



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۴۷۶۱-۲

چاپ اول

۱۳۹۴

INSO

14761-2

1st. Edition

2016

پلیمر تقویت شده با الیاف (FRP) برای
تقویت خارجی بتن - قسمت ۲: ورق‌های
FRP - روش‌های آزمون

**Fibre-reinforced polymer (FRP)
reinforcement of concrete- Part 2:
FRP sheets- Test methods**

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 (FRP) برای تقویت خارجی بتن - قسمت ۲: ورق های FRP -
روش های آزمون»

رئیس:

شرقی، عبدالعلی
(دکترای مهندسی عمران)

دبیر:

ارشد، بهمن
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

امیری، احمد
(کارشناس مهندسی عمران)

امین بخش، آرمان
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

تقی زاده، نادر
(کارشناس ارشد زمین شناسی)

حداد ایرانی، سعید
(کارشناس مهندسی عمران)

حیدرپور، هادی
(کارشناس مهندسی عمران)

روا، افشین
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

سقطچی، غزاله
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

سمت و / یا نمایندگی

دانشگاه شهید بهشتی

اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی

شرکت بنیاد بتن آذربادگان

شرکت خانه سازی پیش ساخته آذربایجان

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک اداره کل
راه و شهرسازی آذربایجان شرقی

شرکت نمادگستر تاوریز

کارشناس مستقل

اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی

شرکت مرصوص بتن

شرکت پلیمر بتن آران	شعاریان ستاری، علی (کارشناس ارشد مهندسی عمران) طیار، امید (کارشناس ارشد مهندسی عمران)
شرکت نمادگستر تاوریز	
اداره کل نظارت بر اجرای استانداردهای صنایع غیرفلزی	عباسی رزگله، محمد حسین (کارشناس مهندسی مواد)
شرکت صنعت شیمی ساختمان	عیسائی، مهین (کارشناس ارشد شیمی آلی)
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی	فرحبد، فرهنگ (دکترای مهندسی عمران)
شرکت آذربام عایقکار	کریمیان خسروشاهی، فریبا (کارشناس مهندسی شیمی)
اداره کل نظارت بر اجرای استانداردهای صنایع غیرفلزی	مجتبوی، سید علیرضا (کارشناس مهندسی مواد)
اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی	محمدزاده، شهرام (کارشناس ارشد مهندسی عمران)
شرکت گاز استان آذربایجان شرقی	منطقی، زهرا (کارشناس مهندسی شیمی)
آزمایشگاه جهاد تحقیقات سهند	موسوی، محمد (کارشناس مهندسی عمران)
اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی	ولی‌زاده، وحید (کارشناس مهندسی عمران)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات، تعاریف و نمادها
۷	۴ شرایط کلی آزمون‌ها
۷	۵ روش آزمون برای تعیین خصوصیات کششی
۱۵	۶ روش آزمون برای مقاومت وصله پوششی
۲۰	۷ روش آزمون برای تعیین خصوصیات چسبندگی ورق‌های FRP به بتن
۲۸	۸ روش آزمون برای مقاومت پاره‌شدگی مستقیم ورق‌های FRP با بتن
۳۲	۹ روش آزمون برای مقاومت در برابر یخ‌زدن و آب‌شدن
۳۴	۱۰ روش آزمون پرتودهی با منابع نور آزمایشگاهی
۳۷	۱۱ روش آزمون دوام

پیش‌گفتار

استاندارد «پلیمر تقویت شده با الیاف (FRP) برای تقویت خارجی بتن- قسمت ۲: ورق‌های FRP- روش‌های آزمون» که پیش‌نویس آن توسط کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی ایران تهیه و تدوین شده و در ششصد و سی و چهارمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۹۴/۱۲/۲ مورد تصویب قرار گرفته است. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

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

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

ISO 10406-2: 2015, Fibre-reinforced polymer (FRP) reinforcement of concrete— Test methods—
Part 2: FRP sheets

پلیمر تقویت شده با الیاف (FRP) برای تقویت خارجی بتن - قسمت ۲: ورق‌های FRP - روش‌های آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش‌های آزمون برای ورق‌های پلیمری تقویت شده با الیاف (FRP)^۱ که به منظور تقویت خارجی اعضاء بتنی مورد استفاده قرار می‌گیرند، 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 آن‌ها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

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

۲-۲ مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۷۴۴۲، درستی (صحت و دقت) روش‌ها و نتایج اندازه‌گیری

۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۸۷۶۸-۱، هوافضا- مواد فلزی- تصدیق دستگاه‌های آزمون یک محوری ایستاء- قسمت اول: دستگاه‌های آزمون نیروهای کشش / فشار- تصدیق و کالیبراسیون سامانه اندازه‌گیری نیرو

۴-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۹۸۱۹-۱، کمیت‌ها و یکاها- قسمت ۱: اصول کلی

۵-۲ مجموعه استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۵۲۳، پلاستیک‌ها- روش‌های قرار داده در معرض منابع نوری آزمایشگاهی

۳ اصطلاحات، تعاریف و نمادها

۱-۳ اصطلاحات و تعاریف

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

۱-۱-۳

دستگاه آزمون پرتودهی مصنوعی تسریع شده

accelerated artificial exposure testing machine

دستگاهی که بتواند شرایط آزمون استاندارد تجدیدپذیر را برای تسریع هوازدگی به‌طور مصنوعی ایجاد کند.

۲-۱-۳

دمای محیطی

ambient temperature

شرایط محیطی که متناظر با شرایط جوی معمول در آزمایشگاه‌ها با دما و رطوبت کنترل نشده است.

۳-۱-۳

بلوک مهاري

anchorage block

بلوکی متناظر با بلوک آزمون که از گسیختگی پیوند ورق FRP، جلوگیری می‌کند.

یادآوری- بلوک با غلاف‌های پیرامونی متشکل از ورق FRP اضافی در هنگام آزمون، مقاومت چسبندگی بالاتری را فراهم می‌کند.

۴-۱-۳

قسمت مهاري

anchoring portion

قسمت‌های انتهایی آزمونه که با وسایل مهاري محکم شده است، تا بارهای وارده از دستگاه آزمون را به قسمت مورد آزمون منتقل کند.

۵-۱-۳

مقاومت چسبندگی

bond strength

مقاومتی که از تقسیم حداکثر بار وارده بر سطح موثر چسبندگی، محاسبه می‌شود.

۶-۱-۳

بلوک بتنی

concrete block

بلوک بتنی مستطیلی که برای مطالعه خصوصیات چسبندگی ورق‌های FRP به بتن، کاربرد دارد.

یادآوری- به منظور انتقال مقاومت کششی، آرماتورهای تسلیح یا میلگردهای فولادی در راستای محوری در مرکز سطح مقطع عرضی بلوک بتنی جاگذاری می‌شوند. بلوک‌های بتنی از یک بلوک آزمون و یک بلوک مهاري تشکیل می‌شوند.

۷-۱-۳

عمل‌آوری

conditioning

برای این که آزمون‌ها قبل از انجام آزمون تحت شرایط یکسانی قرار بگیرند، آن‌ها باید در دما و رطوبت مشخص نگهداری شوند.

۸-۱-۳

آزمون آزمایشی

coupon test piece

آزمون از یک قسمت مشابه که در معرض شرایط هوای خارجی قرار ندارد و تحت اثر آزمون‌های مقاومت کششی و مقاومت وصله پوششی قرار گرفته است، انتخاب می‌شود.

۹-۱-۳

سطح موثر چسبندگی

effective bond area

مساحتی که با استفاده از طول موثر چسبندگی و عرض چسبندگی ورق FRP، برآورد می‌شود.

۱۰-۱-۳

طول موثر چسبندگی

effective bond length

طول قسمتی که در آن تنش چسبندگی بین ورق FRP و بتن به‌طور موثر در حداکثر بارگذاری اعمال می‌شود، قبل از آن که ورق FRP از بتن جدا شود.

۱۱-۱-۳

دسته الیاف

fibre bundle

چند رشته الیاف که به هم بسته شده و به‌شکل یک دسته درآمده است.

۱۲-۱-۳

جرم واحد سطح الیاف

fibre mass per unit area

عبارت از جرم الیاف در راستای تقویت شده در ورق خشک (ورق‌های الیافی قبل از اشباع شدن با رزین) است.

یادآوری - به‌صورت جرم در هر متر مربع نیز بیان می‌شود.

۱۳-۱-۳

انرژی گسیختگی بین سطحی

interfacial fracture energy

مقدار انرژی در واحد سطح چسبندگی که برای ایجاد گسیختگی بین سطحی مورد نیاز است.

۱۴-۱-۳

نرخ ابقاء مقاومت وصله پوششی

overlap splice strength retention rate

عبارت از نسبت مقاومت وصله پوششی پس از قرارگیری در معرض پرتوهای مصنوعی تسریع شده یا یخزدن و آب شدن در مقایسه با مقاومت وصله پوششی قبل از قرار گرفتن در آن شرایط است.

یادآوری - نرخ ابقاء مقاومت وصله پوششی به صورت درصد بیان می شود.

۱۵-۱-۳

صفحه

plate

ورق FRP اشباع شده با رزین که از آن، آزمون‌ها برش داده می شوند.

۱۶-۱-۳

مقاومت بیرون کشیدن

pull-out strength

مقاومتی که از تقسیم حداکثر بار وارده بر مساحت مقطع عرضی سطح چسبندگی وسیله فولادی، محاسبه می شود.

۱۷-۱-۳

وسیله فولادی

steel device

مکانیزم ساخته شده از فولاد که به دستگاه بارگذاری متصل شده تا نیروی کششی را اعمال کند.

یادآوری - برای نصب وسیله فولادی به ورق FRP متصل شده به سطح بتن از چسب استفاده می شود. شکل سطح چسبندگی به صورت مربع یا دایره است.

۱۸-۱-۳

صفحه نواری

tab

صفحه ساخته شده از پلیمر تقویت شده با الیاف، آلومینیوم یا هر ماده مناسب دیگری که به آزمون متصل می شود تا بارهای وارده از دستگاه آزمون را به آزمون منتقل کند.

۱۹-۱-۳

ظرفیت کششی

tensile capacity

حداکثر نیروی کششی که آزمون در طول آزمون کشش تحمل می‌کند.

۲۰-۱-۳

نرخ ابقاء مقاومت کششی

tensile strength retention rate

عبارت از نسبت مقاومت کششی پس از قرارگیری در معرض پرتوهای مصنوعی تسریع شده یا یخ‌زدن و آب‌شدن در مقایسه با مقاومت کششی قبل از قرار گرفتن در آن شرایط است.
یادآوری - نرخ ابقاء مقاومت کششی به‌صورت درصد بیان می‌شود.

۲۱-۱-۳

بلوک آزمون

test block

بلوکی که برای مطالعه خصوصیات چسبندگی ورق‌های FRP به‌کار می‌رود.

۲۲-۱-۳

قسمت مورد آزمون

test portion

بخشی از آزمون که بین قسمت‌های مهاري واقع شده و مورد آزمون قرار می‌گیرد.

۲۳-۱-۳

کرنش نهایی

ultimate strain

کرنشی که متناظر با ظرفیت کششی است.

۲۴-۱-۳

هوازدگی

weathering

تغییرات شیمیایی و فیزیکی در خصوصیات مواد که به‌خاطر قرارگرفتن در معرض نور خورشید، باران، برف و یا دیگر شرایط طبیعی جوی، به وجود می‌آید.

۲-۳ نمادها

نمادهای به‌کار رفته در این استاندارد، مطابق جدول ۱ است.

جدول ۱- نمادها

نماد	واحد	شرح	مرجع
A	mm^2	سطح مقطع عرضی اسمی (در حالت کلی)	۴-۵
A_A	mm^2	سطح مقطع عرضی اسمی مربوط به آزمون نوع A	۴-۶، ۴-۵
A_B	mm^2	سطح مقطع عرضی اسمی مربوط به آزمون نوع B	۴-۶، ۴-۵
A_S	mm^2	مساحت وسیله فولادی	۴-۸
b_{av}	mm	عرض متوسط ورق FRP	۴-۷
$b_{t,min}$	mm	حداقل عرض آزمون	۴-۶، ۴-۵
E_f	N/mm^2	مدول الاستیسیته	۴-۷، ۴-۵
f_{au}	N/mm^2	مقاومت چسبندگی	۴-۸
f_{fu}	N/mm^2	مقاومت کششی	۴-۵
$f_{\square fu0}$	N/mm^2	مقدار میانگین مقاومت کششی قبل از عملیاتی نظیر یخزدن و آب شدن یا پرتودهی مصنوعی تسریع شده	۴-۱۰، ۴-۹
$f_{\square fu1}$	N/mm^2	مقدار میانگین مقاومت کششی پس از عملیاتی نظیر یخزدن و آب شدن یا پرتودهی مصنوعی تسریع شده	۴-۱۰، ۴-۹
f_{fus}	N/mm^2	مقاومت وصله پوششی	۴-۶
$f_{\square fus0}$	N/mm^2	مقدار میانگین مقاومت وصله پوششی قبل از عملیاتی نظیر یخزدن و آب شدن یا پرتودهی مصنوعی تسریع شده	۴-۱۰، ۴-۹
$f_{\square fus1}$	N/mm^2	مقدار میانگین مقاومت وصله پوششی پس از عملیاتی نظیر یخزدن و آب شدن یا پرتودهی مصنوعی تسریع شده	۴-۱۰، ۴-۹
F_{au}	N	حداکثر نیرو	۴-۸
F_{last}	N	نیروی مربوط به آخرین جفت مقادیر نیرو و کرنش که به طور همزمان در هنگام تعیین کرنش نهایی ثبت می شوند.	۵-۴-۵
F_u	N	ظرفیت کششی	۴-۶، ۴-۵
G_f	N/mm	انرژی گسیختگی بین سطحی	۴-۷
L_{A1}	mm	طول قسمت مهاری	۱-۱-۵
L_{A2}	mm	ضخامت مهاربندی	۱-۱-۵
L_{A3}	mm	طول مهاربندی	۱-۱-۵
L_{end}	mm	عرض در دو انتها	۱-۱-۵
L_{ga}	mm	طول سنج	۱-۱-۵
L_{th}	mm	ضخامت	۱-۱-۵
l	mm	طول موثر چسبندگی در قسمت مورد آزمون ورق FRP	۴-۷
N_t	-	تعداد دسته های الیاف در آزمون	۴-۵

جدول ۱- ادامه

۴-۷	تعداد لایه‌های ورق	-	n
۴-۵	تعداد دسته‌های الیاف در واحد سطح ورق	mm/رشته	n_u
۴-۷	حداکثر بار	N	P_{max}
۴-۹	مقاومت وصله پوششی باقی‌مانده	%	R_{ets}
۴-۹	مقاومت کششی باقی‌مانده	%	R_{ett}
۴-۷	ضخامت ورق، برابر با $n \cdot \rho_s / \rho_{sh} \times 10^{-3}$	mm	t
۴-۵	تفاضل نیروها در دو نقطه ۲۰٪ و ۵۰٪ ظرفیت کششی	N	ΔF
۴-۷، ۴-۶، ۴-۵	جرم الیاف در واحد سطح ورق خشک	g/m ²	ρ_s
۴-۷، ۴-۶، ۴-۵	چگالی ورق خشک	g/cm ³	ρ_{sh}
۵-۴-۵	کرنش مربوط به آخرین جفت مقادیر نیرو و کرنش که به‌طور هم‌زمان در هنگام تعیین کرنش نهایی ثبت می‌شوند.	-	ε_{last}
۵-۴-۵	کرنش نهایی	-	ε_{fu}
۴-۵	اختلاف کرنش میان دو نقطه به‌کار رفته در محاسبه ΔF	-	$\Delta \varepsilon$
۴-۷	مقاومت چسبندگی	N/mm ²	τ_u

۴ شرایط کلی آزمونه‌ها

آزمونه‌ها باید از ورق تحویل داده شده، برداشته شوند، مگر این که به‌صورت دیگری توافق شود. برای تعیین خصوصیات مکانیکی در آزمون‌های کشش، چسبندگی و آزمون مهاری، پیرشدگی آزمونه ممکن است با توجه به الزامات عملکردی محصول، به‌صورت مصنوعی (پس از مستقیم نمودن، در صورت کاربرد) در نظر گرفته شود. در صورت پیرشدگی آزمونه، شرایط عملیات پیرشدگی باید در گزارش آزمون بیان شود.

۵ روش آزمون برای تعیین خصوصیات کششی

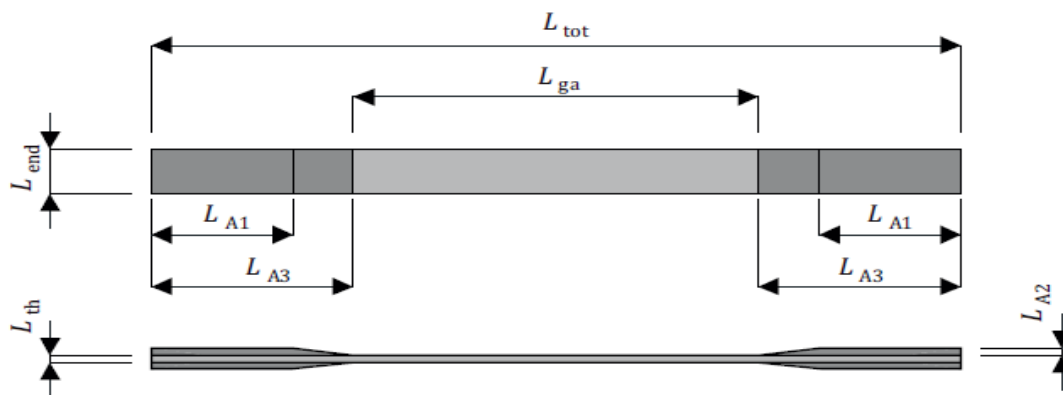
۱-۵ آزمونه‌ها

۱-۱-۵ نوع و ابعاد

دو نوع آزمونه می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (به شکل ۱ و جدول ۲ مراجعه شود).

الف- آزمون نوع A، آزمون نوع A را با مطابق با روش تشریح شده در بند ۶-۱-۲-۱ آماده نموده و از آن‌ها برای آزمون کشش کلی استفاده نمایید. شکل و ابعاد آزمون نوع A به ترتیب در شکل ۱ و جدول ۲ ارائه شده است.

ب- آزمون نوع B، آزمون نوع B را با مطابق با روش تشریح شده در بند ۶-۱-۲-۲ آماده نمایید. این آزمون‌ها برای بخشی از ورق‌های FRP مناسب هستند که دسته‌های الیاف آن شامل رشته‌هایی است که به راحتی می‌توانند به دسته‌های مجزا تقسیم شوند.



یادآوری- برای آگاهی از تعاریف نمادها و ابعاد به جدول ۲ مراجعه شود.

شکل ۱- شکل آزمون‌های نوع A و B

جدول ۲- ابعاد آزمون‌ها

ابعاد برای نوع آزمون		نماد	
نوع B	نوع A		
$\geq 200 \text{ mm}$		طول کل	L_{tot}
$(10 \text{ تا } 15) \text{ mm}$	$(12.5 \pm 0.5) \text{ mm}$	عرض در دو انتها	L_{end}
توصیه می‌شود بیش از 2.5 mm نباشد		ضخامت	L_{th}
$\geq 100 \text{ mm}$		طول سنج	L_{ga}
$\geq 35 \text{ mm}$		طول قسمت مهاری	L_{A1}
$(1 \text{ تا } 2) \text{ mm}$		ضخامت مهاربندی	L_{A2}
$\geq 50 \text{ mm}$		طول مهاربندی	L_{A3}
یادآوری- هنگامی که پوسته‌شدگی در نواریها و بیرون‌آمدگی در گیره رخ ندهد، ضخامت آزمون می‌تواند بیش از 2.5 mm باشد. هنگامی که ضخامت آزمون کم‌تر از 2.5 mm باشد و گسیختگی در مقطع مهار شده رخ دهد، بهتر است مشخصات مقطع مهار شده، مورد بازبینی قرار گیرد.			

۵-۱-۲ آماده‌سازی

۵-۱-۲-۱ آزمون نوع A

آزمون‌های نوع A باید طبق روش زیر آماده‌سازی شوند:

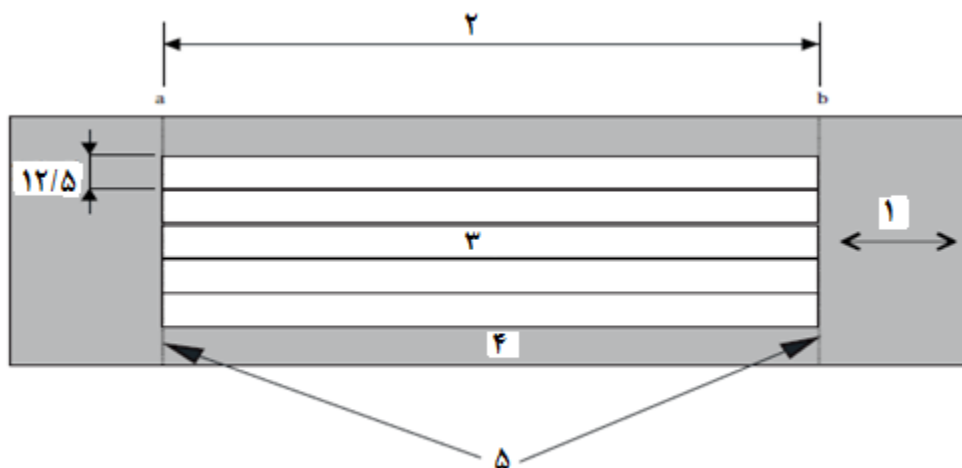
الف- یک ورق خشک را آماده نموده تا در یک طول کافی برای آزمون برش دهید.

ب- روکش تحتانی از رزین اشباع شده را به صورت یک لایه مجزا اعمال نموده و به ورق مذکور بچسبانید، طوری که محور الیاف ورق در خط مستقیم قرار گیرد.

پ- روکش فوقانی از رزین اشباع شده را اعمال نموده و سپس سطح را صاف کنید، طوری که ضخامت لایه اشباع شده با رزین یکنواخت شود تا به صورت یک صفحه درآید. پوشش‌دهی با لایه مجزا و هموارسازی می‌تواند بهتر جواب دهد.

ت- صفحه را با توجه به دستورالعمل‌های سازنده، به مدت معینی عمل‌آوری کنید. سپس آن را مطابق شکل ۲ در عرض‌های ۱۲/۵mm برش دهید. بهتر است طول برش حداقل ۲۰۰mm باشد. از یک تیغه الماسه برای برش استفاده کنید.

ابعاد بر حسب میلی‌متر



راهنما:

- ۱ راستای محور الیاف
- ۲ مقطع مورد استفاده برای آماده‌سازی آزمون (سطح اشباع شده با رزین): $\geq 200\text{mm}$
- ۳ قسمت آزمون
- ۴ قسمت برش داده شده
- ۵ علامت‌گذاری
- a, b محل علامت‌گذاری دو خط مستقیم عمود بر محور الیاف که طول آن‌ها حداقل باید ۲۰۰mm باشد.

شکل ۲- ابعاد صفحه مورد استفاده برای آماده‌سازی آزمون‌های نوع A

ث- برای ساخت آزمون‌ها، مهارها را به قسمت‌های مهاري متصل کنید.

ج- قبل از آزمون، آزمون‌ها باید مطابق بند ۵-۱-۵ و با توجه به دستورالعمل‌های سازنده، عمل‌آوری شوند.

۵-۱-۲-۲ آزمون نوع B

آزمون‌های نوع B باید طبق روش زیر آماده‌سازی شوند:

الف- یک ورق خشک را آماده نموده تا در یک طول کافی برای آزمون برش دهید. ورق را طوری متصل کنید که محور الیاف در خط مستقیم قرار گیرد.

ب- در مرکز ورق متصل شده، دو خط مستقیم عمود بر محور الیاف را طوری علامت‌گذاری کنید که طول آن‌ها حداقل ۲۰۰mm باشد (خطوط a و b در شکل ۳). دو خط مستقیم دیگر را در فاصله تقریبی ۱۰۰mm از هر طرف ناحیه مشخص شده با خطوط a و b علامت‌گذاری کنید (خطوط c و d در شکل ۳).

پ- در راستای محور الیاف مابین خطوط c و d کار کرده و یک تا سه دسته الیاف را از هر طرف مقطع آزمون حذف کنید. اندازه عرض آن باید ۱۰ تا ۱۵mm باشد. هنگام آماده‌سازی چند آزمون از یک ورق FRP، بهتر است قسمت‌های مورد استفاده به عنوان آزمون با فواصل ۵۰mm در راستای عمود بر محور الیاف از هم جدا شوند.

ت- روکش تحتانی از رزین اشباع شده را به‌صورت یک لایه مجزا اعمال نموده و به ورق مذکور بچسبانید.

ث- روکش فوقانی از رزین اشباع شده را اعمال نموده و سپس سطح را صاف کنید، طوری که ضخامت لایه اشباع شده با رزین یکنواخت شود تا به‌صورت یک صفحه درآید. پوشش‌دهی با لایه مجزا و هموارسازی می‌تواند بهتر جواب دهد.

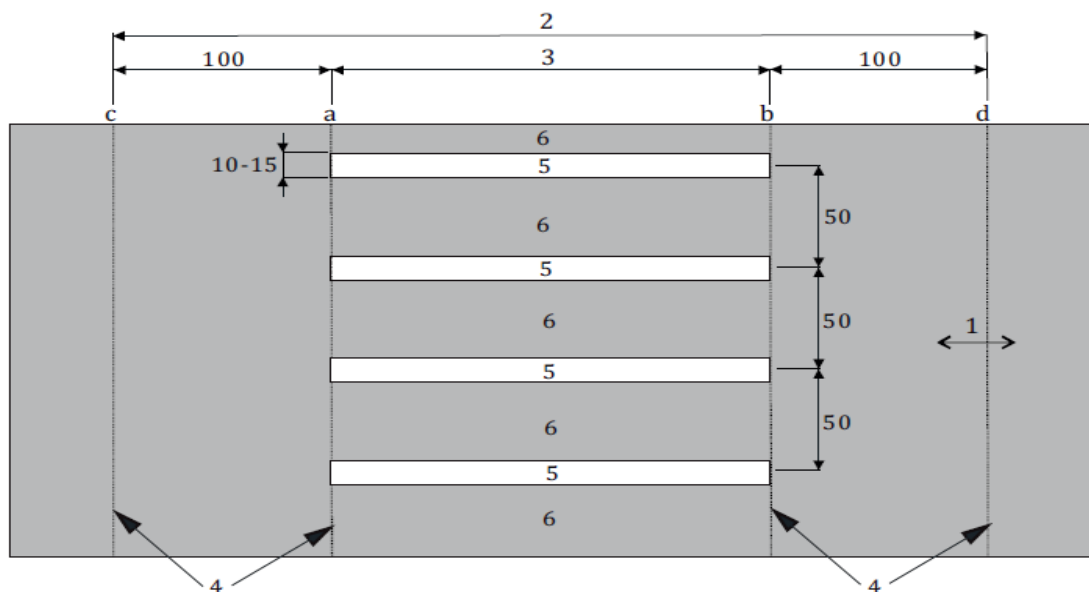
ج- صفحه را به مدت معینی عمل‌آوری کنید. سپس دسته الیاف را در عرض‌های ۱۰ تا ۱۵mm برش دهید. بهتر است طول برش حداقل باید برابر ۲۰۰mm باشد.

چ- برای ساخت آزمون‌ها، مهارها را به قسمت‌های مهاري متصل کنید.

ح- قبل از آزمون، آزمون‌ها باید مطابق بند ۵-۱-۵ و با توجه به دستورالعمل‌های سازنده، عمل‌آوری شوند.

برای تشخیص بهتر راستای الیاف و این که چگونه آزمون‌ها با توجه به راستای الیاف از قطعات بزرگ‌تر مواد برش داده شوند، می‌توان یک نخ راهنما^۱ را به مواد عمل‌آوری نشده و مرطوب اضافه نمود.

ابعاد بر حسب میلی‌متر



راهنما:

- ۱ راستای محور الیاف
- ۲ سطح اشباع شده با رزین: $\geq 40.0 \text{ mm}$
- ۳ مقطع مورد استفاده برای آماده‌سازی آزمونه: $\geq 20.0 \text{ mm}$
- ۴ علامت‌گذاری
- ۵ قسمت برش داده شده
- ۶ قسمت آزمونه
- a, b محل علامت‌گذاری دو خط مستقیم عمود بر محور الیاف که طول آن‌ها حداقل باید 20.0 mm باشد.
- c, d محل علامت‌گذاری دو خط مستقیم که فاصله آن از هر طرف ناحیه مشخص شده با خطوط a و b حداقل باید 10.0 mm باشد.

شکل ۳- ابعاد صفحه مورد استفاده برای آماده‌سازی آزمونه‌های نوع B

۳-۱-۵ عمل‌آوری آزمونه‌ها

مدت زمان عمل‌آوری مورد نیاز را برقرار کنید، طوری که آزمونه به مقاومت مورد نظر برسد. آزمونه را مطابق با دستورالعمل‌های سازنده عمل‌آوری کنید.

۴-۱-۵ قسمت مهاریه آزمونه‌ها

قسمت مهاریه آزمونه نباید به شکلی باشد که سبب پیچش یا خمش آزمونه شود. مهار ساخته شده از پلیمر تقویت شده با الیاف یا آلومینیوم باید با استفاده از رزین یا چسب و با فشار مناسب به قسمت مهاریه متصل شود، تا ضخامت لایه چسب ثابت بماند. از کاربرد چسب یا رزین باید اطمینان حاصل شود، طوری که قبل از گسیختگی آزمونه، لایه چسب نباید متحمل شکست برشی شود.

۵-۱-۵ تثبیت آزمون‌ها

شرایط مناسب باید مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۱۷ انتخاب شود، مگر این که توسط طرف‌های ذینفع به صورت دیگری توافق شود. در صورتی که توسط آزمون‌های اولیه تحت شرایط تعادل در اتاق آزمون تایید شود، که در آن رطوبت ناچیز و یا بدون تأثیر روی خواص مواد است، کنترل رطوبت نسبی لازم نخواهد بود. به طور مشابه، اگر توسط آزمون‌های اولیه تحت شرایط تعادل در اتاق آزمونی که نه دما و نه رطوبت بر روی خواص مواد تأثیر قابل ملاحظه‌ای ندارد، تأیید شود، کنترل دما یا رطوبت نسبی لازم نیست. در این حالت، شرایط جوی به صورت «دمای محیطی» مشخص می‌شود.

۵-۱-۶ تعداد آزمون‌ها

تعداد آزمون‌ها را متناسب با هدف آزمون تعیین نمایید. در هر صورت نباید کمتر از ۵ آزمون باشد.

۵-۲ دستگاه آزمون و وسایل اندازه‌گیری

۵-۲-۱ دستگاه آزمون

دستگاه آزمون باید مطابق با الزامات استاندارد ملی ایران شماره ۸۷۶۸-۱ باشد. ظرفیت بارگذاری دستگاه آزمون باید بیش از ظرفیت کششی آزمون بوده و باید قابلیت اعمال بارگذاری با نرخ مورد نیاز را داشته باشد.

۵-۲-۲ کرنش‌سنج‌ها یا ازدیاد طول‌سنج‌ها

کرنش‌سنج‌ها یا ازدیاد طول‌سنج‌های مورد استفاده برای اندازه‌گیری ازدیاد طول آزمون تحت بارگذاری باید قابلیت ثبت تمام تغییرات در طول سنج را در مدت انجام آزمون داشته باشد، طوری که دقت اندازه‌گیری کرنش، حداقل برابر $10^{-6} \times 10$ باشد.

۵-۳ روش اجرای آزمون

۵-۳-۱ ابعاد آزمون‌ها

عرض و ضخامت قسمت مورد آزمون (از آزمون) را به صورت زیر اندازه‌گیری نمایید. عرض و ضخامت آزمون باید از روی میانگین حداقل سه اندازه برداشته شده از نقاط مختلف آزمون، تعیین شود. اندازه‌گیری‌ها باید با دقت زیر گرفته شوند:

الف- آزمون نوع A باید با دقت 0.1 mm اندازه‌گیری شود؛

ب- آزمون نوع B باید با دقت 0.1 mm اندازه‌گیری شود.

۵-۳-۲ نصب کرنش‌سنج‌ها یا ازدیاد طول‌سنج‌ها

برای تعیین مدول الاستیسیته و کرنش نهایی آزمون، کرنش‌سنج‌ها یا ازدیاد طول‌سنج‌ها را در مرکز قسمت مورد آزمون (از آزمون) نصب کنید.

۵-۳-۳ نصب آزمون

آزمون را طوری نصب نمایید که محور طولی آزمون منطبق بر خط مرکزی میان دو گیره باشد.

۵-۳-۴ نرخ بارگذاری

نرخ بارگذاری استاندارد باید بتواند نرخ کرنش ثابتی برابر با 1% (۱ تا ۳) بر دقیقه ایجاد کند.

۵-۳-۵ دمای آزمون

به طور کلی، شرایط جوی انجام آزمون همانند شرایط تثبیت آزمون می باشد، مگر این که توسط طرف های ذینفع به صورت دیگری توافق شود (برای مثال آزمون در دماهای بالا یا پایین).

۵-۳-۶ گستره آزمون

آزمون بارگذاری را تا شکست کششی ادامه داده و اندازه نیرو و کرنش را به طور مستمر یا در فواصل زمانی معین حداقل تا دو سوم ظرفیت کششی ثبت نمایید.

۵-۴ محاسبه و بیان نتایج آزمون

۵-۴-۱ کلیات

فقط از نتایج آزمونه هایی استفاده کنید که متحمل شکست در قسمت مورد آزمون شده اند. نتایج مربوط به آزمونه هایی که شکست کششی یا لغزش در قسمت مهار شده را نشان می دهند، رد نموده و آزمون های اضافه تری را روی آزمونه های برداشته شده از یک بهر انجام دهید، تا زمانی که آزمونه های گسیخته شده در قسمت مورد آزمون کم تر از تعداد مشخص شده نباشد.

۵-۴-۲ منحنی نیرو-کرنش

هنگامی که کرنش سنج ها یا ازدیاد طول سنج ها نصب شدند، برای نمایش رابطه میان کرنش و نیروی اندازه گیری شده، منحنی نیرو-کرنش را رسم نمایید.

۵-۴-۳ مقاومت کششی

مقاومت کششی (f_u) را طبق رابطه (۱) بر حسب N/mm^2 محاسبه نموده و مطابق پیوست «ب» استاندارد ملی ایران شماره ۹۸۱۹-۱ تا سه رقم اعشار گرد نمایید:

$$f_{fu} = \frac{F_u}{A} \quad (1)$$

که در آن:

F_u ظرفیت کششی، بر حسب N؛

A سطح مقطع عرضی اسمی آزمونه، بر حسب mm^2 .

سطح مقطع عرضی آزمونه نوع A (A_A) را با استفاده از رابطه (۲) بر حسب mm^2 محاسبه کنید و سطح مقطع عرضی آزمونه نوع B (A_B) را با استفاده از رابطه (۳) بر حسب mm^2 محاسبه نمایید:

$$A_A = \frac{\rho_s}{\rho_{sh}} \cdot b_{t, \min} \times 10^{-3} \quad (۲)$$

$$A_B = \frac{\rho_s}{\rho_{sh}} \cdot \frac{N_t}{n_u} \times 10^{-3} \quad (۳)$$

که در آن:

ρ_s جرم الیاف در واحد سطح ورق خشک، بر حسب g/m^2 ؛

ρ_{sh} چگالی ورق خشک، بر حسب g/cm^3 ؛

$b_{t, \min}$ حداقل عرض آزمونه، بر حسب mm؛

N_t تعداد دسته‌های الیاف در آزمونه؛

n_u تعداد دسته‌های الیاف در واحد سطح ورق، بر حسب mm/رشته.

یادآوری ۱- جرم اسمی الیاف در واحد سطح که توسط سازنده مواد اظهار می‌شود را می‌توان به کار برد.

یادآوری ۲- از چگالی اسمی اظهار شده توسط سازنده مواد، می‌توان استفاده کرد.

۵-۴-۴ مدول الاستیسیته

مدول الاستیسیته (E_f) را طبق رابطه (۴) بر اساس منحنی نیرو-کرنش در ۲۰٪ و ۵۰٪ ظرفیت کششی محاسبه نموده و مطابق مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۷۴۴۲ تا سه رقم اعشار گرد نمایید:

$$E_f = \frac{\Delta F}{\Delta \varepsilon \cdot A} \quad (۴)$$

که در آن:

ΔF تفاضل نیروها در دو نقطه ۲۰٪ و ۵۰٪ ظرفیت کششی، بر حسب N؛

$\Delta \varepsilon$ اختلاف کرنش میان دو نقطه مذکور در بالا؛

A سطح مقطع عرضی اسمی آزمونه نوع A (A_A) و سطح مقطع عرضی اسمی آزمونه نوع B (A_B) که با استفاده از روابط (۲) و (۳) بر حسب mm^2 محاسبه می‌شود.

۵-۴-۵ کرنش نهایی

در مواردی که اندازه‌گیری‌های کرنش سنج آزمونه تا نقطه گسیختگی در دسترس باشند، کرنش نهایی (ε_{fu}) را به عنوان کرنش متناظر با ظرفیت کششی (F_u) در نظر بگیرید. در مواردی که اندازه‌گیری‌ها تا نقطه گسیختگی انجام نشده‌اند، کرنش نهایی را طبق رابطه (۵) بر اساس ظرفیت کششی (F_u) و آخرین مقادیر ثبت شده هم‌زمان نیرو (F_{last}) و کرنش (ε_{last}) محاسبه نمایید:

$$\varepsilon_{fu} = \varepsilon_{last} \frac{F_u}{F_{last}} \quad (5)$$

نتایج را مطابق با مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۷۴۴۲ تا سه رقم اعشار گرد نمایید.

۵-۵ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل موارد زیر باشد:

- الف- نام ورق FRP، تاریخ ساخت، شماره بهر تولید و نام سازنده؛
- ب- نوع ورق FRP و رزین اشباع شده؛
- پ- جرم الیاف در واحد سطح ورق خشک و چگالی ورق خشک؛
- ت- تاریخ ساخت، روش ساخت و شرایط عمل‌آوری آزمونه‌ها (شامل دما و مدت زمان)؛
- ث- دما، رطوبت و مدت زمان تثبیت آزمونه؛
- ج- تاریخ آزمون، دمای آزمون و نرخ بارگذاری؛
- چ- ابعاد هر آزمونه و سطح مقطع عرضی محاسبه شده؛
- ح- ظرفیت کششی هر آزمونه و میانگین آن و در صورت لزوم، انحراف معیار این مقادیر؛
- خ- مقاومت کششی هر آزمونه و میانگین آن و در صورت لزوم، انحراف معیار این مقادیر؛
- د- مدول الاستیسیته هر آزمونه و میانگین آن و در صورت لزوم، انحراف معیار این مقادیر؛
- ذ- کرنش نهایی هر آزمونه و میانگین آن و در صورت لزوم، انحراف معیار این مقادیر؛
- ر- منحنی نیرو-کرنش برای هر آزمونه.

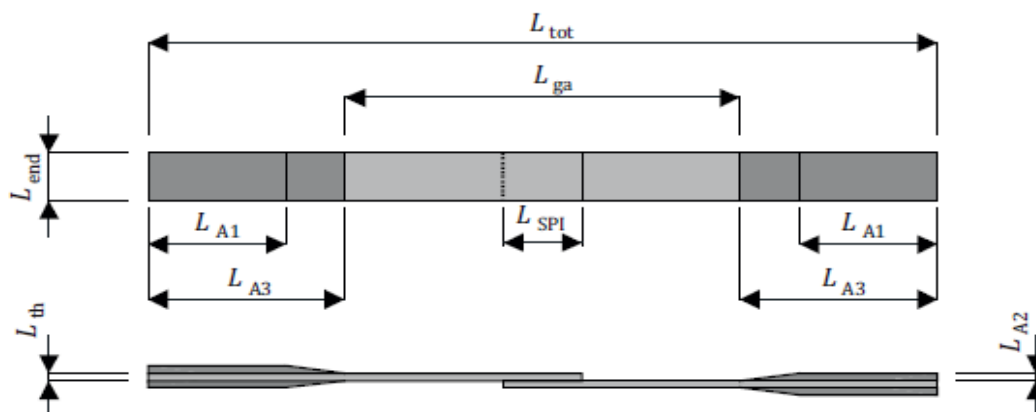
۶ روش آزمون برای مقاومت وصله پوششی

۱-۶ آزمونه‌ها

۱-۱-۶ ابعاد

شکل و ابعاد وصله پوششی آزمونه به‌ترتیب در شکل ۴ و جدول ۳ ارائه شده است. روش آماده‌سازی آزمونه‌ها نیز در بند ۲-۱-۶ تشریح شده است.

یادآوری- قطعه آزمون متناظر با آزمونه نوع A، مطابق با بند ۵ این استاندارد است. آزمونه نوع B به‌دلیل مشکلات مربوط به ساخت آزمونه با توجه به نگهداری راستای محور الیاف به‌صورت خطی در دو ورق FRP، مورد نظر نیست.



یادآوری - برای آگاهی از تعاریف نمادها و ابعاد به جدول ۳ مراجعه شود.

شکل ۴- شکل آزمونه‌ها

جدول ۳- ابعاد آزمونه‌ها

ابعاد	نماد	
طول وصله به اضافه حداقل ۲۰۰ mm	طول کل	L_{tot}
$(12.5 \pm 0.5) \text{ mm}$	عرض در دو انتها	L_{end}
توصیه می‌شود بیش از ۲/۵mm نباشد	ضخامت	L_{th}
طول وصله به اضافه حداقل ۱۰۰ mm	طول سنج	L_{ga}
$\geq 35 \text{ mm}$	طول قسمت مهاری	L_{A1}
$(1 \text{ تا } 2) \text{ mm}$	ضخامت مهاربندی	L_{A2}
$\geq 50 \text{ mm}$	طول مهاربندی	L_{A3}
طول مورد نیاز	طول قسمت وصله	L_{spl}
یادآوری - هنگامی که پوسته‌شدگی در نوارها و بیرون‌آمدگی در گیره رخ ندهد، ضخامت آزمونه می‌تواند بیش از ۲/۵mm باشد. هنگامی که ضخامت آزمونه کم‌تر از ۲/۵mm باشد و گسیختگی در مقطع مهار شده رخ دهد، بهتر است مشخصات مقطع مهار شده، مورد بازبینی قرار گیرد.		

۲-۱-۶ آماده‌سازی

به‌طور کلی، آزمونه‌ها را با استفاده از همان موادی که در عمل به کار برده شده است، تحت شرایط دمایی ثابت به‌صورت زیر آماده‌سازی نمایید. برای اطمینان از این که الیاف در قسمت وصله پوششی، پراکنده یا خم نمی‌شوند، مراقبت کافی به عمل آید:

الف - یک ورق خشک را آماده نموده تا در یک طول کافی متناسب با ابعاد آزمونه ساخته شده، برش دهید.

ب- روکش تحتانی از رزین اشباع شده را به صورت یک لایه مجزا اعمال نموده و به ورق مذکور بچسبانید، طوری که محور الیاف ورق در خط مستقیم قرار گیرد.

پ- دو ورق را طوری روی هم قرار دهید که طول مشخص شده برای قسمت وصله پوششی تأمین شود.

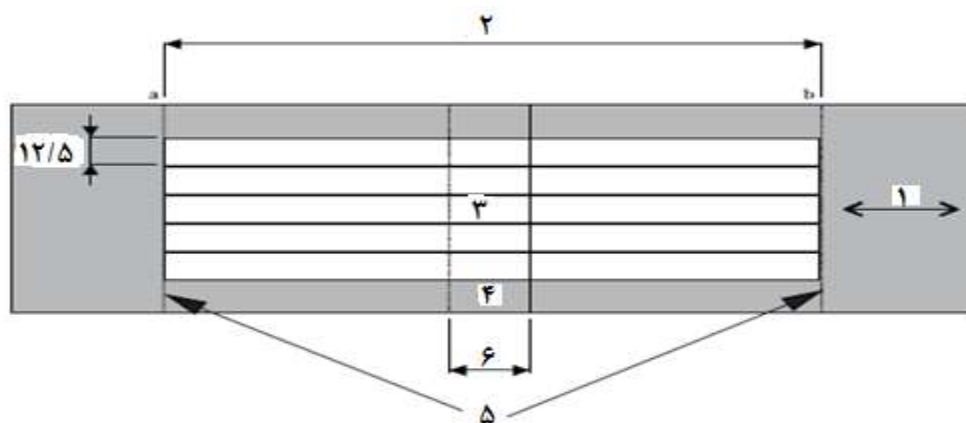
ت- روکش فوقانی از رزین اشباع شده را اعمال نموده و سپس سطح را صاف نمایید، طوری که ضخامت لایه اشباع شده با رزین یکنواخت شود تا به صورت یک صفحه درآید. پوشش دهی با لایه مجزا بهتر است.

ث- صفحه را با توجه به دستورالعمل‌های سازنده، به مدت معینی عمل‌آوری نمایید. سپس آن را مطابق شکل ۵ در عرض‌های ۱۲/۵mm برش دهید. بهتر است طول برش حداقل ۲۰۰mm باشد. از یک تیغه الماسه برای برش استفاده نمایید.

ج- برای ساخت آزمون‌ها، مهارها را به قسمت‌های مهاري متصل نمایید.

چ- قبل از انجام آزمون، آزمون را مطابق با الزامات تعیین شده، عمل‌آوری نمایید.

ابعاد بر حسب میلی‌متر



راهنما:

- ۱ راستای محور الیاف
- ۲ مقطع مورد استفاده برای آماده‌سازی آزمون (سطح اشباع شده با رزین): $\geq 200\text{mm}$
- ۳ قسمت آزمون
- ۴ قسمت برش داده شده
- ۵ علامت‌گذاری
- ۶ قسمت وصله پوششی
- b,a محل علامت‌گذاری دو خط مستقیم عمود بر محور الیاف که طول آن‌ها حداقل باید 200mm باشد.

شکل ۵- ابعاد صفحه مورد استفاده در ساخت آزمون‌ها

۳-۱-۶ عمل‌آوری آزمون‌ها

مدت زمان عمل‌آوری مورد نیاز را برقرار نمایید، طوری که آزمون به مقاومت مورد نظر برسد. آزمون را مطابق با دستورالعمل‌های سازنده عمل‌آوری نمایید.

۴-۱-۶ قسمت مهاری آزمونه‌ها

قسمت مهاری آزمونه نباید به شکلی باشد که سبب پیچش یا خمش آزمونه شود. مهار ساخته شده از پلاستیک تقویت شده با الیاف یا آلومینیوم باید با استفاده از رزین یا چسب و با فشار مناسب به قسمت مهاری متصل شود، تا ضخامت لایه چسب ثابت بماند. از کاربرد چسب یا رزین باید اطمینان حاصل شود، طوری که قبل از گسیختگی آزمونه، لایه چسب نباید متحمل شکست برشی شود.

۵-۱-۶ تثبیت آزمونه‌ها

شرایط مناسب باید مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۱۷ انتخاب شود، مگر این که توسط طرف‌های ذینفع به صورت دیگری توافق شود. در صورتی که توسط آزمون‌های اولیه تحت شرایط تعادل در اتاق آزمون تایید شود، که در آن رطوبت ناچیز و یا بدون تأثیر روی خواص مواد است، کنترل رطوبت نسبی لازم نخواهد بود. به طور مشابه، اگر توسط آزمون‌های اولیه تحت شرایط تعادل در اتاق آزمونی که نه دما و نه رطوبت بر روی خواص مواد تأثیر قابل ملاحظه‌ای ندارد، تأیید شود، کنترل دما یا رطوبت نسبی لازم نیست. در این حالت، شرایط جوی به صورت «دمای محیطی» مشخص می‌شود.

۶-۱-۶ تعداد آزمونه‌ها

تعداد آزمونه‌ها را متناسب با هدف آزمون تعیین نمایید. در هر صورت نباید کم‌تر از ۵ آزمونه باشد.

۲-۶ دستگاه آزمون

دستگاه آزمون باید مطابق با الزامات استاندارد ملی ایران شماره ۸۷۶۸-۱ باشد. ظرفیت بارگذاری دستگاه آزمون باید بیش از ظرفیت کششی آزمونه بوده و باید قابلیت اعمال بارگذاری با نرخ مورد نیاز را داشته باشد.

۳-۶ روش اجرای آزمون

۱-۳-۶ ابعاد آزمونه‌ها

عرض و ضخامت قسمت مورد آزمون (از آزمونه) را با دقت 0.1mm در چهار موقعیت بیرون از قسمت وصله پوششی و دو موقعیت در داخل محدوده وصله پوششی اندازه‌گیری نمایید.

۲-۳-۶ نصب آزمونه

آزمونه را طوری نصب کنید که محور طولی آزمونه منطبق بر خط مرکزی میان دو گیره باشد.

۳-۳-۶ نرخ بارگذاری

نرخ بارگذاری استاندارد باید بتواند نرخ کرنش ثابتی برابر با 1% (۱ تا ۳) بر دقیقه ایجاد نماید.

۴-۳-۶ دمای آزمون

به طور کلی، شرایط جوی انجام آزمون همانند شرایط تثبیت آزمونه می‌باشد، مگر این که توسط طرف‌های ذینفع به صورت دیگری توافق شود (برای مثال آزمون در دماهای بالا یا پایین).

۵-۳-۶ گستره آزمون

آزمون بارگذاری را تا نقطه شکست کششی ادامه داده و مقدار نیرو را به‌طور مستمر یا در فواصل زمانی معین اندازه‌گیری و ثبت کنید تا ظرفیت کششی به دست آید.

۴-۶ محاسبه و بیان نتایج آزمون

۱-۴-۶ کلیات

فقط از نتایج آزمون‌هایی استفاده نمایید که متحمل شکست در قسمت مورد آزمون شده‌اند. در مواردی که شکست کششی یا لغزش به‌طور واضح در قسمت مهار شده رخ می‌دهد، از داده‌های آن صرف‌نظر نموده و آزمون‌های اضافه‌تری را روی آزمون‌های برداشته شده از یک بهر انجام دهید، تا زمانی که آزمون‌های گسیخته شده در قسمت مورد آزمون کم‌تر از تعداد مشخص شده نباشد.

۲-۴-۶ رده‌های گسیختگی

انواع گسیختگی وصله پوششی در جدول ۴ ارائه شده است. شکست برشی رزین اشباع شده در داخل محدوده وصله پوششی «گسیختگی وصله پوششی» نامیده می‌شود. گسیختگی ورق FRP در سایر بخش‌های مورد آزمون (به‌غیر از محدوده وصله پوششی) «گسیختگی ماده پایه» نامیده می‌شود.

جدول ۴- رده‌های گسیختگی وصله پوششی

رده	نوع گسیختگی
JF	گسیختگی وصله پوششی
SF	گسیختگی ماده پایه

۳-۴-۶ مقاومت وصله پوششی

مقاومت وصله پوششی (f_{fus}) را طبق رابطه (۶) بر حسب N/mm^2 محاسبه نموده و مطابق پیوست «ب» استاندارد ملی ایران شماره ۹۸۱۹-۱ تا سه رقم اعشار گرد کنید:

$$f_{fus} = \frac{F_u}{A} \quad (۶)$$

که در آن:

F_u ظرفیت کششی، بر حسب N؛

A سطح مقطع عرضی اسمی که با استفاده از رابطه (۷) بر حسب mm^2 به‌دست می‌آید.

$$A = \frac{\rho_s}{\rho_{sh}} \cdot b_{t, \min} \times 10^{-3} \quad (۷)$$

که در آن:

ρ_s جرم الیاف در واحد سطح ورق خشک، بر حسب g/m^2 ؛

ρ_{sh} چگالی ورق خشک، بر حسب g/cm^3 ؛
 $b_{t,min}$ حداقل عرض در قسمت مورد آزمون (از آزمون)، بر حسب mm.

۵-۶ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل موارد زیر باشد:

- الف - نام ورق FRP، تاریخ ساخت، شماره بهر تولید و نام سازنده؛
- ب - نوع ورق FRP و رزین اشباع شده؛
- پ - جرم الیاف در واحد سطح ورق خشک و چگالی ورق خشک؛
- ت - تاریخ ساخت، روش ساخت و شرایط عمل‌آوری آزمون‌ها (شامل دما و مدت زمان)؛
- ث - دما، رطوبت و مدت زمان تثبیت آزمون؛
- ج - تاریخ آزمون، دمای آزمون و نرخ بارگذاری؛
- چ - ابعاد هر آزمون و سطح مقطع عرضی محاسبه شده؛
- ح - طول وصله پوششی برای هر آزمون؛
- خ - ظرفیت کششی هر آزمون و میانگین آن و در صورت لزوم، انحراف معیار این مقادیر؛
- د - مقاومت کششی هر آزمون و میانگین آن و در صورت لزوم، انحراف معیار این مقادیر؛
- ذ - نوع گسیختگی برای هر آزمون.

۷ روش آزمون برای تعیین خصوصیات چسبندگی ورق‌های FRP به بتن

۱-۷ آزمون‌ها

۱-۱-۷ نوع و ابعاد

- الف - آزمون‌های نوع A: این آزمون‌ها باید شامل دو بلوک بتنی مجزا باشد که مطابق با روش تشریح شده در بند ۱-۷-۴-۲-۱ ساخته می‌شوند. شکل و ابعاد آزمون نوع A به ترتیب در شکل ۶ و جدول ۵ ارائه شده است.
- ب - آزمون‌های نوع B: این آزمون‌ها باید شامل یک بلوک بتنی باشد که مطابق با روش تشریح شده در بند ۱-۷-۴-۲-۲ ساخته می‌شوند. شکل و ابعاد آزمون نوع B به ترتیب در شکل ۷ و جدول ۵ ارائه شده است.

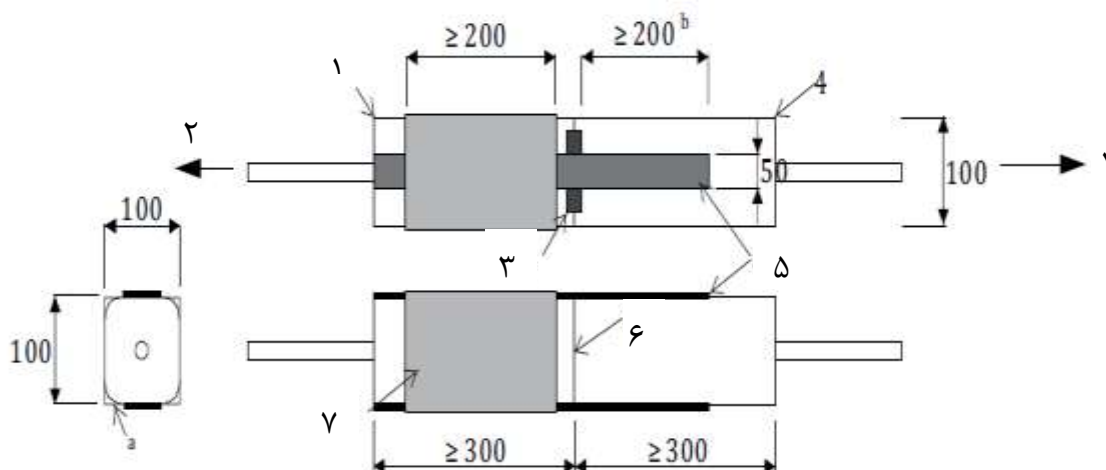
۲-۱-۷ کیفیت بتن

در مواردی که سازه تقویت شده با ورق FRP مشخص است، بتن به کار رفته برای آزمون‌ها باید از لحاظ کیفیت و مقاومت مشابه با بتن مورد مصرف در سازه باشد.

در مواردی که سازه هدف مشخص نیست، بتن باید از موادی با کیفیت خوب ساخته شود. حداکثر اندازه اسمی سنگدانه درشت می‌تواند ۲۰mm یا ۲۵mm و نسبت آب به سیمان نیز بین ۰/۵ و ۰/۶ باشد.

قطعات بتنی باید به مدت ۷ روز در آب با دمای $(20 \pm 3)^\circ C$ عمل‌آوری شده، سپس به مدت حداقل ۷ روز در هوای آزاد نگهداری شوند. در مناطق گرمسیری، دمای آب $(27 \pm 2)^\circ C$ کاربرد دارد.

ابعاد بر حسب میلی‌متر



راهنما:

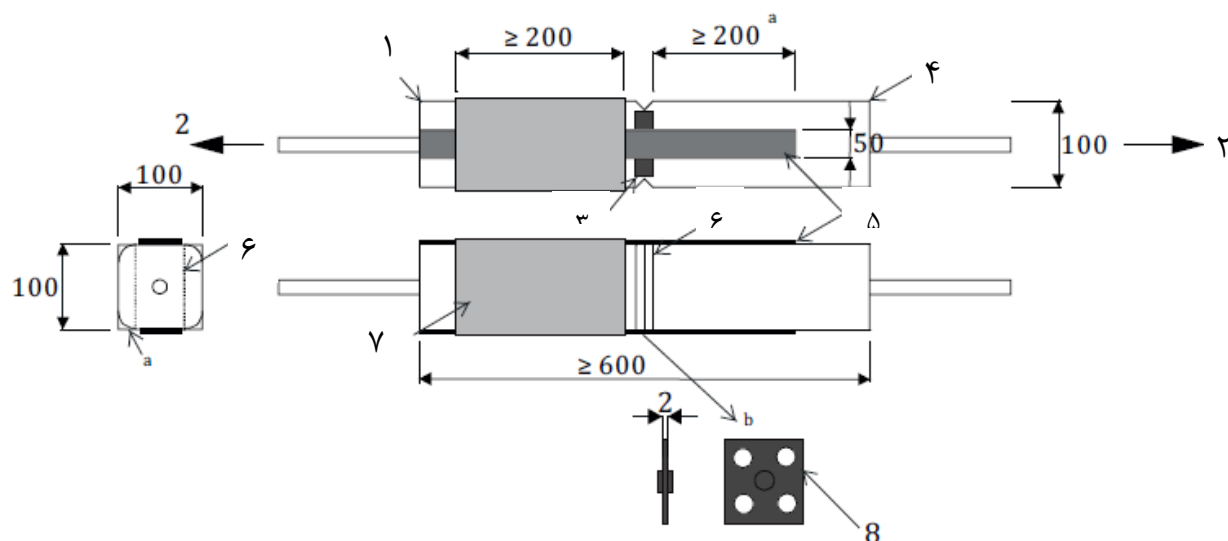
- ۱ بلوک مهاری
- ۲ بار کششی
- ۳ غشای جدا کننده
- ۴ بلوک آزمون
- ۵ ورق FRP
- ۶ سطح اتصال یافته
- ۷ ورق مهاری
- a پخ
- b طول چسبندگی

شکل ۶- شکل آزمون نوع A

جدول ۵- ابعاد آزمون‌ها

نوع آزمون		پارامتر
نوع B (از نوع بلوک واحد)	نوع A (از نوع بلوک‌های مجزا)	
$\geq 600 \text{ mm}$	$\geq 300 \text{ mm}$	طول بلوک
$100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$		سطح مقطع عرضی بلوک
200 mm (بدون در نظر گرفتن قسمت برش داده شده از هر طرف)		طول خمش ^a
آزمون شامل یک بلوک بتنی با طول و سطح مقطع عرضی مشخص شده در بالا یا با یک شکاف به عمق 20 mm در مرکز هر دو طرف آن	آزمون شامل دو بلوک بتنی مطابق با طول و سطح مقطع عرضی مشخص شده در بالا	ملاحظات
^a طول موثر چسبندگی با توجه به تعداد لایه‌های FRP، مدول الاستیسیته و نوع رزین اشباع شده، تغییر می‌کند. هنگامی که طول موثر چسبندگی بیش از 200 mm است، طول چسبندگی در بلوک آزمون بهتر است حداقل برابر طول موثر چسبندگی باشد.		

ابعاد بر حسب میلی‌متر



راهنما:

- ۱ بلوک مهاری
- ۲ بار کششی
- ۳ غشای جدا کننده
- ۴ بلوک آزمون
- ۵ ورق FRP
- ۶ شکاف
- ۷ ورق مهاری
- ۸ صفحه اکریلیکی با چهار سوراخ به قطر ۲۰ mm
- a طول چسبندگی
- b بهتر است صفحه اکریلیکی یا شکاف انتخاب شود.

شکل ۷- شکل آزمون نوع B

جدول ۶- رده‌های گسیختگی آزمون

نوع گسیختگی	رده
گسیختگی بین سطحی	BF
گسیختگی ماده پایه	SF

۳-۱-۷ میل‌های فولادی

میل‌ها یا پیچ‌های فولادی به کار رفته برای انتقال نیروی کششی باید دارای مقاومت و قطر کافی باشند، تا از تسلیم شدن یا بیرون آمدگی بلوک بتنی قبل از گسیختگی ورق FRP جلوگیری شود و اطمینان حاصل شود که بار به درستی به بلوک بتنی منتقل می‌شود.

۷-۱-۴ آماده‌سازی آزمون‌ها

۷-۱-۴-۱ کلیات

آزمون‌ها را در محیط داخلی با دمای $20 \pm 15^\circ\text{C}$ نگهداری کنید.

۷-۱-۴-۲ بلوک‌های بتنی

بلوک‌های بتنی را به‌صورت زیر آماده‌سازی کنید:

۷-۱-۴-۲-۱ آزمون نوع A (بلوک‌های مجزا)

الف - یک جفت قالب برای بلوک‌های بتنی با سطح مقطع عرضی 100×100 mm و طول 300 mm آماده کنید. انحراف ابعادی قالب‌ها نباید بیش از ۱٪ طول در هر طرف آن باشد. برای اطمینان از دقت ابعاد قالب‌ها، آن‌ها باید از فولاد ساخته شوند. ۴ گوشه قالب در راستای محور طولی باید با استفاده از زوارهای سه‌گوش، پخ‌دار شوند.

ب - برای اعمال نیروی کششی، میله‌ها یا پیچ‌های فولادی باید در محور مرکزی بلوک‌های بتنی جاگذاری شوند، طوری که در مدت انجام آزمون، قسمت‌های انتهایی پیچ‌ها یا میله‌ها به سطوح اتصال یافته بلوک‌های بتنی منطبق شود. لبه طرف دیگر سطح اتصال باید دارای قلابی با طول کافی باشد تا بتوان پیچ‌ها یا میله‌های فولادی را به‌طور مطمئن توسط گیره دستگاه آزمون نگه داشت.

پ - بتن را در قالب ریخته و به روش مناسبی عمل‌آوری کنید.

ت - پیچ‌ها یا میله‌های فولادی باید طوری جاگذاری شوند که نسبت به مرکز سطح مقطع عرضی، خروج از مرکزیت نداشته باشند. مطمئن شوید که هیچ لغزش یا پیچشی در سطوح بلوک‌های بتنی رخ نمی‌دهد.

۷-۱-۴-۲ آزمون نوع B (بلوک واحد)

الف - یک قالب برای بلوک بتنی با سطح مقطع عرضی 100×100 mm و طول 600 mm آماده کنید. انحراف ابعادی قالب نباید بیش از ۱٪ طول در هر طرف آن باشد. برای اطمینان از دقت ابعاد قالب، آن باید از فولاد ساخته شوند. ۴ گوشه قالب در راستای محور طولی باید با استفاده از زوارهای سه‌گوش، پخ‌دار شوند.

یک صفحه اکریلیکی با ضخامت 2 mm و با چهار سوراخ را در مرکز بلوک بتنی و در راستای طولی آن قرار دهید، طوری که لوله‌های اکریلیکی کوتاه چسبیده به هر دو طرف مرکز صفحه، پیچ‌ها یا میله‌های فولادی را نگه‌داری کند. یک طرف آزمون که با صفحه اکریلیک جدا شده است، ناحیه آزمون بوده و طرف دیگر قسمت مهار است. به‌عبارت دیگر، قطعات چوبی برای ایجاد شکاف‌ها روی سطوح بتنی پس از باز کردن قالب باید در دو طرف قالب قرار بگیرد. عمق شکاف باید 20 mm باشد.

ب - یک جفت پیچ یا میله فولادی باید در محور مرکزی بلوک‌های بتنی جاگذاری شود، طوری که در مرکز محور طولی بر هم منطبق شوند. موقعیت پیچ‌ها یا میله‌های فولادی باید طوری باشند که نسبت به مرکز سطح مقطع عرضی، خروج از مرکزیت نداشته باشند. لبه طرف دیگر سطح اتصال باید دارای قلابی با طول کافی باشد تا بتوان پیچ‌ها یا میله‌های فولادی را به‌طور مطمئن توسط گیره دستگاه آزمون نگه داشت.

پ- بتن را در قالب ریخته و به روش مناسبی عمل‌آوری کنید.

۷-۱-۴-۳ عملیات سطحی بتن

عملیات معمول برای سطوح بتنی به شرح زیر است. سطوحی را انتخاب کنید که به صورت عمودی بتن‌ریزی شده‌اند. در صورت وجود دستورالعمل‌های سازنده، از آن‌ها پیروی کنید.

الف- سطح بتن را با استفاده از یک ساب‌زن پرداخت کنید تا حباب‌ها و خاک‌های آن از بین برود.

ب- با استفاده از یک پارچه، پودر و گرد و خاک سطح بتن را پاک کنید. در صورت وجود روغن در روی سطح، آن را با استفاده از استون^۱ پاک کنید.

پ- روی سطح را با آستر پوشش دهید و اجازه دهید تا سخت شود، طوری که موقع تماس با انگشتان نچسبد.

ت- روی سطح را با بتونه یا عامل صاف‌کننده مشابه پوشش دهید تا ناهمواری‌ها و حباب‌های سطحی از بین بروند. سپس منتظر بمانید تا سخت شود طوری که موقع تماس با انگشتان نچسبد.

۷-۱-۴-۴ چسباندن و مهار کردن ورق‌های FRP

در مواردی که سازه تقویت شده با ورق FRP مشخص است، روش مورد استفاده در آزمون باید مشابه با روش به کار رفته در سازه باشد. در مواردی که سازه هدف مشخص نیست، روش استاندارد برای چسباندن ورق FRP به شرح زیر است. در صورت وجود دستورالعمل‌های سازنده، از آن‌ها پیروی کنید.

الف- غشای جداکننده را در امتداد سطوح اتصال بلوک‌های بتنی (برای آزمون نوع A) یا در امتداد شکاف بلوک بتنی (برای آزمون نوع B) بچسبانید تا مانع از چسبیدن بتن و ورق FRP شود.

یادآوری- برای جلوگیری از پوسته‌شدگی گوشه‌های بلوک‌های بتنی، یک لایه نازکی از غشای جداکننده را حول گوشه‌ها بچسبانید تا مانع از چسبیدن ورق FRP و بتن شود.

ب- پس از پوشش‌دهی هر دو طرف بلوک بتنی با رزین، یک ورق FRP به عرض ۵۰mm را در امتداد محور پیچ‌ها یا میله‌های فولادی بچسبانید، هم‌چنان که در شکل ۶ یا ۷ نشان داده شده است. سپس بدون ایجاد حباب، ورق را از رزین اشباع کنید. در طول این فرآیند، طول را از انتهای غشای جداکننده تا انتهای ورق FRP تنظیم کنید، طوری که طول چسبندگی روی بلوک آزمون برابر ۲۰۰mm باشد. روی بلوک مهاری، ورق FRP را تا انتهای بلوک گسترش دهید.

نباید بیش از سه لایه از ورق FRP استفاده شود. طول موثر چسبندگی با توجه به تعداد لایه‌های FRP، مدول الاستیسیته و نوع رزین اشباع شده، تغییر می‌کند. هنگامی که طول موثر چسبندگی بیش از ۲۰۰mm است، طول چسبندگی بر روی بلوک آزمون حداقل باید برابر طول موثر چسبندگی باشد.

پ- رزین را بر روی سطح بالایی اعمال کنید.

1- Acetone

- ت- آزمون را به مدت معین در دما و رطوبت مشخص شده، عمل‌آوری کنید.
- ث- یک ورق FRP با حداقل عرض ۲۰۰mm را فقط یک‌بار حول بلوک مهاری بیپچید، طوری که عمود بر محور طولی و با فاصله ۱۵mm از سطوح اتصال یا شکاف باشد، هم‌چنان که در شکل ۶ یا ۷ نشان داده شده است.
- ج- آزمون را به مدت معین در دما و رطوبت مشخص شده، عمل‌آوری کنید.

۷-۱-۵ تثبیت آزمون‌ها

شرایط مناسب باید مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۱۷ انتخاب شود، مگر این که توسط طرف‌های ذینفع به‌صورت دیگری توافق شود. اگر رطوبت روی خواص مواد مورد آزمون تأثیر ناچیزی (یا بدون تأثیر) داشته باشد، کنترل رطوبت نسبی لازم نخواهد بود. به طور مشابه، در صورتی که نه دما و نه رطوبت تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر روی خواص مواد مورد آزمون نداشته باشد، کنترل دما یا رطوبت نسبی لازم نیست. در این حالت، شرایط جوی به صورت «دمای محیطی» مشخص می‌شود.

۷-۱-۶ تعداد آزمون‌ها

تعداد آزمون‌ها را متناسب با هدف آزمون تعیین کنید. در هر صورت نباید کمتر از ۳ آزمون باشد.

۷-۲ دستگاه آزمون و تجهیزات اندازه‌گیری

۷-۲-۱ دستگاه آزمون

دستگاه آزمون باید مطابق با الزامات استاندارد ملی ایران شماره ۸۷۶۸-۱ باشد و باید قابلیت اعمال بارگذاری با نرخ مورد نیاز را داشته باشد.

۷-۲-۲ گیره‌ها

گیره‌ها باید قابلیت انتقال نیروها را به نحو مقتضی داشته باشند. به‌طوری که در آزمون، خروج از مرکزیت ایجاد نشود.

۷-۳ روش اجرای آزمون

۷-۳-۱ ابعاد آزمون‌ها

عرض ورق FRP چسبانده شده را در شیار موجود در آزمون‌های نوع A و در شکاف موجود در آزمون‌های نوع B، اندازه‌گیری کنید. هم‌چنین در سه موقعیت دیگر برای هر دو آزمون (در مرکز قسمت چسبانده شده و در دو انتها) اندازه‌گیری‌ها تکرار شود.

۷-۳-۲ نصب آزمون‌ها

آزمون‌ها را روی دستگاه آزمون نصب کنید، طوری که محور مرکزی آزمون بر محور مرکزی دستگاه آزمون منطبق شود و اطمینان حاصل شود که هیچ نیروی خارج از مرکزی وجود ندارد.

۷-۳-۳ نرخ بارگذاری

بار را با نرخ KN/min (۵ تا ۲) اعمال کنید.

۷-۳-۴ دمای آزمون

به‌طور کلی، شرایط جوی انجام آزمون همانند شرایط تثبیت آزمون می‌باشد، مگر این که توسط طرف‌های ذینفع به‌صورت دیگری توافق شود (برای مثال آزمون در دماهای بالا یا پایین).

۷-۳-۵ گستره آزمون

آزمون بارگذاری را تا نقطه گسیختگی ورق FRP ادامه داده و مقدار نیرو و جابجایی را به‌طور مستمر یا در فواصل زمانی معین اندازه‌گیری و ثبت کنید تا ظرفیت باربری به دست آید.

۷-۴ محاسبه و بیان نتایج آزمون

۷-۴-۱ کلیات

فقط از نتایج آزمون‌هایی استفاده کنید که در اثر پوسته‌شدگی یا شکست در ورق، گسیخته می‌شوند. از نتایج آزمون‌هایی که گسیختگی آن‌ها به‌طور واضح در قسمت مهار شده رخ می‌دهد، صرف‌نظر نموده و آزمون‌های اضافی را روی آزمون‌های آماده شده با استفاده از ورق‌های FRP برداشته شده از یک بهر انجام دهید، تا زمانی که تعداد آزمون‌های گسیخته شده در روش مورد نظر کم‌تر از تعداد مشخص شده نباشد.

۷-۴-۲ رده‌های گسیختگی

رده‌های گسیختگی آزمون‌ها در جدول ۶ ارائه شده است.

۷-۴-۳ انرژی گسیختگی بین سطحی

انرژی گسیختگی بین سطحی (G_f) مابین سطوح چسبانده شده را طبق رابطه (۸) بر حسب N/mm^2 محاسبه نموده و تا سه رقم اعشار گرد کنید:

$$G_f = \frac{P_{max}^2}{8b_{av}^2 \cdot E_f \cdot t} \quad (۸)$$

که در آن:

P_{max} حداکثر بار، بر حسب N؛

b_{av} میانگین عرض ورق FRP، بر حسب mm؛

E_f مدول الاستیسیته ورق FRP که در بند ۵ تشریح شده است، بر حسب N/mm^2 ؛

t ضخامت ورق FRP که برابر با $10^{-3} \times \rho_s / \rho_{sh} \cdot n$ است، بر حسب mm؛

که در آن:

n تعداد لایه‌های ورق FRP؛

ρ_s جرم الیاف در واحد سطح ورق خشک، بر حسب g/m^2 ؛

ρ_{sh} چگالی ورق خشک، بر حسب g/cm^3 .

یادآوری ۱- جرم اسمی الیاف در واحد سطح که توسط سازنده مواد اظهار می‌شود را می‌توان به کار برد.

یادآوری ۲- از چگالی اسمی اظهار شده توسط سازنده مواد، می‌توان استفاده کرد.

۷-۴-۴ مقاومت چسبندگی

مقاومت چسبندگی (τ_u) را طبق رابطه (۹) بر حسب N/mm^2 محاسبه نموده و تا سه رقم اعشار گرد کنید:

$$\tau_u = \frac{P_{max}}{2b_{av} \cdot l} \quad (9)$$

که در آن:

P_{max} حداکثر بار، بر حسب N؛

b_{av} میانگین عرض ورق FRP، بر حسب mm؛

l طول موثر چسبندگی در قسمت مورد آزمون ورق FRP، بر حسب mm.

یادآوری- طول موثر چسبندگی (l) با توجه به تعداد لایه‌های ورق FRP، مدول الاستیسیته و نوع رزین اشباع شده، تغییر می‌کند.

۷-۵ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل موارد زیر باشد:

الف- نام ورق FRP، تاریخ ساخت، شماره بهر تولید و نام سازنده؛

ب- نوع ورق FRP و رزین اشباع شده؛

پ- جرم الیاف در واحد سطح ورق خشک و چگالی ورق خشک؛

ت- تاریخ ساخت، روش ساخت و مدت عمل‌آوری آزمون‌ها؛

ث- دما، رطوبت و مدت زمان تثبیت آزمون؛

ج- شناسه‌گذاری آزمون؛

چ- تاریخ آزمون، دمای آزمون و نرخ بارگذاری؛

ح- ابعاد آزمون، عرض، طول، طول چسبندگی و تعداد لایه‌های ورق FRP؛

خ- مخلوط بتن و مقاومت فشاری در زمان آزمون؛

د- انرژی گسیختگی بین سطحی و مقاومت چسبندگی برای هر آزمون و میانگین این مقادیر؛

ذ- نوع گسیختگی برای هر آزمون؛

ر- ارجاع به این استاندارد ملی ایران.

۸ روش آزمون برای مقاومت پاره‌شدگی مستقیم^۱ ورق‌های FRP با بتن

۱-۸ آزمونه‌ها

۱-۱-۸ ابعاد

آزمونه باید به صورت یک صفحه بتنی به ابعاد (30×30) cm و با ضخامت ۶ cm بوده و یا یک قسمت واقعی از عضو بتنی که ورق FRP به آن متصل می‌شود، باشد. صفحه بتنی باید از لحاظ کیفیت و مقاومت مشابه با عضو بتنی باشد که در عمل به کار برده شده است. اگر چنین عضوی در دسترس نباشد، بتن حاوی سنگدانه‌های معمولی با حداکثر قطر سنگدانه درشت برابر با ۲۵ (یا ۲۰) mm و با اسلامپ (10 ± 2) cm و مقاومت فشاری ۲۸ روزه (3 ± 3) N/mm²، قابل قبول است.

۲-۱-۸ آماده‌سازی

۱-۲-۱-۸ عملیات سطحی بتن

عملیات سطحی برای آزمونه‌های بتنی که قرار است ورق‌های FRP به آن‌ها چسبانده شود، باید مشابه با عملیاتی باشد که در عمل برای اعضای بتنی استفاده شده است. در مواردی که سازه هدف مشخص نیست، روش استاندارد برای چسباندن ورق FRP به شرح زیر است. در صورت وجود دستورالعمل‌های سازنده، از آن‌ها پیروی کنید.

- الف- سطح بتن را با استفاده از یک سابزن صفحه‌ای صاف کنید تا حباب‌ها و خاک‌های آن از بین برود.
- ب- با استفاده از یک پارچه، پودر و گرد و خاک سطح بتن را پاک کنید. در صورت وجود روغن در روی سطح، آن را با استفاده از استون پاک کنید.
- پ- روی سطح را با آستر پوشش دهید و اجازه دهید تا سخت شود، طوری که موقع تماس با انگشتان نچسبد.
- ت- روی سطح را با یک عامل صاف‌کننده پوشش دهید تا ناهمواری‌ها و حباب‌های سطحی از بین بروند. سپس منتظر بمانید تا سخت شود طوری که موقع تماس با انگشتان نچسبد.

۲-۲-۱-۸ چسباندن ورق‌های FRP

- الف- یک ورق FRP به ابعاد (280×280) mm را آماده کنید.
- ب- پوششی از رزین اشباع شده را به قسمت پایینی اعمال نموده و سپس ورق FRP را چسبانده و حباب‌ها را برطرف کنید.
- پ- پوششی از رزین اشباع شده را به قسمت بالایی اعمال کنید.
- ت- برای ساخت آزمونه، آن را برای مدت زمان مشخص شده، عمل‌آوری کنید.

۳-۱-۸ نصب وسایل فولادی و ایجاد شکاف

- الف- معمولاً از یک وسیله فولادی چارگوش با سطح چسبندگی $40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$ و با ضخامت ۱۰ mm

1- Direct pull-off strength

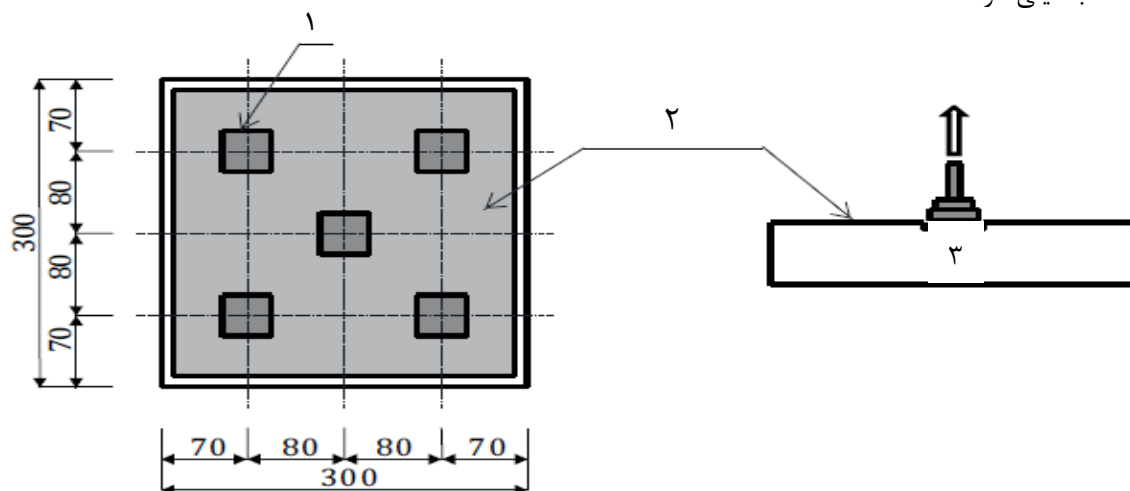
استفاده می‌شود، یا از چرخ‌های مدور به قطر ۵۰mm و با حداقل ضخامت ۲۰mm (اگر فولادی باشد) و یا ۳۰mm (در صورتی که آلومینیومی باشد) استفاده کنید.

ب- وسایل فولادی را در موقعیت نشان داده شده در شکل ۸ نصب کنید. مطابق شکل ۸، موقعیت‌های وسایل با لحاظ فاصله از لبه صفحه بتنی و فاصله مابین آن‌ها، تعیین می‌شوند. با استفاده از کاغذ سنباده یا چیزی مشابه آن، سطح چسبندگی وسیله فولادی و سطح آزمون را صاف کنید تا بتوان وسیله فولادی را چسباند. مراقب باشید، ورق FRP آسیب نبیند.

پ- چسب را بر روی سطح چسبندگی وسیله فولادی اعمال نموده و آن را با دقت به آزمون بچسبانید. سپس یک وزنه ۱Kg را به وسیله فولادی متصل نموده و بگذارید روی آن بماند.

ت- پس از عمل‌آوری چسب، وزنه را جدا کنید. در مورد وسایل فولادی چارگوش، ناحیه اطراف وسیله را با استفاده از بتن‌بر^۱ شکاف دهید. در مورد چرخ‌های مدور، ناحیه اطراف وسیله را با استفاده از لوله مغزه‌گیری الماسه شکاف دهید. عمق شکاف باید در حدود ۳ تا ۱۲mm باشد.

ابعاد بر حسب میلی‌متر



راهنما:

- | | |
|---|--------------------------------|
| ۱ | وسيله فولادی به ابعاد ۴۰×۴۰×۱۰ |
| ۲ | ورق FRP |
| ۳ | صفحه بتنی به ابعاد ۳۰۰×۳۰۰×۶۰ |

شکل ۸- نصب وسایل فولادی روی آزمون

۸-۱-۴ تثبیت آزمون‌ها

شرایط مناسب باید مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۱۷ انتخاب شود، مگر این که توسط طرف‌های ذینفع به صورت دیگری توافق شود. در صورتی که توسط آزمون‌های اولیه تحت شرایط تعادل در اتاق آزمون تایید شود، که در آن رطوبت ناچیز و یا بدون تأثیر روی خواص مواد است، کنترل رطوبت نسبی لازم نخواهد بود. به طور

1- Concrete cutter

مشابه، اگر توسط آزمون‌های اولیه تحت شرایط تعادل در اتاق آزمونی که نه دما و نه رطوبت بر روی خواص مواد تأثیر قابل ملاحظه‌ای ندارد، تأیید شود، کنترل دما یا رطوبت نسبی لازم نیست. در این حالت، شرایط جوی به صورت «دمای محیطی» مشخص می‌شود.

۸-۱-۵ تعداد آزمون‌ها

تعداد آزمون‌ها را متناسب با هدف آزمون تعیین کنید. در هر صورت نباید کمتر از ۵ آزمون باشد.

۸-۲ دستگاه آزمون و وسایل اندازه‌گیری

ظرفیت دستگاه آزمون مورد استفاده برای آزمون مقاومت پاره‌شدگی مستقیم باید بیش از حداکثر مقاومت آزمون‌ها باشد، همچنین نشان‌گر آن باید قابلیت اندازه‌گیری حداکثر بار را داشته باشد.

۸-۳ روش اجرای آزمون

۸-۳-۱ راه‌اندازی دستگاه آزمون

وسایل فولادی را طوری تنظیم کنید که نیرو عمود بر سطح بتن اعمال شود.

۸-۳-۲ نرخ بارگذاری

نرخ بارگذاری استاندارد باید ثابت بوده و برابر با $(2/5 \text{ تا } 5) \text{ KN/min}$ باشد.

۸-۳-۳ دمای آزمون

به‌طور کلی، شرایط جوی انجام آزمون همانند شرایط تثبیت آزمون می‌باشد، مگر این که توسط طرف‌های ذینفع به‌صورت دیگری توافق شود (برای مثال آزمون در دماهای بالا یا پایین).

۸-۳-۴ گستره آزمون

آزمون را تا نقطه‌ای که وسایل فولادی از صفحه بتنی جدا می‌شوند، ادامه دهید.

۸-۴ محاسبه و بیان نتایج آزمون

۸-۴-۱ بررسی داده‌های آزمون

هنگامی که وسایل فولادی از ورق‌های FRP در محل چسبندگی، جدا می‌شوند، از داده‌های آزمون صرف‌نظر نموده و آزمون‌های اضافه‌تری را با وسایل فولادی که از قبل در موقعیت‌های مختلف نصب شده‌اند، انجام دهید تا این که تعداد مشخصی از آزمون‌ها گسیخته شود.

۸-۴-۲ مقاومت چسبندگی

مقاومت چسبندگی (f_{au}) را طبق رابطه (۱۰) بر حسب N/mm^2 محاسبه نموده و مطابق پیوست «ب» استاندارد ملی ایران شماره ۹۸۱۹-۱ تا سه رقم اعشار گرد کنید:

$$f_{au} = \frac{F_{au}}{A_s} \quad (10)$$

که در آن:

F_{au} حداکثر نیرو، بر حسب N؛

A_s مساحت وسیله فولادی، بر حسب mm^2 .

۸-۴-۳ رده‌های گسیختگی

رده‌های گسیختگی آزمونه‌ها در جدول ۷ ارائه شده است.

اگر گسیختگی در بتن و وسیله فولادی به صورت مجزا رخ دهد، نمونه بتن را حذف نموده، که نشان دهنده گسیختگی بتن است. در صورتی که گسیختگی در سطح مشترک بین سطح بتن و آستر یا بین آستر و عامل صاف کننده یا بین عامل صاف کننده و ورق FRP رخ دهد، نشان دهنده گسیختگی بین سطحی است. اگر گسیختگی در ورق FRP یا بین لایه‌های آن رخ دهد، به صورت «گسیختگی بین لایه‌های ورق FRP» رده‌بندی می‌شود.

جدول ۷- رده‌های گسیختگی آزمونه‌ها

رده	نوع گسیختگی
MF	گسیختگی بتن
IF	گسیختگی بین سطحی
SF	گسیختگی بین لایه‌های ورق FRP

۸-۵ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل موارد زیر باشد:

- الف- نام ورق FRP، تاریخ ساخت، شماره بهر تولید و نام سازنده؛
- ب- نوع ورق FRP، آستر، عامل صاف کننده و رزین اشباع شده؛
- پ- جرم الیاف در واحد سطح ورق خشک و چگالی ورق خشک؛
- ت- تعداد لایه‌های ورق FRP؛
- ث- مخلوط بتن و مقاومت فشاری در زمان آزمون؛
- ج- تاریخ ساخت و روش ساخت آزمونه‌ها؛
- چ- تاریخ آزمون، دمای آزمون و نرخ بارگذاری؛
- ح- شکل، ابعاد و سطح مقطع عرضی محاسبه شده برای وسیله فولادی در هر موقعیت آزمون؛
- خ- ظرفیت کششی در هر موقعیت آزمون و میانگین این مقادیر؛
- د- حداکثر مقاومت چسبندگی در هر موقعیت آزمون و میانگین این مقادیر؛
- ذ- نوع گسیختگی در هر موقعیت آزمون؛
- ر- ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛
- ز- سایر اطلاعات خاص.

۹ روش آزمون برای مقاومت در برابر یخزدن و آب شدن

۱-۹ آزمون‌ها

۱-۱-۹ نوع و ابعاد

نوع آزمون‌ها باید به صورت زیر باشد:

الف- آزمون نوع A یا B طبق بند ۵؛

ب- نوع آزمون مطابق با بند ۶.

۲-۱-۹ تعداد آزمون‌ها

تعداد آزمون‌ها را متناسب با هدف آزمون تعیین کنید. در هر صورت برای آزمون مقاومت کششی و آزمون مقاومت وصله پوششی قبل و بعد از یخزدن و آب شدن، نباید کمتر از ۵ آزمون باشد.

۲-۹ دستگاه آزمون و وسایل اندازه‌گیری

۱-۲-۹ دستگاه آزمون یخزدن و آب شدن

دستگاه مورد استفاده برای آزمون مقاومت در برابر یخزدن و آب شدن باید شامل واحد گرمایش و سرمایش برای در معرض‌گذاری آزمون نسبت به چرخه‌های مشخص یخزدن و آب شدن، مخزن آزمون، واحد پاشش، واحد اندازه‌گیری دما و واحد کنترل باشد. واحد اندازه‌گیری دما باید قابلیت اندازه‌گیری دمای سطح آزمون شاهد در مخزن آزمون را با دقت $(1 \pm 2)^\circ\text{C}$ داشته باشد و باید مجهز به واحد ثبت کننده باشد.

۲-۲-۹ دستگاه آزمون کشش

دستگاه آزمون کشش باید مطابق با الزامات بند ۵ باشد.

۳-۹ روش اجرای آزمون

۱-۳-۹ روش یخزدن و آب شدن

روش آزمون یخزدن و آب شدن باید مطابق با روش زیر باشد:

الف- قبل از آزمون مقاومت در برابر یخزدن و آب شدن، آزمون را به مدت ۲۴h در آب با دمای $(5^\circ\text{C}$ تا 35°C) غوطه‌ور کنید.

ب- شرایط دمایی برای این آزمون باید به صورت زیر باشد:

- دمای سطح آزمون در مدت یخزدن برابر $(-20 \pm 2)^\circ\text{C}$ و در مدت آب شدن برابر $(30 \pm 2)^\circ\text{C}$ باشد؛ و

- دما برای یک چرخه بلافاصله پس از شروع یا شروع مجدد پس از یک وقفه، از دمای اتاق شروع می‌شود.

پ- مدت زمان هر چرخه یخزدن و آب شدن باید ۱۰۰min باشد (۸۰min برای سرمایش و ۲۰min برای گرمایش). آزمون در هر یک از چرخه‌ها باید به دمای مشخص شده برسد.

ت- آزمون باید شامل ۳۰۰ چرخه یخزدن و آب شدن باشد، مگر این که به صورت دیگری توافق شود.

۹-۳-۲ کنترل دماهای یخزدن و آب شدن

دماهای یخزدن و آب شدن باید در طول اندازه‌گیری دمای سطح ورق FRP کنترل شوند.

۹-۳-۳ آزمون مقاومت کششی و آزمون مقاومت وصله پوششی

مقاومت کششی، مدول الاستیسیته و کرنش نهایی باید قبل و بعد از آزمون مقاومت در برابر یخزدن و آب شدن طبق بند ۵، تعیین شوند. مقاومت وصله پوششی باید قبل و بعد از آزمون مقاومت در برابر یخزدن و آب شدن طبق بند ۶، اندازه‌گیری شود.

۹-۴ محاسبه و بیان نتایج آزمون

۹-۴-۱ مقاومت کششی باقی‌مانده

مقاومت کششی باقی‌مانده (R_{ett}) را طبق رابطه (۱۱) بر حسب درصد محاسبه نموده و مطابق پیوست «ب» استاندارد ملی ایران شماره ۹۸۱۹-۱ تا سه رقم اعشار گرد کنید:

$$R_{ett} = \frac{\bar{f}_{fu1}}{\bar{f}_{fu0}} \times 100 \quad (11)$$

که در آن:

$\bar{f}_{fu0}$ مقدار میانگین مقاومت کششی قبل از یخزدن و آب شدن، بر حسب N/mm^2 ؛

$\bar{f}_{fu1}$ مقدار میانگین مقاومت کششی پس از یخزدن و آب شدن، بر حسب N/mm^2 .

۹-۴-۲ مقاومت وصله پوششی باقی‌مانده

مقاومت وصله پوششی باقی‌مانده (R_{ets}) را طبق رابطه (۱۲) بر حسب درصد محاسبه نموده و مطابق پیوست «ب» استاندارد ملی ایران شماره ۹۸۱۹-۱ تا سه رقم اعشار گرد کنید:

$$R_{ets} = \frac{\bar{f}_{fus1}}{\bar{f}_{fus0}} \times 100 \quad (12)$$

که در آن:

$\bar{f}_{fus0}$ مقدار میانگین مقاومت وصله پوششی قبل از یخزدن و آب شدن، بر حسب N/mm^2 ؛

$\bar{f}_{fus1}$ مقدار میانگین مقاومت وصله پوششی پس از یخزدن و آب شدن، بر حسب N/mm^2 .

۹-۵ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل موارد زیر باشد:

۹-۵-۱ موارد عمومی

الف- نام ورق FRP، تاریخ ساخت، شماره بهر تولید و نام سازنده؛

ب- نوع ورق FRP و رزین اشباع شده؛

پ- جرم الیاف در واحد سطح ورق خشک و چگالی ورق خشک؛

ت- شماره آزمون؛

۹-۵-۲ موارد مربوط به آزمون مقاومت در برابر یخ زدن و آب شدن

الف- نوع و مدل دستگاه آزمون و شرایط آزمون؛

ب- تاریخ شروع و اتمام آزمون مقاومت در برابر یخ زدن و آب شدن؛

۹-۵-۳ موارد مربوط به آزمون مقاومت کششی

الف- تاریخ ساخت، روش ساخت و شرایط عمل آوری آزمون‌ها (شامل دما و مدت زمان)؛

ب- دما، رطوبت و مدت زمان تثبیت آزمون؛

پ- تاریخ آزمون، دمای آزمون و نرخ بارگذاری؛

ت- ابعاد و سطح مقطع عرضی محاسبه شده برای هر آزمون؛

ث- ظرفیت کششی هر آزمون و میانگین این مقادیر؛

ج- مقاومت کششی هر آزمون و میانگین این مقادیر؛

چ- مدول الاستیسیته هر آزمون و میانگین این مقادیر؛

ح- کرنش نهایی هر آزمون و میانگین این مقادیر؛

خ- منحنی نیرو-کرنش برای هر آزمون؛

د- مقاومت کششی باقی مانده؛

۹-۵-۴ موارد مربوط به آزمون مقاومت وصله پوششی

الف- تاریخ ساخت، روش ساخت و شرایط عمل آوری آزمون‌ها (شامل دما و مدت زمان)؛

ب- دما، رطوبت و مدت زمان تثبیت آزمون؛

پ- تاریخ آزمون، دمای آزمون و نرخ بارگذاری؛

ت- ابعاد و سطح مقطع عرضی محاسبه شده برای هر آزمون؛

ث- ظرفیت کششی هر آزمون و میانگین این مقادیر؛

ج- مقاومت وصله پوششی هر آزمون و میانگین این مقادیر؛

چ- نوع گسیختگی برای هر آزمون؛

خ- مقاومت وصله پوششی باقی مانده.

۱۰ روش آزمون پرتودهی با منابع نور آزمایشگاهی

۱-۱۰ آزمون‌ها

۱-۱-۱ صفحه مورد نظر برای پرتودهی مصنوعی تسریع شده

روش آماده سازی صفحات مورد نظر برای پرتودهی مصنوعی تسریع شده باید مطابق با الزامات بندهای ۵ و ۶

باشد. در هر حال، ابعاد آن نباید کمتر از ۳۰۰mm در طول و ۷۰mm در عرض باشد، مگر این که به صورت دیگری توافق شود. صفحات باید طوری باشند که بتوانند به نگه‌دارنده نمونه مورد آزمون، نصب شوند.

۱۰-۱-۲ تعداد صفحات تحت پرتودهی مصنوعی تسریع شده

تعداد صفحات تحت پرتودهی مصنوعی تسریع شده برای آزمون‌هایی که به‌طور همزمان انجام می‌شوند، نباید کمتر از دو صفحه باشد، مگر این که به صورت دیگری توافق شود.

۱۰-۱-۳ نوع و ابعاد

آزمونه‌ها را از یک صفحه‌ای که تحت پرتودهی مصنوعی تسریع شده قرار گرفته است، برش داده و مطابق با الزامات بندهای ۵ و ۶ آماده‌سازی کنید. هنگام ساخت آزمونه‌ها از لبه‌های صفحه تحت پرتودهی مصنوعی تسریع شده، اجتناب کنید.

۱۰-۱-۴ تعداد آزمونه‌ها

تعداد آزمونه‌ها را متناسب با هدف آزمون تعیین کنید. در هر صورت نباید کمتر از ۵ آزمونه باشد.

۱۰-۲ دستگاه آزمون و وسایل اندازه‌گیری

۱۰-۲-۱ دو نوع دستگاه آزمون پرتودهی مصنوعی تسریع شده در دسترس است:

الف- نوع WV، که با یک لامپ قوس کربن فرابنفش کار می‌کند؛ و

ب- نوع WS، که با لامپ قوس کربن آفتابی کار می‌کند.

۱۰-۲-۲ شکل منبع نور، فیلتر و دستگاه آزمون مطابق با مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۱۲۵۲۳ است.

۱۰-۲-۳ دستگاه آزمون کشش که مطابق با الزامات بندهای ۵ و ۶ است.

۱۰-۳ روش اجرای آزمون

۱۰-۳-۱ مدت زمان آزمون

برای آزمون پرتودهی مصنوعی تسریع شده، یک دوره زمانی مناسب تعیین کنید. با این وجود، به‌غیر از موارد مشخص شده، حداکثر مقادیر طبق مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۱۲۵۲۳ برای دستگاه آزمون نوع WV برابر ۲۰۰۰h و برای دستگاه آزمون نوع WS برابر ۱۰۰۰h است.

۱۰-۳-۲ آزمون مقاومت کششی و آزمون مقاومت وصله پوششی

مقاومت کششی، مدول الاستیسیته و کرنش نهایی آزمونه‌ها را قبل و بعد از آزمون پرتودهی مصنوعی تسریع شده، طبق بند ۵ تعیین کنید. مقاومت وصله پوششی آزمونه‌ها را قبل و بعد از آزمون پرتودهی مصنوعی تسریع شده، طبق بند ۶ تعیین کنید.

۱۰-۴ محاسبه و بیان نتایج آزمون

۱۰-۴-۱ بازرسی چشمی

صفحه تحت پرتودهی مصنوعی تسریع شده را قبل و بعد از انجام این آزمون، بازرسی چشمی نموده و رنگ و شرایط سطحی آن را مقایسه کنید. در صورت لزوم، صفحه تحت پرتودهی مصنوعی تسریع شده را برش داده و سابزنی کنید و مقطع آن را با یک میکروسکوپ مشاهده نمایید.

۱۰-۴-۲ بررسی داده‌های آزمون

در آزمون مقاومت کششی، فقط از نتایج آزمون‌هایی استفاده کنید که در قسمت مورد آزمون متحمل شکست شده‌اند. در مواردی که شکست کششی یا لغزش به‌طور واضح در قسمت مهار شده رخ می‌دهد، از داده‌های آن صرف‌نظر نموده و آزمون‌های بیشتری مورد آزمون قرار دهید، تا این که تعداد آزمون‌های گسیخته شده در قسمت مورد آزمون به ۵ برسد.

۱۰-۴-۳ مقاومت کششی باقی‌مانده

مقاومت کششی باقی‌مانده (R_{ett}) را طبق رابطه (۱۳) بر حسب درصد با دقت سه رقم اعشار محاسبه کنید:

$$R_{ett} = \frac{\bar{f}_{fu1}}{\bar{f}_{fu0}} \times 100 \quad (13)$$

که در آن:

$\bar{f}_{fu0}$ مقدار میانگین مقاومت کششی قبل از پرتودهی مصنوعی تسریع شده، بر حسب N/mm^2 ؛

$\bar{f}_{fu1}$ مقدار میانگین مقاومت کششی پس از پرتودهی مصنوعی تسریع شده، بر حسب N/mm^2 .

۱۰-۴-۴ مقاومت وصله پوششی باقی‌مانده

مقاومت وصله پوششی باقی‌مانده (R_{ets}) را طبق رابطه (۱۴) بر حسب درصد با دقت سه رقم اعشار محاسبه کنید:

$$R_{ets} = \frac{\bar{f}_{fus1}}{\bar{f}_{fus0}} \times 100 \quad (14)$$

که در آن:

$\bar{f}_{fus0}$ مقدار میانگین مقاومت وصله پوششی قبل از پرتودهی مصنوعی تسریع شده، بر حسب N/mm^2 ؛

$\bar{f}_{fus1}$ مقدار میانگین مقاومت وصله پوششی پس از پرتودهی مصنوعی تسریع شده، بر حسب N/mm^2 .

۱۰-۵ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل موارد زیر باشد:

۱۰-۵-۱ موارد عمومی

الف- نام ورق FRP، تاریخ ساخت، شماره بهر تولید و نام سازنده؛

ب- نوع ورق FRP و رزین اشباع شده؛

پ- جرم الیاف در واحد سطح ورق خشک و چگالی ورق خشک؛

ت- شناسه گذاری آزمون؛

۱۰-۵-۲ موارد مربوط به آزمون پرتودهی مصنوعی تسریع شده

الف- نوع و مدل دستگاه آزمون و شرایط آزمون (دمای صفحه سیاه، چرخه پاشش با یا بدون واحد کنترل رطوبت، مدت زمان آزمون، موقعیت آزمون‌ها، شرایط برای تغییر وضعیت آزمون‌ها و شرایط فیلتر مورد استفاده)؛

ب- تاریخ شروع و اتمام آزمون پرتودهی مصنوعی تسریع شده؛

پ- سوابق مشاهدات مربوط به بازرسی ظاهری؛

۱۰-۵-۳ موارد مربوط به آزمون مقاومت کششی

الف- تاریخ ساخت، روش ساخت و شرایط عمل‌آوری آزمون‌ها (شامل دما و مدت زمان)؛

ب- دما، رطوبت و مدت زمان تثبیت آزمون؛

پ- تاریخ آزمون، دمای آزمون و نرخ بارگذاری؛

ت- ابعاد و سطح مقطع عرضی محاسبه شده برای هر آزمون؛

ث- مقاومت کششی هر آزمون و میانگین این مقادیر؛

ج- مدول الاستیسیته هر آزمون و میانگین این مقادیر؛

چ- کرنش نهایی هر آزمون و میانگین این مقادیر؛

ح- منحنی نیرو-کرنش برای هر آزمون؛

خ- مقاومت کششی باقی‌مانده؛

۱۰-۵-۴ موارد مربوط به آزمون مقاومت وصله پوششی

الف- تاریخ ساخت، روش ساخت و شرایط عمل‌آوری آزمون‌ها (شامل دما و مدت زمان)؛

ب- دما، رطوبت و مدت زمان تثبیت آزمون؛

پ- تاریخ آزمون، دمای آزمون و نرخ بارگذاری؛

ت- ابعاد و سطح مقطع عرضی محاسبه شده برای هر آزمون؛

ث- مقاومت وصله پوششی هر آزمون و میانگین این مقادیر؛

ج- نوع گسیختگی برای هر آزمون؛

چ- مقاومت وصله پوششی باقی‌مانده.

۱۱ روش آزمون دوام

۱۱-۱ انواع روش‌های آزمون دوام

برای آزمون دوام، سه روش در جدول ۸ ارائه شده است.

جدول ۸- روش‌های آزمون دوام

شناسه آزمون	اقلام آزمون	روش آزمون	
		آزمون نیمه غوطه‌وری	آزمون چرخه خشکاندن و مرطوب کردن
A	مقاومت پاره‌شدگی	✓	✓
B	خصوصیات چسبندگی	-	✓
C	مقاومت وصله پوششی	-	✓

۲-۱۱ آزمون

۱-۲-۱۱ آزمون دوام برای مقاومت پاره‌شدگی - آزمون A

آزمونه باید مطابق با بند ۸-۱ باشد.

۲-۲-۱۱ آزمون دوام برای خصوصیات چسبندگی - آزمون B

آزمونه باید مطابق با بند ۷-۱ باشد.

۳-۲-۱۱ آزمون دوام برای مقاومت وصله پوششی - آزمون C

آزمونه باید مطابق با بند ۶-۱ باشد، همچنین عملیات زیر باید در بخشی غیر از قسمت مورد آزمون انجام شود تا از تغییر وضعیت آزمونه، هنگامی که در معرض چرخه‌های خشکاندن و مرطوب کردن قرار می‌گیرد، جلوگیری شود:

الف - سطوح چهار طرف آزمونه باید با رزین اپوکسی پوشش داده شود.

ب - نوار چسب آلومینیومی باید به قسمتی غیر از طول سنجه نشان داده شده در شکل ۴ و بند ۶، چسبانده شود.

پ - فوم پلاستیکی عایق حرارت باید به یک طرف آزمونه چسبانده شود.

۳-۱۱ روش اجرای آزمون

۱-۳-۱۱ آزمون دوام برای مقاومت پاره‌شدگی - آزمون A

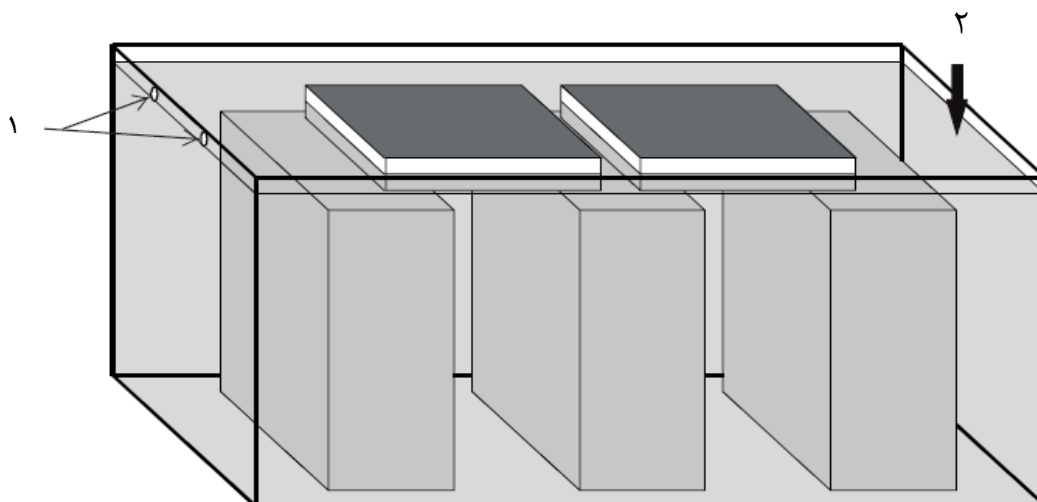
۱-۱-۳-۱۱ آزمون نیمه غوطه‌وری

الف - مخزن آزمون، نمونه‌ای از مخزن آزمون در شکل ۹ نشان داده شده است.

ب - نصب آزمونه، آزمونه باید طوری نصب شود که سطح ورق FRP چسبانده شده، به‌صورت افقی و رو به بالا باشد.

پ - دوره آزمون، دوره آزمون باید دو سال باشد. دما و رطوبت هوا و دمای آب باید هفته‌ای یکبار در کل دوره آزمون، ثبت شود.

ت - مقاومت پاره‌شدگی، روش آزمون برای مقاومت پاره‌شدگی پس از نیمه غوطه‌وری باید مطابق بند ۸-۳ باشد.



راهنما:

- | | |
|---|---------|
| ۱ | سر ریز |
| ۲ | منبع آب |

شکل ۹- نمونه‌ای از مخزن آزمون برای آزمون مقاومت پاره‌شدگی در حالت نیمه غوطه‌وری

۱۱-۳-۲ آزمون چرخه خشکاندن و مرطوب کردن

الف- دمای آزمون، دما در شرایط خشک باید برابر $(60 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ و در شرایط مرطوب برابر $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ باشد. برای مناطق گرمسیری، دما در شرایط مرطوب برابر $(27 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ است.

ب- درصد رطوبت اولیه، آزمون باید به مدت ۲۴h در آب با دمای $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ غوطه‌ور شود. دمای آب برای مناطق گرمسیری $(27 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ است.

پ- چرخه خشکاندن و مرطوب کردن، یک چرخه باید شامل یک دوره خشکاندن به مدت ۴۲h در دمای $(60 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ و یک دوره مرطوب کردن به مدت ۶h در دمای $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ باشد. دمای آب برای مناطق گرمسیری $(27 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ است.

ت- تعداد چرخه‌ها، تعداد چرخه‌ها باید برابر ۵۰ چرخه باشد.

ث- روش انجام آزمون، روش آزمون مورد استفاده برای مقاومت پاره‌شدگی مستقیم پس از چرخه‌های خشکاندن و مرطوب کردن باید مطابق با بند ۳-۸ باشد.

۱۱-۳-۲ آزمون دوام برای خصوصیات چسبندگی - آزمون B: آزمون چرخه خشکاندن و مرطوب کردن

دما، درصد رطوبت اولیه، شرایط چرخه خشکاندن و مرطوب کردن و تعداد چرخه‌ها باید طبق بند ۱۱-۳-۲ باشد. روش آزمون مورد استفاده برای خصوصیات چسبندگی پس از چرخه‌های خشکاندن و مرطوب کردن باید مطابق با بند ۳-۷ باشد.

۱۱-۳-۳ آزمون دوام برای مقاومت وصله پوششی - آزمون C: آزمون چرخه خشکاندن و مرطوب کردن دما، درصد رطوبت اولیه، شرایط چرخه خشکاندن و مرطوب کردن و تعداد چرخه‌ها باید طبق بند ۱۱-۳-۱-۲ باشد. روش آزمون مورد استفاده برای مقاومت وصله پوششی پس از چرخه‌های خشکاندن و مرطوب کردن باید مطابق با بند ۶-۳ باشد.

۱۱-۴ محاسبه و بیان نتایج آزمون

۱۱-۴-۱ آزمون دوام برای مقاومت پاره‌شدگی - آزمون A محاسبات و بیان نتایج آزمون باید مطابق با بند ۸-۴ باشد.

۱۱-۴-۲ آزمون دوام برای خصوصیات چسبندگی - آزمون B محاسبات و بیان نتایج آزمون باید مطابق با بند ۷-۴ باشد.

۱۱-۴-۳ آزمون دوام برای مقاومت وصله پوششی - آزمون C محاسبات و بیان نتایج آزمون باید مطابق با بند ۶-۴ باشد.

۱۱-۵ گزارش آزمون

۱۱-۵-۱ آزمون دوام برای مقاومت پاره‌شدگی - آزمون A گزارش آزمون، علاوه بر موارد ذکر شده در بند ۸-۵ باید شامل موارد زیر نیز باشد:
الف - اقلام آزمون؛
ب - مدت زمان آزمون؛
پ - دمای هوا، رطوبت نسبی، دمای آب در طول مدت زمان آزمون (میانگین، حداقل، حداکثر)؛
ت - تاریخ آزمون.

۱۱-۵-۲ آزمون دوام برای خصوصیات چسبندگی - آزمون B گزارش آزمون، علاوه بر موارد ذکر شده در بند ۷-۵ باید شامل موارد زیر نیز باشد:
الف - اقلام آزمون؛
ب - مدت زمان آزمون یا تعداد چرخه‌ها؛
پ - رطوبت نسبی و شرایط مبادله هوا؛
ت - تاریخ آزمون.

۱۱-۵-۳ آزمون دوام برای مقاومت وصله پوششی - آزمون C گزارش آزمون، علاوه بر موارد ذکر شده در بند ۶-۵ باید شامل موارد زیر نیز باشد:
الف - اقلام آزمون؛
ب - مدت زمان آزمون یا تعداد چرخه‌ها؛

پ- رطوبت نسبی و شرایط مبادله هوا؛
ت- تاریخ آزمون.