور دیگری توافق شود. در مواردی که آزمون‌ها از یک مارپیچ^۲ برداشته شوند، آن‌ها باید قبل از هرگونه آزمون با عملیات ساده خمش با کمترین مقدار تغییر شکل نرم شدگی، راست شوند. برای تعیین خواص مکانیکی در آزمون‌های کششی، پیوندی و لنگری، آزمون ممکن است بسته به الزامات عملکرد محصول، (در صورت نیاز، پس از راست کردن) به صورت ساختگی کهنه شوند^۳. وقتی آزمون کهنه می‌شود، شرایط کهنه شدن حرارتی باید در گزارش آزمون بیان شود.

1- As-delivered
2-Coil
3- Aged

۵ روش آزمون خواص مقطع عرضی

۱-۵ آزمون

۱-۱-۵ آماده‌سازی آزمون

برای آزمون کششی، آزمون باید به اندازه طول از پیش تعیین شده از ماده مادر (FRP) بریده شود که انتهای بریده شده آن دارای سطح پرداخت شده باشد.

۲-۱-۵ طول آزمون

در صورتی که قطر اسمی تقریبی ۲۰ mm یا کمتر باشد، طول آزمون‌ها باید ۱۰۰ mm بوده، و اگر قطر اسمی تقریبی بیش تر از ۲۰ mm باشد، طول آزمون‌ها باید ۲۰۰ mm باشد.

۳-۱-۵ تعداد آزمون‌ها

تعداد آزمون‌ها حداقل باید ۳ عدد و از یک بهر ماده مادر گرفته شود.

۲-۵ روش آزمون

روش آزمون به شرح زیر است:

الف- طول آزمون را با استفاده از کولیس ورنیه مطابق یا استاندارد ملی شماره ۳۱۲۹ اندازه بگیرید. یک قسمت را اندازه بگیرید و نتیجه را برای سه محل یادداشت کنید، مقادیر سه میانگین را تا یک رقم بعد از اعشار گرد کنید. این مقدار را به عنوان طول آزمون در نظر بگیرید.

ب- حجم آزمون را با استفاده از استوانه نوع 1a یا 1b (نوع A یا نوع B) مطابق با استاندارد ملی ۷۵۵۸ طبق قطر تقریبی هر آزمون اندازه‌گیری کنید. جدول ۲ ارتباط بین قطر تقریبی آزمون و گنجایش اندازه‌گیری استوانه را نشان می‌دهد. اگر دو گنجایش فهرست شده باشد، استوانه با حجم کوچک‌تر را برای این گستره انتخاب کنید.

پ- مقدار مناسبی آب به استوانه اندازه‌گیری افزوده و حجم را اندازه‌گیری کنید. وقتی که آزمون داخل استوانه اندازه‌گیری است، بهتر است آب آزمون را پوشانده و قسمت بالایی آب باید در مقیاس گستره قرار گیرد.

یادآوری- اگر روی سطح آزمون حباب‌های هوا تولید شود که باعث خطا در اندازه‌گیری می‌شود، می‌توان برای کنترل تولید حباب‌های هوا، یک حلال کاهش دهنده کشش سطحی، مانند اتانول، به آب اضافه کرد.

ت- آزمون را درون استوانه اندازه‌گیری قرار داده و حجم آب ترکیبی و آزمون را اندازه بگیرید.

ث- دمای آزمون باید در گستره ۱۵ °C تا ۲۵ °C باشد.

جدول ۲- ارتباط بین قطر تقریبی آزمون و گنجایش استوانه اندازه‌گیری

گنجایش استوانه اندازه‌گیری ml	قطر تقریبی آزمون mm
۱۰ تا ۲۰	کمتر از ۱۰
۲۵	۱۱ تا ۱۳
۵۰ یا ۱۰۰	۱۴ تا ۲۰
۱۰۰	۲۱ تا ۲۵
۳۰۰ یا ۵۰۰	بیشتر از ۲۵

۳-۵ محاسبه

سطح مقطع اسمی آزمون، A ، را از معادله ۱ محاسبه کرده و تا یک رقم پس از اعشار گرد کنید:

$$A = \frac{V_s - V_0}{l_0} \quad (1)$$

که در آن:

V_s حجم مجموع کل آب و آزمون، بر حسب میلی‌متر مکعب؛ و
 V_0 حجم آب در استوانه اندازه‌گیری، بر حسب میلی‌متر مکعب؛ و
 l_0 طول آزمون بر حسب میلی‌متر است.

یادآوری- سطح مقطع عرضی اسمی شامل سطح پوشیده از ذرات شن، پوشش‌های عرضی پیوند خورده با سطح و سایر محل‌هایی که تحمل بار را ندارند، می‌شود.

قطر اسمی، D ، را از معادله (۲) محاسبه کرده و تا یک رقم اعشار گرد کنید.

$$D = 2\sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad (2)$$

که A برابر سطح مقطع عرضی اسمی بر حسب میلی‌متر مربع است.

۴-۵ گزارش آزمون

۱-۴-۵ اطلاعات اجباری

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف- تاریخ انجام آزمون؛

ب- نام، شکل و تاریخ ساخت و شماره سری ساخت FRP آزمون شده؛

پ- سطح مقطع اسمی؛

ت- قطر اسمی.

۲-۴-۵ اطلاعات تکمیلی

گزارش آزمون ممکن است شامل اطلاعات تکمیلی زیر باشد:

الف- گنجایش استوانه اندازه‌گیری به کار رفته در آزمون،

ب- طول آزمون؛

پ- حجم آب در استوانه اندازه‌گیری؛

ت- حجم مجموع کل آب و آزمون؛

ث- نام حلال، در صورتی که در آزمون استفاده شود.

۶ روش آزمون برای خواص کششی

۱-۶ آزمون

۱-۱-۶ آماده‌سازی آزمون

آزمون را به اندازه طول از پیش تعیین شده مطابق با بند ۶-۱-۲ طوری ببرید که تاثیری روی عملکرد قسمت آزمون شونده نداشته باشد. برای رشته‌های (FRP) ممکن است آزمون‌های خطی با بریدن قسمت غیر اصلی^۱ آماده شود. توصیه می‌شود ۲ mm از برآمدگی میله‌های عرضی کنار گذاشته شود.

۲-۱-۶ طول آزمون‌ها

طول آزمون‌ها باید به شکل مجموع طول بخش آزمون و بخش لنگرگاه برداشته شود (به شکل ۱ مراجعه کنید).

طول آزمون باید به شرح زیر برداشته شود:

الف- برای میله‌ها، طول نباید کمتر از ۳۰۰ mm و کمتر از ۴۰ کالای قطر اسمی باشد.

ب- برای سیم‌پیچ‌ها، طول باید مطابق بند ۶-۱-۲-الف باشد، و نباید کمتر از ۲ گام سیم پیچ باشد.

پ- برای رشته‌ها، طول باید مطابق بند ۶-۱-۲-الف باشد و نباید کمتر از سه نقطه عرضی داشته باشد.

۳-۱-۶ نگهداری آزمون‌ها

1- Extraneous

آزمونه‌ها را به دقت انبار کنید و در مقابل عوامل تغییر شکل، حرارتی و قرار دادن در معرض نور فرا بنفش که می‌تواند باعث تغییراتی در خواص ماده سازنده آزمونه شود، محافظت کنید.

۳-۱-۶ تعداد آزمونه‌ها

تعداد کل آزمونه‌ها باید حداقل ۵ باشد.

۲-۶ تجهیزات آزمون

۱-۲-۶ ماشین آزمون

ماشین آزمون بهتر است با الزامات ماشین آزمون کشش مطابق با استاندارد ملی ۱-۸۷۶۸ مطابقت داشته باشد.

۲-۲-۶ لنگرگاه

لنگرگاه باید با شکل هندسه آزمونه متناسب بوده و باید ظرفیت انتقال نیروی کششی در طول محور طولی آزمونه را داشته باشد.

۳-۲-۶ کشش سنج‌ها و سنج‌های کرنش

کشش‌سنج‌ها و سنج‌های کرنش به کار رفته برای اندازه‌گیری ازدیاد طول آزمونه تحت بار باید قادر به ثبت تغییرات در طول سنج یا ازدیاد طول حین آزمون با صحت حداقل 10^{-5} باشند. طول سنج کشش سنج نباید کمتر از ۱۰۰ mm و کمتر از ۸ برابر قطر اسمی میله FRP باشد. برای میله‌های رشته‌ای باشد. برای میله‌های رشته‌ای، علاوه بر شرایط بالا، طول سنج نباید کمتر از گام مارپیچ باشد (به شکل ۱ مراجعه کنید). در سیستم‌های با پوشش خارجی نامتصل، مواظب باشید کشش سنج، کرنش الیاف درونی را اندازه‌گیری کند نه الیاف جلدی را.

۳-۶ روش آزمون

۱-۳-۶ نصب آزمونه

آزمونه را روی ماشین آزمون طوری نصب کنید که فقط بار محوری منقل شود (به شکل ۲ مراجعه کنید).

۲-۳-۶ نصب کشش سنج

کشش‌سنج را در طول محور قسمت مرکزی آزمونه نصب کنید.

۳-۳-۶ روش بارگذاری

بارگذاری را مطابق با الزامات زیر انجام دهید.

الف- بار را با نرخ ثابت اعمال کنید، تا ضربه‌ای به آزمونه وارد نشود. نرخ بارگذاری باید 0.5% تا 1.5% کرنش بر دقیقه باشد. زمان آزمون باید از ۵ دقیقه کمتر باشد.

ب- کرنش را در فواصل زمانی که کمتر از ۱۰ برابر افزایش‌های بارگذاری فاصله دار نباشد، تا دو سوم نیروی کششی حداکثر اندازه‌گیری کنید.

پ- نیروی کششی حداکثر را با دقت سه رقم معنی‌دار ثبت کنید.

۴-۳-۶ دمای آزمون

دمای آزمون باید در گستره 5°C تا 35°C باشد.

محاسبات ۴-۶

محاسبات ۱-۴-۶

همه نتایج، به جز مواردی که محل موقعیت گسیختگی درون لنگرگاه است، باید به عنوان یک قانون استفاده شوند. اگر محل خرابی درون لنگرگاه یافت شود، باز هم نتایج خرابی درون لنگرگاه را دربرمی‌گیرد. در مواردی که یک نتیجه، (در اقلام دارای حداکثر نیروی کششی) به اندازه ۱۰٪ مقدار میانگین یا بیشتر، منحرف شود، نتیجه باید نادیده گرفته شود و فقط چهار نتیجه باقی‌مانده استفاده شود. در این موارد، اگر یک نتیجه به اندازه ۱۰٪ مقدار میانگین محاسبه شده با استفاده از چهار نتیجه یا بیشتر انحراف داشته باشد، همه نتایج باید رد شوند و یک آزمون جدید باید اجرا شود. نتایج آزمون رد شده نباید برای محاسبه استحکام کشش، مدول یانگ یا کشش نهایی استفاده شوند.

میانگین، \bar{x} ، انحراف، Δx_i ، و انحراف استاندارد، σ ، مانند آنچه در معادلات (۳) تا (۵) ارائه شده‌اند، تعریف می‌شوند:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (۳)$$

$$\Delta x_i = x_i - \bar{x} \quad (۴)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (۵)$$

که در آن:

N تعداد آزمون‌ها؛

x_i داده نمونه‌برداری است.

۲-۴-۶ سطح مقطع عرضی

سطح مقطع عرضی باید سطح مقطع عرضی اسمی باشد که مطابق بند ۵ محاسبه شده است. اگر سطح مقطع عرضی استاندارد، توسط سازنده FRP گزارش شود، سطح مقطع عرضی استاندارد می‌تواند به عنوان

سطح مقطع عرضی استفاده شود. لازم است سطح مقطع عرضی اسمی، سطح الیاف موثر، سطح پلیمر و استحکام الیاف در مقدار سطح مقطع عرضی استاندارد وارد شود.

۳-۴-۶ استحکام کششی

استحکام کششی، f_u ، که بر حسب نیوتن بر متر مربع بیان می‌شود، را با دقت سه رقم اعشار با استفاده از معادله (۶) محاسبه کنید:

$$f_u = F_u / A \quad (۶)$$

که در آن:

F_u حداکثر نیروی کشش، بر حسب نیوتن؛

A سطح مقطع عرضی، بر حسب میلی‌متر مربع است.

۴-۴-۶ صلبیت کششی و مدول یانگ

صلبیت کششی، E_A ، که بر حسب نیوتن و مدول یانگ، E ، که بر حسب نیوتن بر میلی‌متر مربع بیان می‌شود، هر دو را با دقت سه رقم اعشار، با استفاده از معادله‌های (۷) و (۸) محاسبه کنید. آن باید از اختلاف بین منحنی تنش-کرنش بار حاصل از سطح بار در ۲۰٪ و ۵۰٪ ظرفیت کششی محاسبه شود. برای موادی که ظرفیت بار درجه‌بندی شده ارزیابی شده است، مقادیر ۲۰٪ و ۵۰٪ ظرفیت کششی درجه‌بندی شده می‌تواند استفاده شود.

$$E_A = \frac{\Delta F}{\Delta \varepsilon} \quad (۷)$$

$$E = \frac{\Delta F}{\Delta \varepsilon \times A} \quad (۸)$$

که در آن:

ΔF اختلاف بین بارها در ۲۰٪ و ۵۰٪ حداکثر نیروی کششی، بر حسب نیوتن؛

$\Delta \varepsilon$ اختلاف کرنش برای ΔF است.

۵-۴-۶ کرنش نهایی

کرنش نهایی باید متناظر با ظرفیت کشش نهایی باشد، زمانی که اندازه‌گیری‌های سنج کشش نمونه تا زمان گسیختگی در دسترس باشد. در مواقعی که اندازه‌گیری‌های یک کشش سنج یا سنج کشش تا زمان گسیختگی در دسترس نباشد، کرنش نهایی، ε_u ، باید با دقت سه رقم اعشار از معادله (۹) محاسبه شود:

$$\varepsilon_u = \frac{F_u}{E \times A} \quad (۹)$$

۵-۶ گزارش آزمون

۱-۵-۶ اطلاعات اجباری

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف- نام، شکل، تاریخ ساخت و تعداد FRP های آزمون شده؛

ب- نوع الیاف و الیاف پیوندی پلیمر؛

پ- تعداد یا نشانه‌های شناسایی آزمون‌ها؛

ت- شناسه‌گذاری، سطح مقطع عرضی استاندارد و قطر؛

ث- تاریخ انجام آزمون، دما و نرخ بارگذاری؛

ج- روش محاسبه؛

چ- حداکثر نیروی کششی و استحکام هر آزمون، میانگین‌ها و انحراف استانداردها؛

ح- سختی کشش و مدول یانگ برای هر آزمون و میانگین؛

خ- کرنش نهایی برای هر آزمون و میانگین؛

د- منحنی تنش-کرنش هر آزمون؛

ذ- حالت خرابی هر آزمون؛

ر- نام فردی که آزمون را انجام داده است.

۲-۵-۶ اطلاعات تکمیلی

اگر سطح مقطع استاندارد به عنوان سطح مقط استفاده شود، موارد زیر ممکن است افزوده شوند:

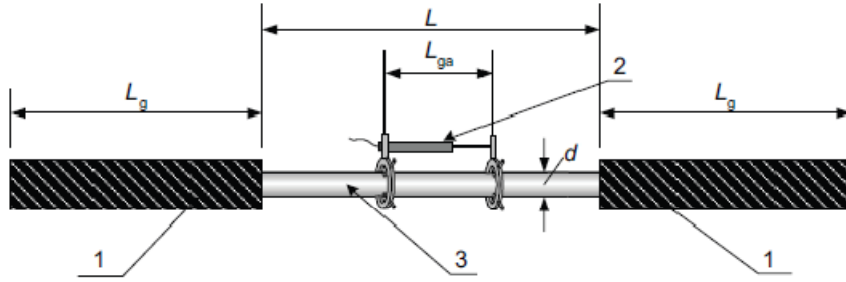
الف- سطح مقطع عرضی استاندارد، قطر و سطح فرضی پلیمر؛

ب- حداکثر استحکام کششی برای هر آزمون، میانگین‌ها و انحراف استانداردها،

پ- مدول یانگ برای هر آزمون و میانگین؛

ت- منحنی تنش-کرنش برای هر آزمون؛

ث- استحکام الیاف



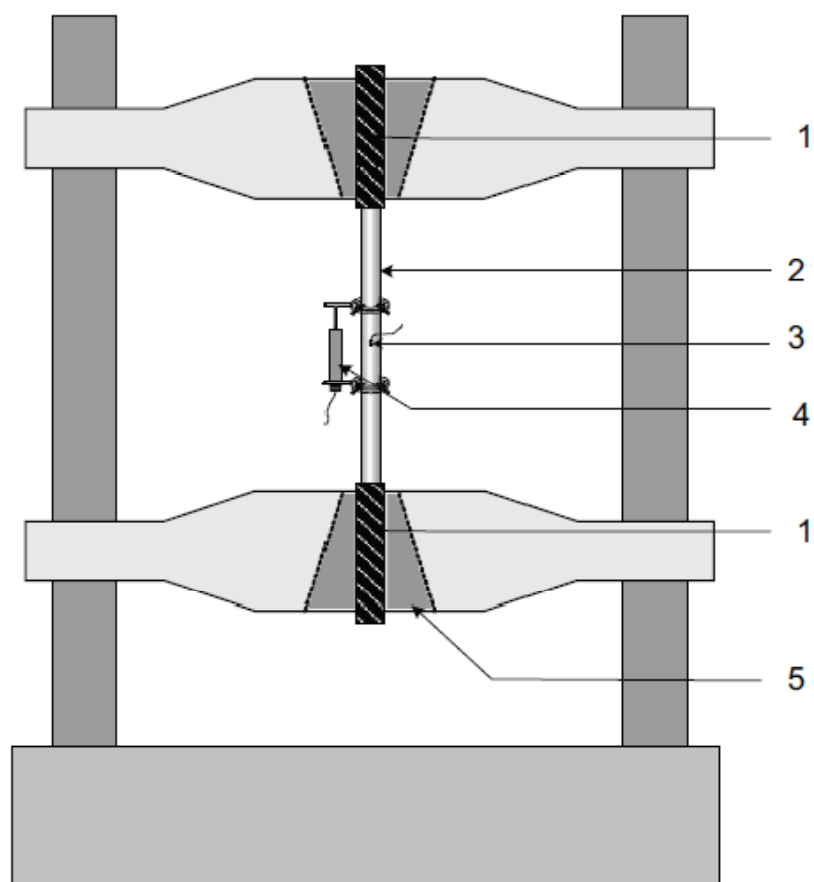
$$L_{tot} = L + 2L_g$$

- | | |
|--|---|
| <p>طول سنجه، L_{ga}</p> <p>- بار، رشته: $L_{ga} \geq 100 \text{ mm} \cdot 8d$</p> <p>- سیم پیچ: برابر گام سیم پیچ، $L_{ga} \geq 100 \text{ mm}, 8d$</p> | <p>طول بخش آزمون، L</p> <p>- بار: $L \geq 300 \text{ mm}, 40d$</p> <p>- سیم پیچ: ۲ برابر گام سیم پیچ، $L \geq 300 \text{ mm}, 40d$</p> <p>- رشته: نقاط عرضی، $L \geq 300 \text{ mm}, 40d$</p> |
|--|---|

راهنما

- | | |
|---|-------------|
| ۱ | بخش لنگرگاه |
| ۲ | کشش سنج |
| ۳ | بخش آزمون |

شکل ۱- آزمون برای آزمون کشش



- راهنما
- ۱ بخش لنگرگاه
 - ۲ میله FRP
 - ۳ سنج کرنش
 - ۴ کشش سنج
 - ۵ وسایل لنگرگاه

شکل ۲- طرح آزمون کشش

۷ روش آزمون استحکام پیوندی به وسیله آزمون بیرون کشیدن^۱

۱-۷ آزمون‌ها

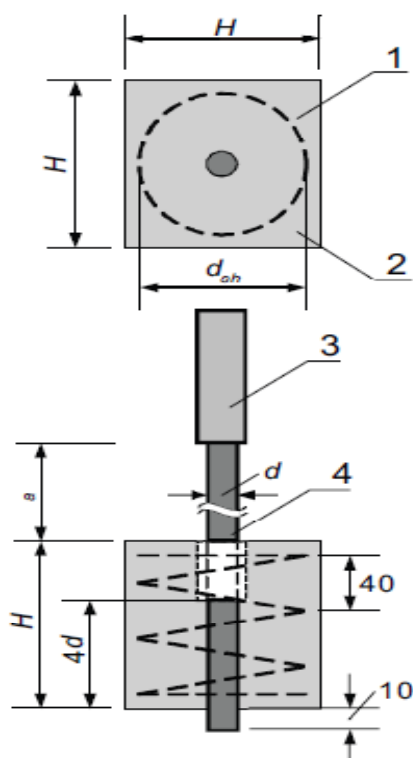
تمهیدات بند ۶-۱ باید اعمال شود.

۱-۱-۷ ساخت آزمون‌ها

معمولا بهتر است آزمون‌ها به شکل مکعب باشند، و یک میله FRP منفرد به طور عمود، در امتداد محور مرکزی جاسازی شده باشد (به شکل ۳ مراجعه کنید). طول پیوندی میله FRP باید یک بخش خاصی از سطح میله باشد و در بخش آزاد انتهایی آزمون قرار گیرد. طول پیوندی میله FRP باید چهار برابر قطر میله FRP باشد. به منظور یکنواخت کردن (برابری) تنش ناشی از صفحه بارگذاری روی سمت بارگذاری شده، میله جاسازی شده در بیرون بخش پیوندی باید با PVC یا ماده مناسب دیگر به منظور جلوگیری از پیوند خوردن پوشانده شود.

۲-۱-۷ ابعاد آزمون‌ها

ابعاد آزمون‌ها را به عنوان تابعی از قطر اسمی میله‌های FRP به روشی که در جدول ۳ نشان داده شده است، تعیین کنید (به شکل ۳ نیز مراجعه کنید).



ابعاد بر حسب میلی‌متر

d_{sh}	H	d
$80 \leq d_{sh} \leq 100$	100	< 17
$120 \leq d_{sh} \leq 150$	150	17 تا 30

- راهنما
 ۱ مسلح سازی مارپیچ
 ۲ منشور بتن
 ۳ بخش لنگرگاه
 ۴ میله FRP
 حداقل 300 mm و 40 d

شکل ۳- آزمون برای آزمون پیوند (آزمون بیرون کشیدن)

جدول ۳- ابعاد آزمون

قطر اسمی FRP بر حسب میلی‌متر	اندازه مکعب ^a بر حسب میلی‌متر	طول پیوندی	قطر بیرونی مسلح سازی ماریچ d_{sh} بر حسب میلی‌متر
<17	100×100×100	۴ برابر قطر اسمی	$80 \leq d_{sh} \leq 100$
۱۷ تا ۳۰	150×150×150	۴ برابر قطر اسمی	$120 \leq d_{sh} \leq 150$

^a اگر ضرورت داشته باشد که قطر میله آزمون بزرگتر از ۳۰ mm باشد، اندازه مکعب بتن ممکن است افزایش یابد.

۳-۱-۷ ابعاد میله‌های FRP

اجازه دهید میله FRP به اندازه تقریبی ۱۰ mm در سمت با انتهای آزاد برآمده باشد و وجه انتهایی را طوری قرار دهید تا الحاق سنجه مدرج برای اندازه‌گیری طول بیرون آمده عملی شود. انتهای بارگذاری میله FRP باید به اندازه کافی توسعه یابد تا آزمون عملی شود، و باید با بخش لنگرگاه، وسیله نگهدارنده^۱ یا دستگاه‌های مشابه جفت شود تا قادر به انتقال بارهای محوری به میله FRP شود.

۴-۱-۷ آرایش میله‌های FRP

میله‌های FRP را محور مرکزی آزمون قرار دهید.

۵-۱-۷ مسلح سازی ماریچ

آزمون ممکن است با فولادگذاری ماریچ در امتداد محور مرکزی فراهم شود تا از خرابی شدید جلوگیری شود. فولادگذاری ماریچ باید به قطر ۶ mm و به گام ماریچ ۴۰ mm باشد. قطر بیرونی فولادگذاری ماریچ به قطر اسمی میله‌های FRP که در جدول ۳ مشخص شده است، بستگی دارد. انتهای فولادگذاری ماریچ باید جوش داده شود، یا ۱/۵ برابر پیچ‌های بیرونی فراهم شود.

۶-۱-۷ تعداد آزمون‌ها

حداقل سه آزمون را آزمون کنید. اگر یک آزمون رد شد، یا از بخش لنگرگاه به بیرون لغزید، یک آزمون اضافی روی یک آزمون جداگانه که با استفاده از میله‌های FRP از بهر مشابه با آزمون رد شده، تهیه شده است انجام دهید.

۷-۱-۷ کیفیت بتن

بتن را با سنگدانه‌های معمولی، با سنگدانه‌های درشت با ابعاد حداکثر ۲۰ mm یا ۲۵ mm بسازید. بتن باید ریزش^۲ برابر با $2 \text{ cm} \pm 1.0 \text{ cm}$ و استحکام فشاری استوانه‌ای ۲۸ روزه برای آزمون پیوندی داشته باشد. $30 \text{ N/mm}^2 \pm 3 \text{ N/mm}^2$

1- Gripping device

2-Slump

۸-۱-۷ جاگذاری بتن

- بخش پیوندی میله FRP را تمیز کنید و هرگونه چربی، کثیفی و غیره را پاک کنید.
- قبل از قرار دادن بتن، اندازه‌های مناسبی را بردارید تا از اتصال بخش‌های نامتصل میله FRP جلوگیری شود.
- دهانه‌ای که میله FRP در میان آن فرو می‌رود را با استفاده از روغن، بتونه یا مواد مشابه درزبندی کنید تا از ورود آب و غیره جلوگیری شود.
- آزمون را پس از قرار دادن در بتن، با تراشیدن قسمت‌های رویی صاف کنید، این فرایند را دوباره پس از دو ساعت تکرار کنید تا اطمینان حاصل کنید که آزمون با ابعاد مناسبی حاصل شده است.

۹-۱-۷ برداشتن قالب‌ها و خیساندن^۱

قالب‌ها را پس از دو روز بردارید و آزمون را در آب با دمای $3^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ تا زمان آزمون خیس کنید

۲-۷ ماشین و وسایل آزمون

۱-۲-۷ ماشین آزمون

ماشین آزمون برای آزمون‌های بیرون کشیدن، باید قابلیت اعمال صحیح بار تعیین شده را داشته باشد.

۲-۲-۷ صفحه بارگذاری

صفحه بارگذاری باید دارای یک حفره باشد که میله FRP از آن عبور کند. قطر حفره موجود در صفحه بارگذاری باید ۲ برابر تا ۳ برابر قطر میله FRP باشد.

۳-۲-۷ لنگرگاه

بخش انتهایی بارگذاری باید به لنگرگاهی مجهز شود که قادر به انتقال صحیح بار باشد تا تاندون به دلیل خراب شدن اتصال، یا به دلیل شکافتن یا ترک خوردن بتن خارج شود. وسیله انتقال بار باید فقط بارهای محوری را بدون انتقال نیروهای پیچش و خمش، به میله FRP انتقال دهد.

۴-۲-۷ وسیله اندازه‌گیری جابجایی

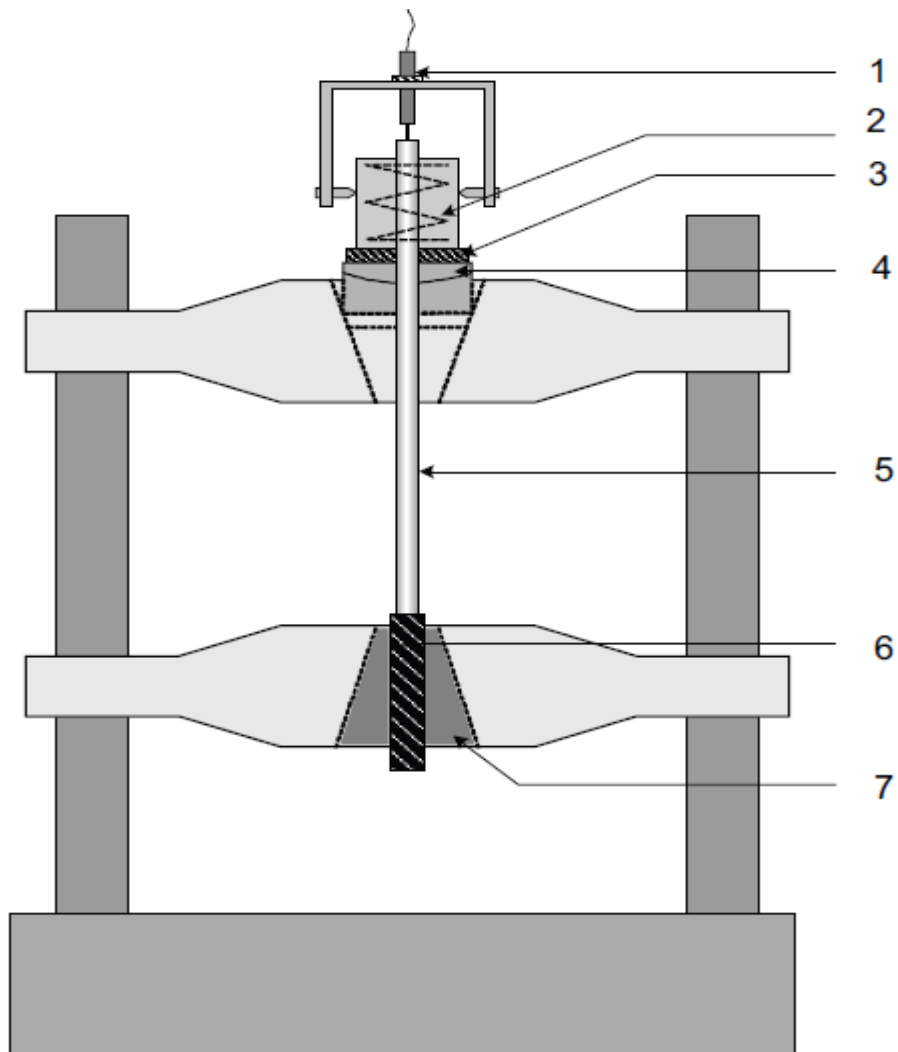
وسيله اندازه‌گیری جابجایی که در بخش آزاد انتهایی میله FRP نصب شده است، باید یک LVDT یا هر دستگاه مشابه آن قادر به ارائه قرائت‌ها با درستی $1/1000\text{ mm}$ است، داشته باشد.

۳-۷ روش آزمون

۱-۳-۷ نصب آزمون‌ها

1- Curing

آزمونه را به طرز صحيح روى صفحه بارگذارى قرار دهيد كه داراى يك صفحه كروى زيرين است تا از بارهاى گريز از مركز ناشى از عمل آزمونه‌ها جلوگيرى مى‌كند (به شكل ۴ مراجعه كنيد).



راهنما

۱	LVDT
۲	منشور بتن
۳	صفحه بارگذارى
۴	صفحه كروى
۵	ميله FRP
۶	بخش لنگرگاه
۷	وسيله لنگرگاه

شكل ۴- آزمون خارج از اتصال (آزمون بيرون كشيدن)

۲-۳-۷ نرخ بارگذاری

نرخ بارگذاری استاندارد باید به گونه‌ای باشد که تنش کششی میانگین میله FRP در نرخ $10 \text{ N/mm}^2/\text{min}$ تا $20 \text{ N/mm}^2/\text{min}$ افزایش یابد. نرخ بارگذاری تا حد ممکن ثلثت نگهدارید تا آزمون‌ها در معرض شوک قرار نگیرند.

۳-۳-۷ دامنه آزمون

لغزش انتهای آزاد بار اعمالی، باید در افزایش‌های نشان داده شده در جدول ۴، ثبت شود تا زمانی که میله FRP از بتن خارج شود یا بار به طور قابل توجهی به دلیل شکافتگی یا ترک برداشتن بتن کاهش یابد.

جدول ۴- افزایش‌های (نمو) اندازه‌گیری

نمو اندازه‌گیری mm	لغزش انتهای آزاد mm
۰٫۰۱	< ۰٫۱
۰٫۰۲	۰٫۱ تا ۰٫۲
۰٫۰۵	۰٫۲ تا ۰٫۵
۰٫۱	> ۰٫۵

۴-۳-۷ عمر آزمون‌ها

عمر آزمون‌ها در زمان آزمون باید ۲۸ روز باشد.

۴-۷ محاسبات

زمانی که تشخیص داده شود که آزمون متحمل نقص کشش در بخش لنگرگاه شده یا دربخش لنگرگاه قبل از این که میله FRP از بتن بلغزد، لغزیده است یا بار به طور قابل توجهی به دلیل شکاف برداشتن یا ترک خوردن بتن کاهش یافته است، از داده‌ها صرف نظر کرده و آزمون(های) اضافی‌تری انجام دهید تا تعداد آزمون‌هایی که از بتن می‌لغزند، در صورتی که بار به طور قابل توجهی به دلیل شکاف برداشتن یا ترک خوردن بتن کاهش می‌یابد، کمتر از ۳ نباشد.

تنش اتصال، τ ، را که بر حسب نیوتن بر میلی‌متر مربع بیان می‌شود، با دقت سه رقم اعشار با استفاده از معادله ۱۰ محاسبه کنید، و منحنی بار کشش یا تنش اتصالی را در برابر جابجایی لغزش برای هر آزمون رسم کنید.

$$\tau = \frac{P}{u \times l} \quad (10)$$

که در آن:

P بار کششی در آزمون بیرون کشیدن، بر حسب نیوتن؛ و

u طول خارجی اسمی آزمون، بر حسب میلی‌متر؛ و

l طول اتصال، بر حسب میلی‌متر است.

۵-۷ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف- نام، شکل، تاریخ ساخت و سری ساخت FRP های آزمون شده؛

ب- نوع الیاف و الیاف پیوندی پلیمر، نوع عملیات سطح الیاف؛

پ- تعداد یا نشانه‌های شناسایی آزمون‌ها؛

ت- شناسه‌گذاری، سطح مقطع عرضی اسمی و قطر؛

ث- تاریخ انجام آزمون، دما و نرخ بارگذاری؛

ج- ابعاد آزمون‌ها، طول اتصال میله FRP؛

چ- مخلوط بتن، استحکام فشاری و ریزش در زمان آزمون؛

ح- حداکثر تنش اتصالی، حالت خرابی و میانگین برای هر آزمون؛

خ- منحنی تنش اتصالی در برابر جابجایی لغزش برای هر آزمون.

۸ روش‌های آزمون برای عملکرد لنگرگاه‌ها و متصل‌کننده‌ها

۱-۸ روش‌های آزمون برای عملکرد لنگرگاه‌ها

۱-۱-۸ آزمون‌ها

۱-۱-۱-۸ تهیه آزمون‌ها

آزمون‌ها را با الحاق یک لنگرگاه به یک یا هر دو انتهای آزاد تاندون FRP تهیه کنید.

۲-۱-۱-۸ ابعاد آزمون‌ها

طول پیشنهادی تاندون FRP بین تکیه‌گاه‌های انتهایی ۳ متر است (به شکل ۵ مراجعه کنید). با این وجود، اگر از طول کوتاه‌تری استفاده شود، طول تاندون FRP بین تکیه‌گاه‌های انتهایی نباید کمتر از ۳۰۰ mm و نباید از چهل برابر قطر اسمی کوچکتر باشد.

۳-۱-۱-۸ تعداد آزمون‌ها

حداقل سه آزمون را آزمون کنید.

۲-۱-۸ دمای آزمون

دمای آزمون بهتر است به طور کلی در گستره 5°C تا 35°C باشد. در صورت نیاز آزمون‌های تاندون‌های FRP که به دما حساس هستند یا در دماهای کاربری واقعی بالا استفاده می‌شوند، آزمون کنید.

۳-۱-۸ روش آزمون

۱-۳-۱-۸ نصب آزمون

آزمون‌ها را در ماشین آزمون کششی نصب و محکم کنید. مساحت و هندسه سطحی را که باعث استحکام لنگرگاه می‌شود، کشش تاندون‌های FRP و روش اعمال نیروهایی که شرایط واقعی ساختار بتن پیش تنیده را نشان می‌دهند، هر چه دقیق‌تر محاسبه کنید.

۲-۳-۱-۸ نرخ بارگذاری

نرخ بارگذاری استاندارد باید نرخ کرنش ثابتی برابر با ۱ درصد کرنش در دقیقه ± 50 درصد باشد.

۳-۳-۱-۸ دامنه آزمون

بارگذاری را تا گسیختگی کشش ادامه دهید، که یا توسط گسیختگی تاندون FRP یا با تغییر شکل زیادی وسیله تکیه‌گاه تعیین می‌شود.

۴-۱-۸ محاسبات

ظرفیت کششی هر آزمون و میانگین ظرفیت کششی را محاسبه کنید. حالت‌های گسیختگی، هر گونه تغییر شکل، آسیب، فرورفتگی و غیره مربوط به لنگرگاه ثبت کنید.

۲-۸ روش‌های آزمون برای عملکرد متصل کننده‌ها

۱-۲-۸ آزمون‌ها

۱-۱-۲-۸ تهیه آزمون‌ها

آزمون‌ها را با الحاق FRP یا تاندون‌های دیگر به یک یا هر دو انتهای متصل کننده تهیه کنید. هر گونه تاندون‌های دیگر و متصل کننده‌های آن‌ها باید استحکام کافی نسبت به تاندون‌های آزمون شونده داشته باشند.

۲-۱-۲-۸ ابعاد آزمون‌ها

طول پیشنهادی تاندون FRP بین تکیه‌گاه‌های انتهایی ۳ متر است (به شکل ۶ مراجعه کنید). با این وجود، اگر از طول کوتاه‌تری استفاده شود، طول تاندون FRP بین لنگرگاه و متصل کننده نباید کمتر از ۳۰۰ mm و نباید از چهل برابر قطر اسمی کوچکتر باشد.

۸-۲-۳ تعداد آزمون‌ها

حداقل سه آزمون را انجام دهید.

۸-۲-۲ دمای آزمون

دمای آزمون بهتر است عموماً در گستره 5°C تا 35°C باشد. در صورت نیاز، آزمون‌های تاندون‌های FRP را که به دما حساس هستند یا در دماهای کاربردی واقعی بالا استفاده می‌شوند، آزمون کنید.

۸-۲-۳ روش آزمون

الزامات کلی بند ۸-۱-۳ باید اعمال شود.

۸-۲-۴ محاسبات

ظرفیت کششی هر آزمون و میانگین ظرفیت کششی را محاسبه کنید. حالت‌های گسیختگی، هر گونه تغییر شکل، آسیب، فرورفتگی و غیره مربوط به متصل‌کننده‌ها را ثبت کنید.

۸-۳ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف- نام و سری ساخت FRP های آزمون شده؛

ب- نوع الیاف و ماده اتصالی به الیاف؛

پ- شماره یا نشانه‌های شناسایی آزمون‌ها؛

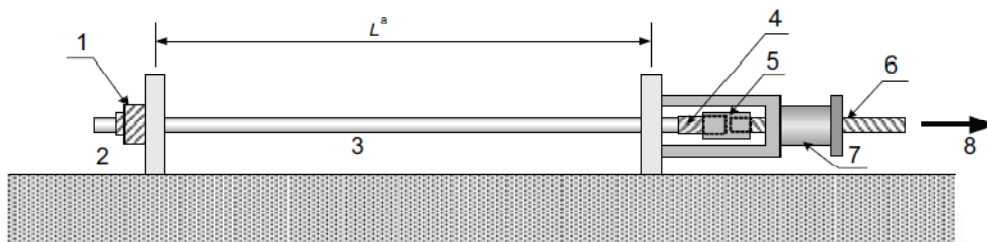
ت- شناسه‌گذاری، سطح مقطع عرضی اسمی و قطر؛

ث- تاریخ انجام آزمون، دما و نرخ بارگذاری؛

ج- ابعاد آزمون‌ها، و توصیف لنگرگاه؛

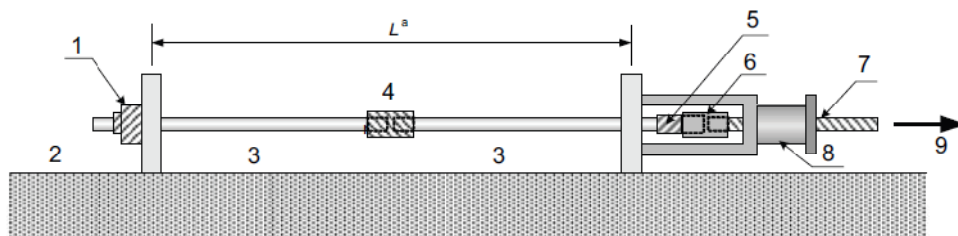
چ- ظرفیت گسیختگی کششی برای هر آزمون، میانگین ظرفیت گسیختگی کششی و حالت‌های گسیختگی؛

ح- سوابق مربوط به هر گونه تغییر شکل، آسیب، فرورفتگی و غیره مربوط به لنگرگاه‌ها و متصل‌کننده‌ها.



راهنما	
۱	لنگرگاه (نمونه آزمون)
۲	تکیه‌گاه
۳	تاندون FRP
۴	بخش لنگرگاه
	$L = ۳,۰ \text{ m}^a$
۶	متصل کننده
۷	تاندون فولادی پیش تنیده
۸	سل بارگذاری
۹	نیرو

شکل ۵- آزمون بیرون کشیدن برای عملکرد تکیه‌گاه (مثال)



راهنما	
۱	لنگرگاه
۲	تکیه‌گاه
۳	تاندون FRP
۴	متصل کننده (نمونه آزمون)
۵	بخش لنگرگاه
	$L = ۳,۰ \text{ m}^a$
۱۰	متصل کننده
۱۱	تاندون فولادی پیش تنیده
۱۲	سل بارگذاری
۱۳	نیرو

شکل ۶- آزمون بیرون کشیدن برای عملکرد متصل کننده (مثال)

۹ روش آزمون برای آسودگی دراز مدت

۱-۹ آزمون‌ها

۱-۱-۹ تهیه، حمل و ابعاد آزمون‌ها

آزمون‌ها را مطابق مقررات بند ۶ تهیه و حمل کنید.

۲-۱-۹ تعداد آزمون‌ها

حداقل سه آزمون را آزمون کنید. در مواردی که آزمون‌ها رد می‌شوند یا از بخش لنگرگاه می‌لغزند، آزمون‌های افزون تری روی آزمون جداگانه برداشته شده از همان آزمون رد شده انجام دهید.

۲-۹ چهارچوب و وسایل آزمون

۱-۲-۹ چهارچوب و وسایل آزمون

چهارچوب و وسایل آزمون باید توان اعمال بار تحمیل شده را حین نگهداری کرنش ثابت داشته باشد. وسیله بارگذاری باید قادر به بارگذاری در نرخ کرنش ثابت برابر با ۱ درصد کرنش در دقیقه ± 50 باشد.

۲-۲-۹ تکیه‌گاه‌ها

تکیه‌گاه‌ها باید مطابق با مقررات بند ۶ باشد.

۳-۲-۹ درستی بار اولیه

درستی بار اعمال شده اولیه به آزمون باید به شکل زیر باشد:

- چهارچوب و وسایل آزمون با ظرفیت بارگذاری $1 \text{ kN} \leq$ با رواداری $10 \pm$ درصد مجموعه بار؛

- چهارچوب و وسایل آزمون با ظرفیت بارگذاری $1 \text{ kN} \leq$ با رواداری $20 \pm$ درصد مجموعه بار؛

۴-۲-۹ درستی اندازه‌گیری‌های بار

درستی خواندن یا ثبت اتوماتیک بارهای اعمال شده به آزمون باید به اندازه 0.1 درصد بار اولیه باشد.

۵-۲-۹ نوسانات کرنش

ماشین آزمون باید نوسانات کرنش بزرگتر از $10^{-6} \times 25 \pm$ را در طول یک مرتبه دوره زمانی آزمون کرنش در آزمون‌ای که تثبیت شده است، کنترل کند. اگر FRP از بخش لنگرگاه لغزیده باشد، فاصله لغزش باید به گونه‌ای جبران شود که نتایج آزمون را تحت تاثیر قرار ندهد.

۶-۲-۹ کشش سنج و سنجه کرنش

اگر کشش‌سنج یا سنجه کرنش روی آزمون نصب شود، کشش‌سنج یا سنجه کرنش باید مطابق با مقررات بند ۶ باشد.

۷-۲-۹ اندازه‌گیری زمان

گذر زمان طی آزمون باید با وسیله مناسبی (زمان سنج) با درستی حدود ۱ درصد زمان سپری شده اندازه‌گیری شود.

۳-۹ دمای آزمون

دمای آزمون بهتر است عموماً، به غیر از شرایط خاص، در گستره $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ باشد. در مواردی که دما تاثیر زیادی بر نتایج آزمون دارد، بهتر است آزمون‌های افزون تری در دمای صفر درجه سلسیوس و دمای 60°C انجام شود. در حالت اخیر، نوسانات دما در دوره زمانی نباید بیشتر از $2^{\circ}\text{C} \pm$ باشد.

۴-۹ روش آزمون

۱-۴-۹ نصب آزمون و طول سنج

نصب آزمون و طول سنج باید مطابق مقررات بند ۶ باشد.

۲-۴-۹ پیش‌تنیدگی

در مواردی که از سنج کرنش برای آزمون استفاده می‌شود، آزمون بعدی باید به طور محکم با اعمال بار ۱۰ درصد تا ۴۰ درصد بار اولیه معین، قبل از تثبیت و کالیبراسیون سنج کرنش، کشیده شود.

۳-۴-۹ بار اولیه

بار اولیه باید بار پیش‌بینی شده در انتقال باشد. اگر بار نامعلوم باشد، بار اولیه توصیه شده باید ۷۰ درصد ظرفیت کششی تضمین شده باشد.

۴-۴-۹ اعمال بار اولیه

الف- بار اولیه باید بدون این که آزمون در معرض شوک یا لرزش قرار گیرد، اعمال شود.

ب- نرخ مشخص بارگذاری آزمون باید بین $50 \text{ N/mm}^2/\text{min} \pm 200 \text{ N/mm}^2/\text{min}$ باشد.

پ- کرنش روی آزمون باید پس از اعمال بار اولیه به آزمون تثبیت شود، و به مدت $2 \text{ s} \pm 120 \text{ s}$ نگهداری شود. مدت زمان باید به عنوان زمان شروع آزمون در نظر گرفته شود.

۵-۴-۹ اندازه‌گیری کاهش بار

کاهش بار باید عموماً در یک دوره زمانی حداقل ۱۰۰۰ ساعته اندازه‌گیری می‌شود، مگر این که طور دیگری توافق شده باشد. کاهش بار باید به طور خودکار با یک ثبات متصل به ماشین آزمون ثبت شود. اگر ثباتی روی ماشین آزمون نصب نشده باشد، کاهش بار باید پس از زمان‌های سپری شده: ۱ دقیقه، ۳ دقیقه، ۶ دقیقه، ۹ دقیقه، ۱۵ دقیقه، ۳۰ دقیقه، ۴۵ دقیقه، ۱ ساعت، ۱٫۵ ساعت، ۲ ساعت، ۴ ساعت، ۱۰ ساعت، ۲۴ ساعت، ۴۸ ساعت، ۷۲ ساعت، ۹۶ ساعت و ۱۲۰ ساعت، اندازه‌گیری و ثبت شود، مگر این که طور دیگری توافق شده باشد.

۵-۹ محاسبات

۱-۵-۹ مقدار آسودگی

مقدار آسودگی باید از تقسیم بار اندازه‌گیری شده در آزمون آسودگی، بر بار اولیه محاسبه شود.

۲-۵-۹ منحنی آسودگی

منحنی آسودگی باید با نمودار نیمه لگاریتمی رسم شود که مقدار آسودگی، بر حسب درصد روی محور عمودی، و زمان آزمون بر حسب ساعت روی محور افقی نمایش داده می‌شود. یک خط تقریبی برای زمان آسودگی، Y ، بر حسب درصد باید از داده‌های منحنی با استفاده از روش حداقل مربع به گونه‌ای که در معادله ۱۱ ارایه شده است، حاصل شود:

$$Y = k_a - k_b \cdot \log t \quad (11)$$

که در آن:

t زمان، بر حسب ساعت؛ و

k_a و k_b ثابت‌های تجربی هستند.

ضریب تعیین، r^2 ، از معادله (۱۲) محاسبه می‌شود:

$$r^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n [Y_i - (k_a - k_b \cdot \log t_i)]^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (12)$$

۶-۹ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف- نام، شکل، تاریخ تولید و سری ساخت FRP های آزمون شده؛

ب- نوع الیاف و ماده اتصالی به الیاف؛

پ- شماره یا نشانه‌های شناسایی آزمون‌ها؛

ت- شناسه‌گذاری، سطح مقطع عرضی اسمی و قطر؛

ث- تاریخ انجام آزمون، دمای آزمون و تغییر دما؛

ج- نوع ماشین آزمون؛

چ- بار اولیه و نرخ بارگذاری بار اولیه؛

ح- ظرفیت کششی تضمین شده، و نسبت بار اولیه به ظرفیت کششی تضمین شده؛

خ- منحنی آسودگی برای هر آزمون؛

د- میانگین نرخ‌های آسودگی در ۱۰ ساعت، ۱۲۰ ساعت و ۱۰۰۰ ساعت؛

ذ- فرمول به دست آوردن یک خط تقریبی و ضریب تعیین آن.

۱۰ روش آزمون برای فرسودگی^۱ کشش

۱-۱۰ آزمون‌ها

۱-۱-۱۰ تهیه، بررسی و ابعاد آزمون‌ها

تهیه، بررسی و ابعاد آزمون‌ها باید مطابق مقررات بند ۶ باشد.

۲-۱-۱۰ تعداد آزمون‌ها

حداقل سه آزمون را برای هر کدام از سه سطح بار، آزمون کنید. در مواردی که آزمون‌ها رد می‌شوند، یا از بخش لنگرگاه می‌لغزند، بهتر است یک آزمون اضافی تری روی آزمون جداگانه برداشته شده از همان سری آزمون رد شده انجام شود.

۲-۱۰ ماشین و وسایل آزمون

۱-۲-۱۰ ماشین آزمون

ماشین آزمون باید توانایی نگهداری بار با دامنه ثابت (تنش)، حداکثر و حداقل بار تکرار (تنش) و فرکانس را داشته باشد. ماشین آزمون باید مجهز به شمارشگر با توانایی ثبت تعداد چرخه‌های گسیختگی آزمون باشد. درستی بار باید به اندازه ۱ درصد گستره بار باشد.

۲-۲-۱۰ لنگرگاه

لنگرگاه باید مطابق با مقررات بند ۶ باشد. به طور ایده‌آل، برای همه آزمون‌های مورد نظر در یک مجموعه آزمون، از یک نوع لنگرگاه باید استفاده کرد.

۳-۲-۱۰ اندازه‌گیری کرنش

اگر اندازه‌گیری‌های کرنش به عنوان قسمتی از آزمون‌های فرسودگی، الزامی باشد، باید از یک کشش‌سنج و سنجه کشش با توانایی نگهداری با درستی ± 1 درصد مقدار مشخص شده طی آزمون، استفاده شود.

۳-۱۰ دمای آزمون

دمای آزمون بهتر است به طور کلی در گستره 5°C تا 35°C باشد. دمای آزمون مشخص شده برای آزمون‌های حساس به تغییرات دما باید $20^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ باشد.

۴-۱۰ روش آزمون

۱-۴-۱۰ نصب آزمون‌ها

نصب آزمون‌ها باید مطابق الزامات بند ۶ باشد.

۲-۴-۱۰ تنظیم بار

به منظور تعیین منحنی S-N، حداکثر بار و حداقل بار را با یکی از سه روش زیر تنظیم کنید.

الف- میانگین بار را تثبیت و دامنه بار را تغییر دهید.

ب- حداکثر بار را تثبیت و حداقل بار را تغییر دهید.

پ- نسبت بار را تثبیت و حداقل و حداکثر بار را مطابق نسبت تثبیت شده تغییر دهید.

روش پذیرفته شده را مطابق با هدف آزمون تعیین کنید. در هر مورد، حداقل سه سطح بار باید به گونه‌ای تنظیم شود که گستره تعداد چرخه‌های گسیختگی بین 10^3 تا 2×10^6 قرار گیرد. منحنی‌های S-N برای مواد FRP در نسبت بار (تنش) تثبیت شده ۰٫۱ به کار می‌روند.

۳-۴-۱۰ فرکانس

فرکانس بهتر است به طور معمول در گستره ۱ Hz تا ۱۰ Hz باشد.

۴-۴-۱۰ آغاز آزمون

پس از بارگذاری ایستا تا رسیدن به میانگین بار، بارگذاری مکرر را شروع کنید. بار از پیش تعیین شده را به سرعت و بدون هیچگونه شوکی وارد کنید. حداکثر و حداقل بارهای مکرر باید طی آزمون ثابت بمانند. شمردن تعداد چرخه‌ها بهتر است زمانی شروع شود که آزمون به بار از پیش تعیین شده می‌رسد.

۵-۴-۱۰ پایان آزمون

جداسازی (شکستن) کامل آزمون باید منجر به گسیختگی شود؛ تعداد چرخه‌های گسیختگی را ثبت کنید. اگر آزمون پس از 2×10^6 چرخه رد نشود، ممکن است آزمون قطع شود (ادامه نیابد). از آزمون‌هایی که رد نشده‌اند، مجدداً استفاده نکنید.

۶-۴-۱۰ گسیختن (قطع کردن) آزمون

آزمون‌ها معمولاً بهتر است بدون گسیختن آزمون از آغاز تا پایان آزمون، انجام شوند. زمانی که یک آزمون قطع می‌شود، تعداد چرخه‌های زمان گسیختن و مدت زمان گسیختن را ثبت کنید.

۵-۱۰ محاسبات

۱-۵-۱۰ محاسبات

داده‌های آزمون‌هایی را که از بخش لنگرگاه لغزیده‌اند، در ارزیابی خواص ماده FRP نادیده بگیرید. در مواردی که گسیختگی کشش یا لغزش به وضوح در بخش لنگرگاهی جایگزین می‌شود، از داده‌ها صرف‌نظر کنید. بهتر است آزمون‌های اضافی‌تری انجام شود تا تعداد آزمون‌های رد شده در آزمون، کمتر از ۳ نباشد.

۱۰-۵-۲ منحنی S-N

منحنی S-N با حداکثر تنش تکرار را رسم کنید، طوری گستره تنش یا دامنه تنش در مقیاس لگاریتمی روی محور عمودی، و تعداد چرخه‌های در مقیاس لگاریتمی روم محور افقی نشان داده شود. در صورتی که نقاط اندازه‌گیری روی هم منطبق شود، تعداد نقاط منطبق بر هم را یادداشت کنید. پیکان با جهت راست را برای نشان دادن نقاط ارایه دهنده نتایج آزمون باقی مانده آزمون‌هایی که رد نشده‌اند، اضافه کنید.

۱۰-۵-۳ استحکام فرسودگی

استحکام فرسودگی را در 2×10^6 چرخه با درونیابی روی منحنی S-N به دست آمده با یکی از سه روش بارگذاری (به بند ۱۰-۴-۲ الف، ب و پ مراجعه کنید) که در بالا بحث شد، به دست آورید. استحکام فرسودگی را با دقت سه رقم اعشار گزارش کنید.

۱۰-۶ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف- نام، شکل، تاریخ تولید و سری ساخت FRP های آزمون شده؛

ب- نوع الیاف و ماده اتصالی به الیاف؛

پ- شماره یا نشانه‌های شناسایی آزمون‌ها؛

ت- شناسه‌گذاری، سطح مقطع عرضی اسمی و قطر؛

ث- تاریخ انجام آزمون، دما و رطوبت آزمون (از آغاز تا پایان آزمون)؛

ج- بار (تنش) حداکثر، بار (تنش حداقل)، گستره بار (تنش)، تعداد چرخه‌های گسیختگی و نرخ فرکامس هر آزمون؛

چ- ثبت حالت گسیختگی مشاهده شده برای هر آزمون؛

ح- منحنی S-N و استحکام فرسودگی.

۱۱ روش آزمون برای مقاومت قلیایی

۱۱-۱ آزمون‌ها

۱۱-۱-۱ تهیه آزمون

آزمونه‌ها را قبل از آزمون در معرض هیچ نوع فراوری قرار ندهید. برای شبکه FRP ممکن است آزمون‌های خطی با برش دادن قسمت‌های اضافی با روشی که عملکرد قسمت آزمون شونده تحت تاثیر قرار نگیرد، تهیه شوند.

۲-۱-۱۱ انبار کردن آزمون‌ها

آزمون‌ها را به دقت انبار کنید و در برابر عوامل تغییر شکل، حرارت و قرار گرفتن در معرض نور ماوراء بنفش، که می‌توانند باعث تغییراتی در خواص ماده آزمون طی نمونه‌برداری و تهیه آزمون شود، محافظت کنید.

۳-۱-۱۱ طول آزمون‌ها

طول آزمون نباید کمتر از ۱۰۰ mm، و نباید کوچکتر از ۴۰ برابر قطر اسمی میله FRP باشد. برای میله FRP استاندارد، طول باید مطابق مقررات بالا باشد و نباید کوچکتر از ۲ برابر **گام** باشد.

۴-۱-۱۱ تعداد آزمون‌ها

حداقل پنج آزمون را برای آزمون کششی قبل از غوطه‌وری و پس از غوطه‌وری آزمون کنید. اگر یک آزمون رد شود، یا از بخش لنگرگاهی بلغزد، بهتر است یک آزمون اضافی روی یک آزمون جداگانه که از همان سری آزمون‌های رد شده برداشته شده است، انجام شود.

۲-۱۱ غوطه‌وری در محلول قلیایی

۱-۲-۱۱ تهیه محلول قلیایی

محلول قلیایی استفاده شده برای غوطه‌وری باید دارای ترکیب شیمیایی یکسان با محلول غوطه‌وری سیمان باشد. بهتر است محلول دارای pH اولیه بالاتر از ۱۳ باشد. برای مثال، ترکیب محلول قلیایی شامل ۸۷۰ گرم NaOH و ۲۲۴ گرم KOH در ۱ لیتر آب بدون یون باشد.

۲-۲-۱۱ جلوگیری از نفوذ محلول به آزمون

به منظور جلوگیری از نفوذ محلول از انتهای آزمون طی غوطه‌وری، انتهای آزمون‌ها را با رزین اپوکسی بوشانید و اجازه دهید تا عمل‌آوری شود.

۳-۲-۱۱ دمای غوطه‌وری

دمای تعیین شده غوطه‌وری باید $3^{\circ}C \pm 60^{\circ}C$ باشد.

۴-۲-۱۱ نصب آزمون

آزمون را روی دستگاه غوطه‌وری نصب کنید. در صورت لزوم، یک بار کششی باید به آزمون اعمال شود. از جذب CO_2 هوا توسط محلول قلیایی و از تبخیر آب طی غوطه‌وری جلوگیری کنید.

۵-۲-۱۱ مدت زمان غوطه‌وری

دوره زمانی غوطه‌وری باید یک ماه باشد.

۱۱-۲-۶ عملیات پس از غوطه‌وری

آزمونه را پس از غوطه‌وری در آب بشوید.

۱۱-۳-۳ وضعیت ظاهری خارجی و تغییر جرم

۱۱-۳-۱۱ بازرسی رملول قلیایی

مقدار pH رملول قلیایی قبل و پس از آزمون مقاومت قلیایی اندازه بگیرید.

۱۱-۳-۲ وضعیت ظاهری خارجی

وضعیت ظاهری آزمونه را قبل و پس از آزمون مقاومت قلیایی از نظر مقایسه رنگ، شرایط سطح و تغییر شکل بررسی کنید. در صورت نیاز، آزمونه ممکن است از مقطع عرضی برش داده شده و صیقلی شود، و شرایط سطح مقطع عرضی با استفاده از میکروسکوپ بررسی شود.

۱۱-۳-۳ اندازه‌گیری تغییر جرم

پس از غوطه‌وری، رزین اپوکسی را که بر قسمت‌های انتهایی آزمونه اعمال شده است، جدا کرده، آزمونه را خشک کنید و جرم آن را تا رسیدن به جرم ثابتی اندازه بگیرید. نرخ افت جرم را بر حسب درصد، $R_{\Delta m}$ ، با استفاده از معادله (۱۳) محاسبه کنید:

$$R_{\Delta m} = \left[\frac{(m_0 / L_0) - (m_1 / L_1)}{m_0 / L_0} \right] \times 100 \quad (13)$$

که در آن:

m_0 جرم قبل از غوطه‌وری، بر حسب گرم؛ و

L_0 طول قبل از غوطه‌وری، بر حسب میلی‌متر؛ و

m_1 جرم پس از غوطه‌وری، بر حسب گرم؛ و

L_1 طول آزمونه که دو انتهای آن پس از غوطه‌وری جدا شده است، بر حسب میلی‌متر است.

۱۱-۴-۴ آزمون کشش

۱۱-۴-۱ ماشین و وسایل آزمون

ماشین و وسایل آزمون باید مطابق مقررات بند ۶ باشد.

۱۱-۴-۲ دمای آزمون و روش آزمون

دمای آزمون و روش آزمون باید مطابق مقررات بند ۶ باشد.

۱۱-۵ محاسبات

۱۱-۵-۱ محاسبات

خواص ماده میله FRP فقط روی آزمون‌هایی که متحمل گسیختگی می‌شوند، ارزیابی کنید. اگر گسیختگی کشش یا لغزش‌ها در بخش لنگرگاهی روی دهند، از داده‌ها صرف نظر کنید. بهتر است آزمون‌های بیشتری انجام شود تا تعداد آزمون‌هایی که در این آزمون رد می‌شوند، از ۵ کمتر نباشند.

۱۱-۵-۲ نرخ بازداری ظرفیت کششی

نرخ بازداری ظرفیت کششی، R_{et} که بر حسب درصد بیان می‌شود را با دقت ۲ رقم اعشار از معادله (۱۴) محاسبه کنید:

$$R_{et} = \frac{F_{u1}}{F_{u0}} \times 100 \quad (14)$$

که در آن:

F_{u1} ظرفیت کششی پس از غوطه‌وری، بر حسب نیوتن؛ و

F_{u0} ظرفیت کششی قبل از غوطه‌وری، بر حسب نیوتن است.

۱۱-۶ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف- اطلاعات پایه:

- نام، شکل، تاریخ تولید و سری ساخت FRP های آزمون شده؛

- نوع الیاف و ماده اتصالی به الیاف؛

- شماره یا نشانه‌های شناسایی آزمون‌ها؛

- شناسه‌گذاری، سطح مقطع عرضی اسمی و قطر؛

- تاریخ آغاز و پایان غوطه‌وری،

ب- اطلاعات مربوط به محلول قلیایی غوطه‌وری:

- ترکیب محلول قلیایی، pH، دما، زمان و دوره زمانی غوطه‌وری؛

- بار کششی و نسبت بار کششی به ظرفیت کششی اسمی (اگر کشش انجام نشود، باید ثبت شود)؛

- ثبت مشاهدات درباره وضعیت ظاهری خارجی، و نرخ افت جرم؛

پ- اطلاعات مرتبط با آزمون کشش:

- دمای آزمون و نرخ بارگذاری،

- ظرفیت‌های کشش برای آزمون‌های غوطه‌ور شده و نشده، همراه با میانگین و انحراف استاندارد ظرفیت‌های کشش و استحکام کششی؛

- سختی کشش، مدول یانگ و میانگین این موارد برای همه آزمون‌های غوطه‌ور شده و غوطه‌ور نشده؛

- کرنش نهایی برای همه آزمون‌های غوطه‌ور شده و غوطه‌ور نشده و میانگین کرنش نهایی؛

- نرخ بازداري ظرفیت کششی؛

- منحنی تنش-کرنش همه آزمون‌های غوطه‌ور شده و غوطه‌ور نشده.

۱۲ روش آزمون گسیختگی خزش

۱-۱۲ آزمون‌ها

۱-۱-۱۲ تهیه، بررسی و ابعاد آزمون‌ها

آزمون باید مطابق مقررات بند ۶، تهیه و بررسی شود.

۲-۱-۱۲ تعداد آزمون‌ها

برای هر شرایط آزمون، حداقل ۳ آزمون را آزمون کنید. در مواردی که آزمون‌ها رد می‌شوند، یا از بخش لنگرگاه می‌لغزند، بهتر است یک آزمون اضافی تری روی آزمون جداگانه برداشته شده از همان سری آزمون رد شده انجام شود.

۲-۱۲ چهارچوب و وسایل آزمون

۱-۲-۱۲ چهارچوب و وسایل آزمون

چهارچوب و وسایل آزمون باید قادر به نگهداری بار ثابت و بار تحمیل شده باشند، حتی اگر آزمون تغییر شکل دهد.

۲-۲-۱۲ لنگرگاه

لنگرگاه باید مطابق مقررات بند ۶ باشد.

۳-۲-۱۲ کشش سنج و سنجه کرنش

کشش سنج و سنجه کرنش باید مطابق مقررات بند ۶ باشد.

۴-۲-۱۲ اندازه‌گیری زمان

گذشت زمان طی آزمون باید با تجهیزات مناسب (مانند زمان سنج و غیره) با درستی ۱ درصد زمان سپری شده، اندازه‌گیری شود.

۳-۱۲ دمای آزمون

دمای آزمون بهتر است در گستره $20^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$ باشد، مگر در شرایط خاص.

۴-۱۲ ظرفیت کششی

ظرفیت کششی باید مطابق با مقررات بند ۶ محاسبه شود.

۵-۱۲ روش آزمون

۱-۵-۱۲ نصب آزمون و طول سنج

نصب آزمون و طول سنج باید مطابق مقررات بند ۶ باشد.

۲-۵-۱۲ بارگذاری

- طی بارگذاری مراقب باشید تا از قرار گرفتن آزمون در معرض شوک و لرزش جلوگیری شود.
- بارگذاری را بدون اتلاف وقت انجام دهید و زمان بارگذاری اولیه را ثبت کنید.
- اندازه‌گیری آزمون خزش از لحظه آغاز بارگذاری از پیش تعیین شده بر آزمون‌ها تکمیل می‌شود.
- نباید اجازه داد که نیروی خزش به اندازه ۲ درصد یا بیشتر رقم اسمی کاهش یابد.

۳-۵-۱۲ انتخاب بارهای تحمل شده برای اعمال

- آزمون‌های خزش را برای مجمعه شرایط نسبی بار که کمتر از ۵ نباشد، و بر پایه ظرفیت کشش انتخاب شده باشد، انجام دهید.
- یک مجموعه از شرایط نسبی بار باید طوری باشد که سه آزمون پس از ۱۰۰۰ ساعت بارگذاری، رد نشود.

۴-۵-۱۲ اندازه‌گیری کرنش خزش

کرنش خزش باید به طور خودکار توسط یک ثبات الحاق شده به ماشین آزمون ثبت شود. اگر هیچ ثباتی به ماشین آزمون متصل نشده باشد، کرنش خزش را پس از زمان‌های سپری شده ۱ دقیقه، ۳ دقیقه، ۶ دقیقه، ۹ دقیقه، ۱۵ دقیقه، ۳۰ دقیقه، ۴۵ دقیقه، ۱ ساعت، ۱٫۵ ساعت، ۲ ساعت، ۴ ساعت، ۱۰ ساعت، ۲۴ ساعت، ۴۸ ساعت، ۷۲ ساعت، ۹۶ ساعت و ۱۲۰ ساعت و سپس هر ۲۴ ساعت با حداقل یک اندازه‌گیری در هر ۱۲۰ ساعت، اندازه‌گیری و ثبت کنید.

۶-۱۲ محاسبات

۱-۶-۱۲ بررسی داده‌ها

خواص ماده میله FRP فقط بر پایه آزمون‌هایی که متحمل گسیختگی در بخش آزمون می‌شوند، ارزیابی کنید. اگر گسیختگی کشش یا لغزش‌ها در بخش لنگرگاهی به وضوح روی دهند، از داده‌ها صرف نظر کنید. بهتر است آزمون‌های بیشتری انجام شود تا تعداد آزمون‌هایی که در این آزمون رد می‌شوند، از ۳ کمتر نباشند.

از داده‌های مربوط به آزمون‌هایی که در آغاز بارگذاری می‌شکنند، صرف‌نظر کنید. در چنین مواردی، فقط بار اعمال شده و زمان گسیختگی خزش را ثبت کنید، اما آن‌ها را از داده‌ها حذف کنید، ضرورتی برای اجرای آزمون‌های اضافی نمی‌باشد.

۱۲-۶-۲ منحنی نسبت بار / زمان گسیختگی خزش

برای هر آزمون‌ای که در معرض آزمون خزش قرار گرفته است، منحنی نسبت بار / زمان گسیختگی خزش باید به صورت نیمه لگاریتمی که نسبت بار در مقیاس لگاریتمی روی محور عمودی و زمان گسیختگی خزش، بر حسب ساعت، در مقیاس لگاریتمی روی محور افقی، رسم شود.

۱۲-۶-۳ نمودار خطی گسیختگی خزش

نمودار خطی گسیختگی خزش را بر پایه نسبت بار خزشی، R_{Yc} ، تهیه کنید و خط با بهترین همخوانی را برای داده‌های نمودار با استفاده از روش حداقل مربع مطابق با معادله (۱۲) و (۱۵) را محاسبه کنید:

$$R_{Yc} = k_a - k_b \cdot \log t \quad (۱۵)$$

۱۲-۷ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف- نام، شکل، تاریخ تولید و سری ساخت FRP های آزمون شده؛

ب- نوع الیاف و ماده اتصالی به الیاف؛

پ- شماره یا نشانه‌های شناسایی آزمون‌ها؛

ت- شناسه‌گذاری، سطح مقطع عرضی اسمی و قطر؛

ث- تاریخ انجام آزمون، دمای آزمون؛

ج- نوع و نام چهارچوب و وسایل آزمون؛

چ- نوع و نام لنگرگاه؛

ح- ظرفیت کششی، ظرفیت کششی میانگین و استحکام کششی هر آزمون؛

خ- زمان بارگذاری اولیه؛

د- منحنی نسبت بار / زمان گسیختگی خزش؛

ذ- منحنی کرنش خزش / زمان برای هر آزمون؛

فرمول مشتق‌گیری خط تقریبی و ضریب تعیین آن.

۱۳ روش آزمون برای استحکام برش متقاطع

۱-۱۳ آزمون‌ها

۱-۱-۱۳ تهیه آزمون‌ها

آزمون‌ها باید در معرض هیچ گونه فراوری قرار نگیرند و باید تا حد ممکن راست و مستقیم باشند. بهتر است آزمون‌های خم شده استفاده نشوند.

۲-۱-۱۳ بررسی آزمون‌ها

به هنگام فراهم کردن و تهیه آزمون‌ها، از تغییر شکل، حرارت دادن، و قرار دادن در معرض نور ماوراء بنفش، که می‌تواند باعث تغییراتی در خواص ماده قسمت آزمون شونده آزمون شود، اجتناب کنید.

۳-۱-۱۳ طول آزمون‌ها

طول آزمون، صرفنظر از قطر اسمی میله‌های FRP باید ثابت باشد. طول نباید از ۵ برابر فاصله صفحه برشی کمتر و از ۳۰۰ mm کوچکتر باشد.

۴-۱-۱۳ تعداد آزمون‌ها

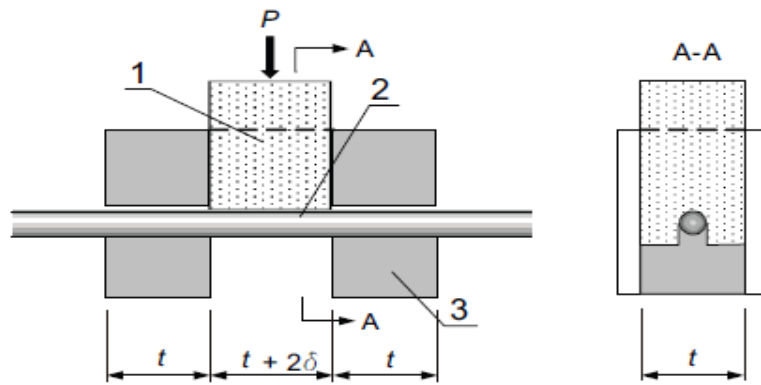
حداقل ۳ آزمون را آزمون کنید. اگر الیاف آزمون کشیدگی کافی نشان دهند، با نشان دادن این که گسیختگی ناشی از برش نیست، بهتر است یک آزمون اضافی تری روی آزمون جداگانه برداشته شده از همان سری آزمون رد شده انجام شود.

۲-۱۳ ماشین و وسایل آزمون

۱-۲-۱۳ ماشین آزمون

ماشین آزمون بهتر است با الزامات استاندارد ملی شماره ۱-۸۷۶۸ مطابقت داشته باشد. ماشین آزمون باید دارای ظرفیت بارگذاری افزون بر ظرفیت کششی آزمون باشد و باید قادر به اعمال بارگذاری در نرخ بارگذاری لازم باشد. ماشین آزمون باید طی آزمون، قادر به ارائه قرائت‌های با درستی ۱ درصد باشد.

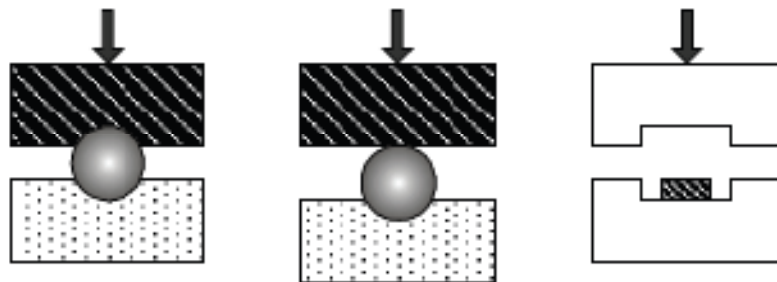
۲-۲-۱۳ دستگاه‌های آزمون برش



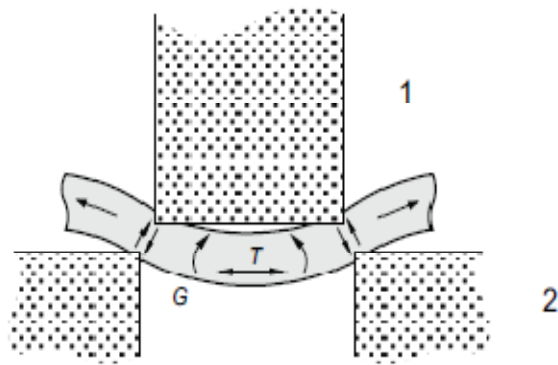
راهنما

- ۱ برش‌دهنده جلو رونده
- ۲ آزمونیه
- ۳ نگهدارنده آزمونیه

شکل ۷- ماشین آزمون برش دوگانه (آزمون برش متقاطع)



شکل ۸- ترکیب آزمونیه‌ها و سطح ثابت ماشین آزمون



راهنما
 ۱ تیغه بالایی
 ۲ تیغه پایینی

شکل ۹- نمودار ادراکی تنش‌های ثابت از دستگاه آزمون عمل کننده روی آزمون

۳-۱۳ دمای آزمون

دمای آزمون بهتر است عموماً در گستره 5°C تا 35°C باشد. دمای آزمون مشخص شده برای آزمون-های حساس باید $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ باشد.

۴-۱۳ روش آزمون

۱-۴-۱۳ نصب آزمون

آزمون را در مرکز دستگاه برش طوری نصب کنید که در تماس با وسیله بارگذاری بالایی باشد. بهتر است هیچ شکاف قابل رویتی بین سطوح تماس وسیله‌های بارگذاری نباشد.

۲-۴-۱۳ نرخ بارگذاری

نرخ بارگذاری مشخص شده باید طوری باشد که تنش برشی با نرخ $30\text{ N/mm}^2/\text{min}$ تا $60\text{ N/mm}^2/\text{min}$ افزایش یابد. بارگذاری را به طور یکنواخت بدون این که آزمون در معرض شوک قرار گیرد، اعمال کنید.

۳-۴-۱۳ دامنه آزمون

بارگذاری را ادامه دهید تا این که آزمون رد شود. بار گسیختگی را با دقت سخ رقم اعشار ثبت کنید. بهتر است یادآوری شود که بارگذاری می‌تواند به طور موقت محاسبات

۴-۴-۱۳ بررسی داده‌ها

به دلیل حضور دو فک قطع کاهش یابد.

با بررسی چشمی، تعیین کنید که آیا گسیختگی به دلیل برش روی داده است یا خیر. اگر کشیدگی الیاف آشکار باشد، از داده‌ها صرف‌نظر کنید، آزمون‌های اضافی باید انجام شود تا تعداد آزمون‌های رد شده ناشی از برش از ۳ کمتر نباشد.

۱۳-۴-۵ استحکام برشی

استحکام برشی، τ_s ، را که بر حسب نیوتن بر میلی‌متر مربع بیان می‌شود، با دقت سه رقم اعشار از معادله (۱۶) محاسبه کنید:

$$\tau_s = \frac{P_s}{2A} \quad (16)$$

که در آن:

P_s بار برشی گسیخته، بر حسب نیوتن؛ و
 A سطح مقطع عرضی اسمی آزمون، بر حسب میلی‌متر مربع است.

۱۳-۶ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف- نام FRP؛

ب- نوع الیاف و ماده اتصالی به الیاف؛

پ- شماره یا نشانه‌های شناسایی آزمون‌ها؛

ت- شناسه‌گذاری، سطح مقطع عرضی اسمی و قطر؛

ث- تاریخ انجام آزمون، دمای آزمون، نرخ بارگذاری؛

ج- فاصله بین فک‌های برشی دوگانه؛

چ- بار برشی گسیخته برای هر آزمون؛ میانگین بار برشی گسیخته و استحکام برشی؛

ح- حالت گسیختگی هر آزمون.

۱۴ روش آزمون برای خواص کششی خمشی

۱-۱۴ آزمون‌ها

۱-۱-۱۴ تهیه و بررسی آزمون‌ها

آزمون‌ها را مطابق مقررات بند ۶ تهیه و بررسی کنید.

۲-۱-۱۴ طول آزمون‌ها

طول آزمون باید طول بخش آزمون به اضافه طول بخش لنگرگاه باشد. طول بخش آزمون نباید از لنگرگاه تا بخش کج شده، کمتر از ۱۰۰ mm باشد. نباید از ۴۰ برابر قطر اسمی میله FRP کوچک‌تر باشد. برای یک میله FRP به شکل رشته، به عنوان شرایط اضافی‌تر، طول نباید از ۲ برابر گام رشته کمتر باشد.

۱۴-۱-۳ تعداد آزمونه‌ها

تعداد آزمونه‌ها برای هر شرایط آزمون (ترکیب قطره‌های خمشی و زوایای خمشی) نباید از سه کمتر باشد. اگر آزمونه به وضوح رد شود یا تحت ظرفیت کششی ۹۵ درصد، از بخش لنگرگاه بلغزد، یک آزمون اضافی تر روی آزمونه برداشته شده از همان سری باید انجام شود.

۱۴-۲ وسایل و واحد آزمون

۱۴-۲-۱ واحد آزمون

واحد آزمون باید شامل یک وسیله بارگذاری، شاخص بارگذاری، نگهدارنده لنگرگاه و کج کننده باشد. ماشین آزمون باید دارای ساختاری باشد که قابلیت ادامه آزمون تا گسیختگی کششی را داشته باشد.

۱۴-۲-۲ وسیله بارگذاری

وسيله بارگذاری باید دارای ظرفیت بارگذاری افزون بر ظرفیت کششی آزمونه باشد و باید توانایی اعمال بارگذاری در نرخ بارگذاری خواسته شده را داشته باشد.

۱۴-۲-۳ شاخص بار

شاخص بار باید قابلیت نشان دادن بار با درستی ۱ درصد بار گسیختگی، تا گسیختن آزمونه را داشته باشد.

۱۴-۲-۴ نگهدارنده لنگرگاه

نگهدارنده لنگرگاه باید با هندسه آزمونه مناسب باشد و باید قابلیت انتقال درست بار را از ماشین آزمون به آزمونه داشته باشد. آن باید طوری قرار گیرد که فقط بارهای محوری را به آزمونه منقل کند، بدون این که نیروی خمشی یا کششی را انتقال دهد.

۱۴-۲-۵ خم کن

خم کن باید قادر به نگهداری زاویه خمش و قطر خمش خواسته شده طی آزمون باشد تا زمانی که آزمونه گسیخته شود. سطح خم کن که در تماس با آزمونه قرار می‌گیرد باید محکم و صاف باشد.

۱۴-۲-۶ دمای آزمون

دمای آزمون مشخص شده باید در گستره 5°C تا 35°C باشد، مگر در مواردی که طور دیگری توافق شده باشد. دمای آزمون برای آزمونه‌های حساس به تغییرات دما باید $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ باشد.

۱۴-۳ روش آزمون

۱۴-۳-۱ آماده‌سازی آزمون

قطر خمش و زاویه خمش باید برای آزمون به طور مناسبی تنظیم شود. بنابراین، این ترکیب شرایط آزمون منفردی را تشکیل می‌دهد. به عنوان پیکر بندی ویژگی، آزمونه فقط باید در یک بخش خم شود.

۱۴-۳-۲ نصب آزمونه

به هنگام نصب آزمونه روی واحد آزمون مراقب باشید تا زاویه خمش و قطر خمش خواسته شده در بخش خم شده طی آزمون حفظ شود.

۳-۳-۱۴ نرخ بارگذاری

نرخ بارگذاری استاندارد باید نرخ کرنش ثابتی برابر با ۱ درصد کرنش در دقیقه (± 50) درصد باشد.

۴-۳-۱۴ دامنه آزمون

بارگذاری را تا گسیختگی آزمون اعمال کنید. بار و محل گسیختگی را اندازه بگیرید و ثبت کنید و زمان گسیختگی را ثبت کنید.

۴-۱۴ محاسبات

۱-۴-۱۴ بررسی داده‌ها

خواص ماده میله FRP فقط بر پایه آزمون‌هایی که متحمل گسیختگی در بخش آزمون می‌شوند، ارزیابی کنید. اگر گسیختگی کشش یا لغزش‌ها در بخش لنگرگاهی به وضوح تحت ظرفیت کششی ۹۵ درصد روی دهند، از داده‌ها صرف نظر کنید.

۲-۴-۱۴ ظرفیت کششی خمشی

میانگین، حداکثر و حداقل ظرفیت کششی خمشی را برای هر مجموعه شرایط آزمون محاسبه کنید.

۵-۱۴ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف- نام، شکل، تاریخ تولید و سری ساخت FRP های آزمون شده؛

ب- نوع الیاف و ماده اتصالی به الیاف؛

پ- شماره یا نشانه‌های شناسایی آزمون‌ها؛

ت- شناسه‌گذاری، سطح مقطع عرضی اسمی و قطر؛

ث- تاریخ انجام آزمون، دمای آزمون، نرخ بارگذاری؛

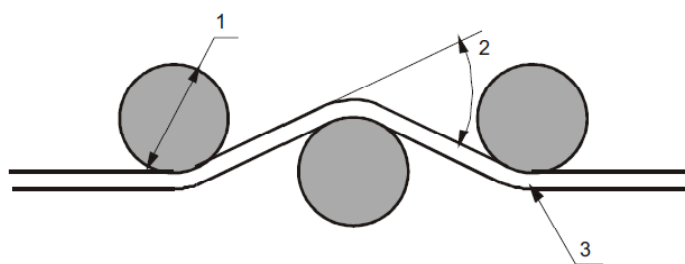
ج- شرایط سطح میله FRP (ماده، ضخامت، پیکربندی، غیره برای هر نوع پوشش)؛

چ- زاویه خمش، قطر خارجی موقعیت سطح بخش خم شده، نسبت قطر خم شده، ماده و پیکربندی سطح؛

ح- ظرفیت کششی خمشی برای هر آزمون؛

خ- محل و حالت گسیختگی برای هر آزمون؛

د- تعداد آزمون‌ها برای هر مجموعه شرایط (بند ۱۴-۵، چ) میانگین، حداکثر، حداقل ظرفیت کششی خمشی.



راهنما

- ۱ قطر خمشی
- ۲ زاویه خمشی
- ۳ میله FRP

شکل ۱۰- مثال از خم کن



شکل ۱۱- عکس وسایل و واحد آزمون

۱۵ روش آزمون برای ضریب انبساط حرارتی طولی با تجزیه مکانیک-حرارتی

۱-۱۵ آزمون‌ها

۱-۱-۱۵ عمل‌آوری پیش‌آزمون آزمون‌ها

قبل از آزمون، آزمون‌ها باید حداقل به مدت ۲۴ ساعت در دمای $C \pm 2^{\circ}$ و $C \pm 23^{\circ}$ و رطوبت نسبی (± 10) (۵۰ درصد، تحت شرایط دمایی طبقه ۲ و شرایط رطوبت نسبی طبق بند ۶ استاندارد ملی شماره ۲۱۱۷ نگهداری شوند، مگر این‌طور دیگری توافق شده باشد. آزمون‌ها باید به‌طور معمول به مدت ۴۸ ساعت به منظور حذف کرنش ناشی از خمش و برای رطوبت‌زدایی و هوازدایی در حداکثر دمای آزمون قرار گیرند.

۲-۱-۱۵ ابعاد آزمون‌ها

آزمون باید به طول ۲۰ mm از میله FRP با سطح مقطع گرد یا مربعی که قطر آن یا عرض آن بیشتر از ۵ mm نباشد، بریده شود.

۳-۱-۱۵ تعداد آزمون‌ها

تعداد آزمون‌ها نباید کمتر از ۳ باشد.

۲-۱۵ وسایل آزمون

۱-۲-۱۵ وسایل آزمون

دستگاه تجزیه مکانیک-حرارتی^۱ استفاده شده برای آزمون باید توانایی اندازه‌گیری در حالت فشاری، نگهداری اتمسفر ثابت اطراف آزمون و بالا بردن دمای آزمون را با نرخ ثابت داشته باشد.

۲-۲-۱۵ کالیبراسیون وسایل آزمون

کالیبراسیون دقیق سنجه نشان دهنده باید به‌طور دوره‌ای با استفاده از یک میکرومتر خارجی مطابق با استاندارد ISO 3611 یا با یک میکرومتر متصل به ماشین آزمون انجام شود.

کالیبراسیون سنجه دمایی باید با استفاده از یک ماده خالص با نقطه ذوب معلوم انجام شود.

۳-۲-۱۵ نصب وسایل آزمون

دستگاه تجزیه مکانیک-حرارتی باید در محلی نصب شود که طی آزمون در معرض لرزش قرار نگیرد.

۳-۱۵ روش آزمون

روش آزمون به شرح زیر است:

الف- آزمون، میله سنجه و سکوی آزمون را تمیز کنید و آزمون را به صورت عمودی^۱، در صورت امکان خمیده نسبت به سکو قرار دهید.

1- Thermomechanical analysis (TMA)

ب- میله سنجه را در مرکز آزمون، بدون هیچگونه اعمال فشار قرار دهید.

پ- جو اطراف آزمون باید شامل هوای خشک (آب موجود در هوا بیشتر از ۰٫۱ درصد جرمی نباشد) یا نیتروژن (آب موجود بیشتر از ۰٫۰۰۱ درصد جرمی، مقدار اکسیژن بیشتر از ۰٫۰۰۱ درصد جرمی نباشد) باشد که نرخ جریان آن در گستره ۵۰۰ ml/min تا ۱۰۰ ml/min نگهداشته شود.

ت- بار را به آرامی تا سر میله سنجه در دمای اتاق اعمال کنید، دما باید در ابتدا تا صفر درجه سلسیوس پایین آورده شود، سپس تا ۶۰ درجه سلسیوس بالا برده شود، مگر این که طور دیگری توافق شده باشد و فرایند کامل جابجا شدگی آزمون باید ثبت شود.

ث- نرخ افزایش دما نباید بیشتر از ۵ °C بر دقیقه باشد.

ج- تنش فشاری عمل کننده بر آزمون باید نزدیک به ۳ mN/mm² باشد.

۴-۱۵ محاسبات

۱-۴-۱۵ ضریب انبساط حرارتی

ضریب انبساط حرارتی آزمون، α_{sp} ، که بر حسب بر درجه سلسیوس بیان می‌شود، و در گستره دمایی T_1 و T_2 اندازه‌گیری می‌شود، باید با استفاده از معادله (۱۷) محاسبه شود:

$$\alpha_{sp} = (\Delta L_{pm} - \Delta L_{refm}) / [L_0 \times (T_2 - T_1)] + \alpha_{set} \quad (17)$$

که در آن:

ΔL_{pm} اختلاف بین طول آزمون در دمای T_1 و دمای T_2 ، بر حسب میکرومتر؛

ΔL_{refm} اختلاف بین طول آزمون ویژگی برای کالیبراسیون طول در دمای T_1 و دمای T_2 ، بر حسب میکرومتر؛

L_0 طول آزمون در دمای اتاق، بر حسب میکرومتر؛

T_2 دمای حداکثر برای محاسبه ضریب انبساط طولی، معمولاً ۶۰ °C؛

T_1 دمای حداقل برای محاسبه ضریب انبساط طولی، معمولاً ۰ °C؛

α_{set} ضریب انبساط حرارتی محاسبه شده برای آزمون ویژگی برای کالیبراسیون بین دمای T_1 و T_2 ، بر حسب درجه سلسیوس.

در دستگاه‌هایی که کالیبراسیون طول آزمون و آزمون ویژگی، به طور همزمان اندازه‌گیری می‌شود، در معادله (۱۷) ΔL_{refm} باید برابر صفر باشد.

۱۵-۴-۲ گرد کردن مقادیر عددی

هر یک از ضرایب انبساط حرارتی باید تا شش رقم اعشار (10^{-7})، و میانگین مقادیر گرد شده تا ۵ رقم اعشار (10^{-6}) محاسبه شوند. اگر مقدار میانگین کمتر از ۱ باشد، باید با درستی شش رقم اعشار (10^{-7}) بیان شود.

۱۵-۵ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف- نام، شکل، تاریخ تولید و سری ساخت FRP های آزمون شده؛

ب- نوع الیاف و ماده اتصالی به الیاف؛

پ- شماره یا نشانه‌های شناسایی آزمون‌ها؛

ت- شناسه‌گذاری، سطح مقطع عرضی اسمی و قطر؛

ث- تاریخ انجام آزمون؛

ج- ابعاد آزمون‌ها؛

چ- روش عمل آوری؛

ح- نوع ماشین آزمون؛

خ- نوع اتمسفر اطراف طی آزمون و نرخ جریان؛

د- نام ماده استفاده شده برای کالیبراسیون دما و اندازه‌گیری‌های انجام شده؛

ذ- نوع آزمون و ویژگی برای کالیبراسیون طول؛

ر- گستره دمایی که ضریب انبساط حرارتی در آن اندازه‌گیری شده و دمای نماینده؛

ز- منحنی TMA برای هر آزمون؛

ژ- ضریب انبساط حرارتی هر آزمون، و میانگین ضریب انبساط حرارتی.

پيوست الف

(اطلاعاتی)

کتابنامه

[1] ISO 31-0:1992, Quantities and units-Part0: General principles