



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۷۵۴۳

چاپ اول

۱۳۹۳

INSO

17543

1st. Edition

2014

بتن - مقاومت کششی اتصال صفحات  
پلیمری تقویت شده با الیاف به بستر بتنی -  
روش آزمون

**Concrete - Pull-Off Strength for Fiber  
Reinforced Polymer Bonded to Concrete  
Substrate -Test Method**

**ICS:91.100.40**

## 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 مؤسسه 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 پیشنهادهای 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)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و 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 استانداردهای 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) و 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) و وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

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

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

## کمیسیون فنی تدوین استاندارد

### «بتن- مقاومت کششی اتصال صفحات پلیمری تقویت شده با الیاف به بستر بتنی- روش آزمون»

#### رئیس:

ابوالحسنی، عباس

(کارشناس مهندسی عمران)

#### سمت و/ یا نمایندگی

مدیرعامل شرکت پیشرو مصالح شرق، رئیس هیات مدیره

آفتاب بتن شرق

#### دبیر:

ضرابی راد، راحله

(کارشناس ارشد زمین‌شناسی)

مدیر فنی آزمایشگاه همکار شرکت پیشرو مصالح شرق

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

آروین، پویا

(دکتری مهندسی کشاورزی)

عضو هیات علمی دانشگاه پیام‌نور مرکز بجنورد

ارجمندزاده، رضا

(دکتری زمین‌شناسی اقتصادی)

عضو هیات علمی دانشگاه پیام نور بجنورد

اکبری مطلق، علی

(کارشناس مهندسی مکانیک)

کارشناس نظام مهندسی ساختمان خراسان شمالی

پیلوار، حبیب رضا

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

سرپرست عمران و محیط زیست شرکت شهرک‌های

خراسان شمالی

حسینی عزیز، رقیه

(کارشناس ارشد مهندسی شیمی)

مدیر فنی آزمایشگاه همکار بیژن‌یورد

رجب‌نیا، سحر

(کارشناس مهندسی صنایع)

کارشناس شرکت پژوهشکده کیمیاگران ارتیان

سرایبی، فتانه

(کارشناس مهندسی شیمی)

عضو هیات مدیره شرکت کیفیت گستر بجنورد

شریف، هادی

(دکتری حرفه‌ای دامپزشکی)

دکتری دامپزشکی

صمدی شادلو، مهرداد

(کارشناس مهندسی مواد- سرامیک)

کارشناس شرکت کیفیت گستر بجنورد

معاونت ارزیابی انطباق اداره کل استاندارد خراسان شمالی

فرجی، احمدرضا  
(کارشناس ارشد زمین شناسی)

رئیس هیات مدیره انجمن صنفی تولیدکنندگان بتن  
آماده و قطعات بتنی

فروتن مهر، حسین  
(کارشناس مهندسی ساختمان)

مدیرکنترل کیفیت شرکت آذر آوند

عفتی، الهام  
(کارشناس ارشد مهندسی پلیمر)

مدیرعامل شرکت پژوهشکده کیمیاگران ارتیان

گریوانی، زکیه  
(کارشناس ارشد شیمی کاربردی)

مدیر کنترل کیفیت شرکت سیمان بجنورد

لطفی، مجید  
(کارشناس ارشد مهندسی شیمی)

کارشناس دادگستری کل استان خراسان شمالی

مهرگان، کیوان  
(کارشناس ارشد مدیریت دولتی)

مدیر کنترل کیفیت شرکت بتن آماده و سنگدانه مالک  
اشتر

یزدانی، ابوالفضل  
(کارشناس شیمی)

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۲	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها و یکاها
۲	۴ خلاصه روش آزمون
۳	۵ تداخلها
۳	۶ وسایل
۴	۷ آماده سازی نمونه ها و نمونه برداری
۴	۸ واسنجی
۵	۹ مشروط کردن
۵	۱۰ روش انجام آزمون
۶	۱۱ محاسبات و تفسیر نتایج
۹	۱۲ گزارش آزمون
۹	۱۳ دقت و اریبی
۱۰	۱۴ پیوست الف (الزامی) وسیله آزمون چسبندگی ثابت شده هم تراز

## پیش‌گفتار

استاندارد « بتن - مقاومت کششی اتصال صفحات پلیمری تقویت شده با الیاف به بستر بتنی - روش آزمون » که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط شرکت پژوهشکده کیمیاگران ارتیان تهیه و تدوین شده و در چهارصد و نود و پنجمین اجلاسیه کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان، مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۳/۰۱/۳۰ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه 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 تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

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

ASTM D7522/D7522M:2009, Standard Test Method for Pull-Off Strength for FRP Bonded to Concrete Substrate

## بتن - مقاومت کششی صفحات پلیمری تقویت شده با الیاف متصل به بستر بتنی - روش آزمون

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش‌هایی برای ارزیابی مقاومت کششی سامانه ورقه‌های پلیمری تقویت شده با الیاف<sup>۱</sup> که به طور چسبنده به بستر بتنی تخت متصل شده‌اند، می‌باشد. این آزمون بزرگ‌ترین نیروی عمودی (در کشش) را که یک سامانه پلیمری تقویت شده با الیاف می‌تواند تحمل کند قبل از جدا شدن پوسته‌ای از مواد، تعیین می‌کند. شکست در طول ضعیف‌ترین صفحه میان ثابت‌کننده آزمون سامانه فشاری، ورقه پلیمری، چسب و بستر بتنی رخ خواهد داد.

این استاندارد به طور معمول برای کنترل کیفیت و ارزیابی مرمت‌های میدانی سازه‌ها با استفاده از مواد کامپوزیتی که با چسب به کار می‌روند، استفاده می‌شود.

این روش آزمون برای استفاده در سامانه‌های پلیمری تقویت شده با الیاف دارای هر جهتی یا ترکیبی از لایه‌های جهت‌گیری شده در ورقه پلیمری تقویت شده با الیاف، به کار می‌رود.

این استاندارد برای استفاده در جایی که سامانه پلیمری تقویت شده با الیاف در یک نیروی تعیین شده سالم باقی بماند و نتایج قابل‌قبولی دارد، به عنوان پذیرش و اثبات قبولی به کار نمی‌رود.

اندازه‌گیری‌های مقاومت کششی به هر دو عامل مواد و وسایل وابسته است. روش‌ها و وسایل متفاوت چسباندن نتایج متفاوتی خواهند داشت و نمی‌تواند به طور مستقیم آن‌ها را با هم مقایسه کرد.

این روش می‌تواند مخرب باشد. ممکن است تعمیرات نقطه‌ای لازم باشد. نتایج این روش آزمون در یک بخش بریده شده از مواد پلیمری تقویت شده با الیاف خواهند بود پس روش‌های مرمت باید عامل بالقوه جذب رطوبت از این بخش بریده شده را نیز در نظر بگیرند.

قبل از نصب و اتصال تعدادی از سامانه‌های چسبنده پلیمری تقویت شده با الیاف، بستر بتنی باید مرمت شود (اغلب حجم آسیب‌دیده روکش می‌شود). این استاندارد برای مقاومت کششی مواد پلیمری تقویت شده با الیاف از قسمت مرمت شده مناسب نیست. در این استاندارد بستر به معنی بتن یا مواد مرمت بتن است که به مواد پلیمری تقویت شده با الیاف چسبیده‌اند.

مقاومت کششی یک سامانه اتصال پلیمری تقویت شده با الیاف برای مشخصه کاربرد که در ویژگی‌ها به کار برده می‌شود، به خصوص برای آن‌هایی که برای ارزیابی کیفیت استفاده می‌شوند مهم است. این استاندارد به عنوان وسیله‌ای برای یکنواختی آماده‌سازی و آزمون سامانه‌های پلیمری تقویت شده با الیاف و ارزیابی و گزارش نتایج به کار می‌رود.

تغییرات در نتایج به دست آمده توسط تفاوت دستگاه امکان‌پذیر است. بنابراین توصیه می‌شود که نوع دستگاه آزمون چسبندگی (شامل مدل و تولیدکننده) بر اساس توافق طرف‌های ذینفع باشد. این استاندارد برای استفاده در حوزه میدانی و آزمایشگاهی در نظر گرفته شده است.

ویژگی‌های مواد اساسی به دست آمده از این استاندارد می‌تواند در کنترل کیفیت چسبنده‌ها و نظرات برای طراحی سامانه‌های پلیمری تقویت شده با الیاف برای تقویت مقاومت خارجی سازه‌های موجود به کار رود.

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

## ۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات، جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن، مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آنها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

- 2-1 C 125, Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates
- 2-2 D 883, Terminology Relating to Plastics.
- 2-3 D 3878, Terminology for Composite Materials.
- 2-4 D 5229/D 5229M, Test Method for Moisture Absorption Properties and Equilibrium Conditioning of Polymer Matrix Composite Materials
- 2-5 E 6, Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing
- 2-6 E 122, Practice for Calculating Sample Size to Estimate, With a Specified Tolerable Error, the Average for a Characteristic of a Lot or Process

## ۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها و یکاها

### ۱-۳ اصطلاحات و تعاریف

تعاریف و اصطلاحات این استاندارد مطابق با استانداردهای بند ۲-۱، بند ۲-۲ و بند ۳-۲ است.

### ۲-۳ نمادها

D	قطر ثابت‌کننده بارگذاری؛
F <sub>p</sub>	نیروی کشش؛
S <sub>p</sub>	تنش کششی اتصال.

## ۴ خلاصه روش آزمون

آزمون کشش توسط محکم کردن یک ثابت‌کننده بارگذاری مدور<sup>۱</sup> (پیش‌نگه‌دارنده<sup>۲</sup>) عادی (عمود) به سطح تخت یک ورقه پلیمری تقویت شده با الیاف که با چسب چسبیده، انجام می‌شود. وسیله انجام آزمون

1- Circular  
2- Dolly



چسبندگی به یک ثابت کننده بارگذاری معمولی متصل است و برای اعمال تنش عادی به سطح آزمون تنظیم شده است. نیروی اعمال شده به ثابت کننده بارگذاری به تدریج افزایش می یابد و تا زمانی که لایه ای از مواد از سطح رویی صفحه در حد مقاومت چسبنده از سامانه جدا شود، پایش می شود. ماهیت شکست مطابق با درصد چسبندگی و شکست های بهم پیوسته و سطوح مشترک واقعی و لایه های درگیر واجد شرایط است. مقاومت کششی بر اساس ماکسیمم نیروی نمایش داده شده، داده های واسنجی وسایل و مساحت سطح اصلی تحت تنش محاسبه می شود. نتایج مقاومت کششی با استفاده از وسایل متفاوت می تواند مختلف باشد به طوری که نتایج حساس به عوامل دستگاه آزمون هستند.

## ۵ تداخل ها

**۱-۵ مواد و آماده سازی آزمون، آماده سازی نامناسب سطح مواد کامپوزیتی قبل از اتصال ثابت کننده**  
مدور بارگذاری باعث شکست پیش از موعد مقرر در این سطح مشترک می شود. عمل آوری نامناسب چسب اتصال نیز می تواند باعث شکست پیش از موعد مقرر در این سطح مشترک می شود. یکنواخت نبودن ضخامت مواد پلیمری تقویت شده با الیاف یا پلیمری تقویت شده با الیاف چسبیده به بستر در یک آزمون می تواند نتایج منفرد آزمون را تحت تاثیر قرار دهد و منجر به یک الگوی نامتقارن و شیوه مختلط شکست شود. تغییر در ضخامت مواد پلیمری تقویت شده با الیاف یا چسب بین آزمون ها می تواند باعث اریبی یا پراکندگی در نتایج آزمون شود. ثابت کردن نامناسب دستگاه برش دهنده سوراخ نسبت به آزمون می تواند منجر به یک سوراخ غیردایره ای یا آسیب به کامپوزیت پلیمری تقویت شده با الیاف یا سطح مشترک بستر در پیرامون سوراخ شود. این امر می تواند باعث اریبی یا پراکندگی در نتایج آزمون و یک الگوی نامتقارن و شیوه مختلط شکست شود.

**۲-۵ وسیله آزمون چسب، هم ترازی نامناسب گیره آزمون کننده چسب (به بند ۶-۱-۳ مراجعه کنید)**  
می تواند منجر به اریبی یا پراکندگی در نتایج آزمون و یک الگوی نامتقارن و شیوه مختلط شکست شود. اختلاف در سرعت بارگذاری بین آزمون ها می تواند باعث اریبی یا پراکندگی در نتایج آزمون شود.

**۳-۵ شرایط محیطی در زمان انجام آزمون، انجام آزمون در دماها یا رطوبت نسبی غیراستاندارد**  
ممکن است نتایج آزمون را تحت تاثیر قرار دهد. از جمله آزمون های آزمون شده در شرایط میدانی نیز باید یادداشت شوند.

## ۶ وسایل

**۱-۶ وسیله ثابت شده هم ترازی آزمون چسبندگی، یک دستگاه قابل دسترسی از نظر تجاری یا قابل مقایسه با آن که در ادامه ویژگی های آن ذکر شده است. یک مثال خاص از دستگاه آزمون مناسب و در دسترس در پیوست الف ذکر شده است.**

۶-۱-۱ دستگاه آزمون شامل ثابت‌کننده‌های بارگذاری مدور، پیچ‌های<sup>۱</sup> با سرهای کروی که در مرکز یک ثابت‌کننده پیچیده شده‌اند، یک مفصل<sup>۲</sup> در مجموعه آزمون‌کننده که سر پیچ را نگه می‌دارد، سنج فشار یا نیروسنج<sup>۳</sup> و وسایل هیدرولیکی یا پنوماتیکی اعمال نیرو به شیوه کنترل شده است.

۶-۱-۲ ثابت‌کننده بارگذاری، دارای حداقل قطر ۵۰mm، یک سطح صاف بر روی یک انتها که می‌تواند به سطح پلیمری تقویت شده با الیاف بچسبد و انتهای دیگر آن به دستگاه متصل شده است.

۶-۱-۳ گیره دستگاه آزمون چسبندگی، دارای یک گیره مرکزی که طوری با ثابت‌کننده بارگذاری درگیر است که نیروی حاصل را به طور عادی (به طور معمول با یک سر کروی تحمل‌کننده بار) به سطح پلیمری تقویت شده با الیاف اعمال کند.

۶-۱-۴ پایه دستگاه آزمون چسبندگی، تحمل یک بار یکنواخت بر روی سطح پلیمری تقویت شده با الیاف را که به نیروی آزمون واکنش می‌دهد را میسر می‌سازد.

۶-۱-۵ ابزار حرکت، گیره را بیرون از پایه با شیوه‌ای نرم و پیوسته حرکت داده به طوری که نیروهای بدون تنش و هم‌محور (مخالف کشش گیره و هل دادن گیره در طول محورهای مشابه) در بین آن‌ها به وجود آید.

۶-۱-۶ زمان‌سنج، یا ابزار تعیین سرعت تنش که به سطح مشترک پلیمری تقویت شده با الیاف در آزمون، کمتر از ۱MPa/min نیرو اعمال نشود. زمان‌سنج حداقل ابزاری است که هم‌زمان با شاخص نیرو در بند ۶-۱-۷ توسط آزمون‌کننده استفاده می‌شود.

۶-۱-۷ شاخص نیرو و اطلاعات واسنجی، برای تعیین نیروی واقعی ارایه شده به ثابت‌کننده نیرو به کار می‌رود.

۶-۲ ثابت‌کننده بارگذاری چسب اتصال، برای تامین ثبات به ورقه پلیمری تقویت شده با الیاف به طوری که ویژگی‌ها تحت تاثیر قرار نگیرند، به کار می‌رود. چسب اتصال باید دارای ظرفیت کشش بزرگ‌تر از ظرفیت کششی پیش‌بینی شده برای سامانه پلیمری تقویت شده با الیاف و بستر بتنی بوده و مناسب برای تخفیف در شکست نوع A باشد (به بند ۱۱-۲-۱ مراجعه کنید). دو نوع چسب اپوکسی برای این کار مناسب هستند.

۶-۳ برش‌دهنده سوراخ دایره‌ای، دارای قطر داخلی برابر با ثابت‌کننده بارگذاری با علامت‌گذاری ورقه پلیمری تقویت شده با الیاف داخل بستر پیرامون ثابت‌کننده بارگذاری است. حفره بریده شده نباید آسیبی به ورقه پلیمری تقویت شده با الیاف برساند در حالی که علامت‌گذاری در میان آن است؛ بنابراین یک اره الماسه سوراخ درشت دیواره نازک مناسب است. در بیش‌تر موارد، می‌توان از یک مرکز سوراخ‌شده محوری برای تسهیل عملیات نشانه‌گذاری بدون تنش تحت تاثیر قرار دادن نتایج استفاده کرد.

---

1- Screws  
2- Socket  
3- Dynamometer

## ۷ آماده‌سازی آزمون‌ها و نمونه‌برداری

۱-۷ سامانه پلیمری تقویت شده با الیاف طبق روش توصیه شده تولیدکننده در سطح بتن به کار می‌رود. دستورالعمل تولیدکننده باید در زمان سپری شده بین کاربرد مواد پلیمری تقویت شده با الیاف و انجام آزمون کشش دنبال شود.

۲-۷ نمونه‌برداری، حداقل پنج آزمون برای هر شرایط آزمون می‌شود به جز مواردی که می‌توان نتیجه صحیح را با استفاده از آزمون‌های کمتری به دست آورد. برای داشتن اطلاعات آماری معنادار باید از دستورکار ارایه شده در استاندارد بند ۲-۶ استفاده شود. روش نمونه‌برداری باید گزارش شود.

## ۸ واسنجی

باید در زمان استفاده از دستگاه‌ها، دقت همه وسایل اندازه‌گیری، گواهی‌نامه واسنجی داشته باشد.

## ۹ مشروط کردن

۱-۹ این آزمایش می‌تواند برای ارزیابی تاثیرات مختلف از جمله آماده‌سازی سطح بتن، شرایط گیرش چسب، قرارگرفتن در معرض آب گرم، قرارگرفتن در معرض شرایط محیطی (برای محلول آلكالی) کامل شود. در این موارد آزمون‌ها باید همان‌طور که در دستورالعمل‌های الحاقی مشخص شده، آماده‌سازی شوند.

۲-۹ اگر شرایط دیگری مشخص نشده باشد، شرایط قبل از آزمون توصیه شده، رطوبت موثر متعادل شده در یک رطوبت نسبی مشخص شده توسط استاندارد بند ۲-۴ است. بنابراین اگر درخواست‌کننده آزمون به صراحت شرایط محیطی آزمون را مشخص نکرده باشد، شرطی‌سازی لازم نیست و آزمون‌ها را می‌توان همان‌طور که آماده شده، آزمون کرد.

۳-۹ اگر شرطی‌سازی اولیه کامل شده، فرآیند شرطی‌سازی آزمون پیش‌آزمون شود و وضعیت سطوح در مواجهه با شرایط محیطی مشخص شده و باید با اطلاعات آزمون گزارش شوند.

۴-۹ اگر هیچ فرآیند شرطی‌سازی بر روی آزمون انجام نشده، آزمون باید به عنوان مشروط نشده و محتوای رطوبت آن به عنوان ناشناخته گزارش شود.

یادآوری - اصطلاح رطوبت، همان‌طور که در استاندارد بند ۲-۴ استفاده شده فقط شامل بخار مایع و میعانات آن نیست اما مایع خودش در مقادیر زیاد برای غوطه‌وری به کار می‌رود.

## ۱۰ روش انجام آزمون

۱-۱۰ با توجه به برنامه نمونه‌برداری، یک منطقه تخت را برای اندازه‌گیری انتخاب کنید.

۲-۱۰ یک ثابت‌کننده بارگذاری دایره‌ای با قطری که نباید کمتر از ۵۰mm باشد را انتخاب کنید. برای اتصال مواد پلیمری تقویت شده با الیاف به بستر بتنی که دارای دانه‌بندی اندازه بزرگ است، می‌توان از ثابت‌کننده بارگذاری بزرگ‌تر استفاده شود.

یادآوری ۱- قطر ثابت‌کننده بارگذاری، توسط ابعاد و ظرفیت وسیله آزمون تعیین می‌شود. برای قطرهای بزرگ‌تر از ۵۰mm صرف‌نظر از اندازه دانه‌بندی اطلاعات کمی در دسترس است پس به طور کلی قطر ۵۰mm برای ثابت‌کننده آزمون مناسب خواهد بود.

- ۱۰-۳ سراسر ورقه پلیمری تقویت شده با الیاف داخل بستر بتنی را با یک دستگاه مته مغزه‌گیری<sup>۱</sup> بتن علامت‌گذاری کنید. دایره حک شده (که با قطر داخلی مته مغزه‌گیری بتن برابر است) باید دارای همان قطری که در ثابت‌کننده بارگذاری استفاده شده، باشد. مغزه باید در میان لایه پلیمری تقویت شده با الیاف و لایه‌های چسب و داخل بستر بتنی به عمق بین ۶mm تا ۱۲mm حفر شود.
- ۱۰-۳-۱ آزمون‌کننده باید از تقویت داخلی موجود (میلگرد) آگاه باشد. تحت هیچ شرایطی نباید مغزه از میان بخش تقویت شده بریده شود.
- ۱۰-۴ سطح پلیمری تقویت شده با الیاف را برای اتصال ثابت‌کننده آماده‌سازی کنید. به طور کلی، سطح پلیمری تقویت شده با الیاف باید توسط محلول تمیز، با کاغذ سمباده ساییده، با محلول شسته شده و خشک شود.
- یادآوری ۲- به طور کلی، هر سطح آماده‌سازی شده از پلیمری تقویت شده با الیاف که نتایج آن در آزمون چسب ثابت‌کننده در جلوگیری از وقوع شکست نوع A مناسب است (به بند ۱۱-۲-۱ مراجعه کنید)، پذیرفته شده است.
- ۱۰-۵ ثابت‌کننده بارگذاری را به چسب اتصال طراحی شده طبق دستورالعمل تولیدکننده متصل کنید. چسب اتصال باید زمان کافی برای عمل‌آوری داشته باشد تا شکست نوع A (به بند ۱۱-۲-۱ مراجعه کنید) اتفاق نیافتد.
- ۱۰-۶ گیره مرکزی آزمونگر چسبندگی را به دقت به ثابت‌کننده بارگذاری نمونه بدون ضربه‌زدن، خمش یا سایر تنش‌ها متصل کنید و مجموعه را به مکانیسم کنترل‌کننده‌اش متصل کنید. برای سطوح غیرافقی، به طوری مجموعه آزمونگر چسبندگی را نگه دارید که وزن آن به نیروی اعمال شده در آزمون اضافه نشود.
- ۱۰-۷ وسیله را مطابق با دستورالعمل تولیدکننده تراز کرده و شاخص نیرو را روی صفر تنظیم کنید.
- ۱۰-۸ بارگذاری را دستی یا ماشینی طوری اعمال کنید که نتایج حرکت مجموعه گیره به طور پیوسته در سرعت اعمال تنش عادی در سطح مشترک بتن-پلیمری تقویت شده با الیاف کمتر از ۱MPa/min نشده تا زمانی که گسیختگی اتفاق بیافتد.
- ۱۰-۹ نیروی کشش اندازه‌گیری شده را ثبت کرده و ماهیت شکست را رسم کنید.
- ۱۰-۱۰ اگر تکه‌ای از مواد جدا شود، آزمون را برچسب بزنید و نگهداری کنید که دربردارنده اتصال ثابت‌کننده بارگذاری برای صلاحیت سطح شکست در مطابقت با دستورالعمل آزمون است.
- ۱۰-۱۱ هرگونه انحراف از روش آزمون همانند امکان غیرهم‌محوری، توقف در اعمال نیرو و همانند این‌ها را گزارش کنید.

## ۱۱ محاسبات و تفسیر نتایج

۱-۱۱ محاسبات، مقاومت کشش اتصال یا استحکام بتن را همان‌طور که در ادامه آمده، محاسبه و ثبت کنید:

$$\sigma_p = \frac{4F_p}{\pi D^2} \quad (۱)$$

که در آن:

$\sigma_p$  مقاومت کششی اتصال، بر حسب MPa؛

$F_p$  نیروی کششی، بر حسب N؛

$D$  قطر ثابت‌کننده بارگذاری، بر حسب mm است.

یادآوری ۱- در بعضی موارد، با اطمینان از این که عوامل واسنجی صحیح هستند، به طور خودکار توسط شاخص آزمون‌گر نیروی چسبندگی محاسبه می‌شود.

۱-۱-۱۱ شاخص‌های آماری، برای هر سری از محاسبات آزمون‌ها مقادیر میانگین، انحراف معیار و ضریب همبستگی (بر حسب %) مقاومت کششی را مطابق با معادلات زیر به دست آورید:

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

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

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

که در آن‌ها:

$\bar{x}$  میانگین نمونه؛

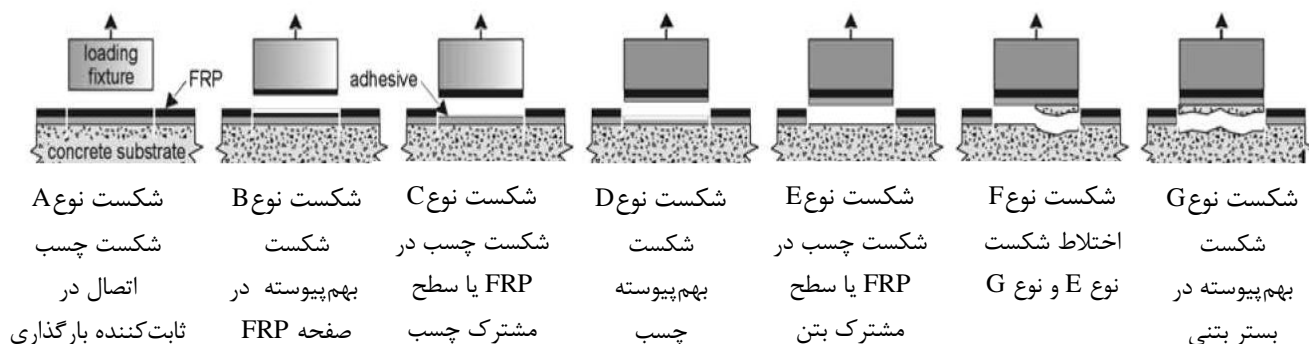
$S_{n-1}$  انحراف استاندارد نمونه؛

$CV$  ضریب همبستگی بر حسب %؛

$n$  تعداد آزمون‌های آزمون شده؛

$X_i$  اهداف اندازه‌گیری شده یا به دست آمده است.

۱۱-۲ بیان نتایج، چسبندگی صفحه پلیمری تقویت شده با الیاف به سطح بتن لازم است تا عضو بتنی قادر باشد نیرو را به داخل پلیمری تقویت شده با الیاف منتقل کند. سطح مشترک اتصال و مقاومت (کیفی) خود بتن مهم هستند. شیوه‌های ممکن شکست در این آزمون کشش در شکل نشان داده شده و در زیر آن توصیف شده‌اند:



شکل ۱- شیوه‌های شکست برای آزمون کشش

۱۱-۲-۱ شکست نوع A: شکست چسب اتصال در ثابت کننده بارگذاری، نوع شکست برای این آزمون قابل قبول نیست و نشان دهنده استفاده از سامانه چسبیده نامناسب برای الحاق ثابت کننده بارگذاری است.

۱۱-۲-۲ شکست نوع B: شکست بهم پیوسته در صفحه پلیمری تقویت شده با الیاف، (قسمت الف شکل ۲) شاخصی از ضعف در ویژگی ضخامت میانی مواد پلیمری تقویت شده با الیاف است. این شکست‌ها ممکن است به علت خروج ناقص رطوبت الیاف یا لایه‌های تشکیل دهنده ورقه پلیمری تقویت شده با الیاف باشد. همچنین ممکن است این شکست‌ها ناشی از فرسایش محیطی مواد پلیمری تقویت شده با الیاف باشد.

۱۱-۲-۳ شکست نوع C و نوع E: شکست چسب در پلیمر تقویت شده با الیاف یا سطح مشترک چسب، شاخصی از ضعف در ویژگی ضخامت میانی بوده که ممکن است ناشی از:  
الف- انتخاب نادرست (منطبق) چسب برای مواد جداشده؛

ب- عدم خلوص چسب؛

ج- عمل آوری نادرست یا ناقص چسب؛

د- آماده سازی نادرست یا آلودگی سطوح تمیز شده مواد جداشده یا؛

ه- فرسایش محیطی باشد.

یادآوری ۲- شکست نوع E بسیار معمول تر از نوع C است زیرا عقیده بر این است که آن بازتاب دهنده تغییرات بیش تر در سطح آماده سازی شده بتن و احتمال بیش تر، آلودگی این سطح در هنگام نصب است.

۱۱-۲-۴ شکست نوع D: شکست بهم پیوسته چسب، بعید است که این نوع شکست در کاربردهای مرسوم پلیمر تقویت شده با الیاف مشاهده شود. اگر این نوع شکست مشاهده شود، شاخصی از ضعف در ویژگی چسبندگی بوده که ناشی از آلودگی، عمل آوری ناقص یا فرسایش محیطی است. در این موارد، هرچند نوع C و نوع E بیشتر معمول هستند.

۱۱-۲-۵ شکست نوع F: اختلاط شکست بهم پیوسته در بستر بتنی و شکست چسب در داخل چسب یا سطح مشترک بتنی، به طور معمول در آزمون‌های پلیمر تقویت شده با الیاف مشاهده می شود. عقیده بر این است که این نوع شکست از بستر بتنی آغاز می شود. طرح شکست در بتن غیرمستقیم است پس اگر آن به سطح مشترک چسب- بتن برسد صفحه شکست به احتمال زیاد در ادامه صفحه سطح مشترک باعث این شکست مختلط شده است. معمولاً مشاهده شده که این شکست در میان بتن بر روی یک طرف دایره<sup>۱</sup> و در

میان سطح میانی به سطح دیگر منتشر شده (به قسمت ب شکل ۲ مراجعه شود) و این رفتار توصیف شده را پشتیبانی می‌کند. داشتن شیوه شکست مختلط با پراکندگی شکست بتن در شکست سطح مشترک در عرض سطح دایره نادر است. شکست‌های نوع F با ویژگی‌هایشان برای هر نوع شکست (نوع G و نوع E) گزارش شده‌اند.

۱۱-۲-۶ شکست نوع G: شکست بهم‌پیوسته در بستر بتنی، (قسمت ج شکل ۲) شکست مطلوب است، که نشان‌دهنده یک سامانه چسب-پلیمری تقویت شده با الیاف سالم است. توجه کنید که به دست آمدن شکست نوع G به شکل خودکار به این معنی نیست که نتایج موافق با معیار پذیرش هستند؛ این نوع شکست در بستر بتنی مطلوب است - به عنوان حداقل مولفه قابل کنترل- پس باید پیوند ضعیفی با سامانه اتصال پلیمری تقویت شده با الیاف داشته باشد. در ابتدا، کیفیت پایین بستر یا آماده‌سازی ضعیف سطح منجر به مقادیر پایین مقاومت کششی و شکست نوع G خواهد شد. اندازه شکست مصالح دانه‌ای بتن (به عنوان مخالف با شکست فقط از طریق چسباندن سیمان) گزارش شود.

۱۱-۳ کاربرد ورقه‌های چندلایه، دارای چندین سطح هستند که ممکن است شکست‌های نوع B، C، D یا E اتفاق بیفتد. در این مورد لایه‌ای که در آن شکست اتفاق می‌افتد گزارش شود. به طور معمول لایه نزدیک‌تر به بتن لایه (یا ورقه) شماره ۱ تعیین شده است.

۱۱-۴ صحت، مقادیر خواص نهایی نباید برای هر آزمونه‌ای که به علت عیوب آشکار مردود شده، به جز در مواردی که این عیب به عنوان متغییر مطالعه می‌شود، محاسبه شود. باید برای هر آزمونه‌ای که مقادیر آن محاسبه نشده، آزمون مجدد انجام شود.

۱۱-۴-۱ اگر بخش قابل توجهی از شکست‌ها در یک جمعیت نمونه با شیوه‌های شکست نامطلوب تکرار شود باید وسایل اعمال نیرو به مواد، دوباره آزمون شوند.

## ۱۲ گزارش آزمون

اطلاعات زیر باید به عنوان نتایج آزمون گزارش شوند:

۱-۱۲ ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛

۲-۱۲ توصیفی از آزمون شامل داده‌ها، زمان و آزمون‌کننده، محیط آزمون (آزمایشگاه یا میدانی)، مشخصه‌های سامانه پلیمری تقویت شده با الیاف (هم مواد و هم چسب)، مشخصه‌ها و شرایط بستر بتنی؛

۳-۱۲ دما و رطوبت نسبی و سایر شرایط محیطی در هنگام دوره آزمون و در هنگام شرطی‌سازی اگر آزمونه‌ها مشروط شده باشند؛



- ۴-۱۲ توصیف دستگاه آزمون گر چسب شامل تعیین تولیدکننده، ظرفیت و شماره سریال؛
- ۵-۱۲ اندازه‌گیری‌های ثابت‌کننده بارگذاری شامل قطر و ارتفاع؛
- ۶-۱۲ قطر مغزه علامت‌گذاری شده و عمق نفوذ علامت‌گذاری داخل بستر بتنی؛
- ۷-۱۲ روش نمونه‌برداری و ردیابی نمونه و محل آزمون؛

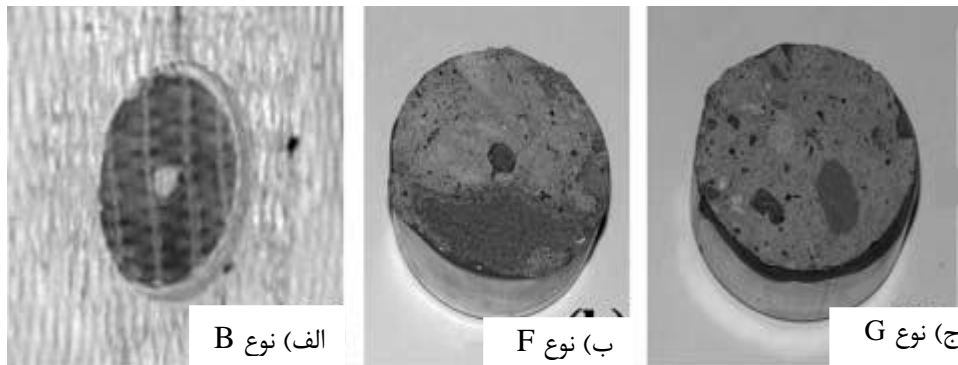
۸-۱۲ مقدار میانگین شکست و مقادیر آماری برای جمعیت نمونه؛

۹-۱۲ تصحیح سازی داده‌ها شامل حذف مقادیر آزمون از محاسبه میانگین و اساس برای مقادیر حذف شده آزمون (همانند نوع شکست). هرگونه انحراف از آزمون را گزارش کنید.

### ۱۳ دقت و اریبی

۱-۱۳ دقت، داده‌های لازم برای توسعه دقت در این روش آزمون در دسترس نیستند. دقت به عنوان درجه‌ای از توافق متقابل بین اندازه‌گیری‌های منفرد که نمی‌تواند تخمین زده شود، تعریف می‌شود زیرا مقدار داده‌ها کافی نیست.

۱-۱۳ اریبی، اریبی را نمی‌توان برای این روش آزمون تعیین کرد و مرجع قابل‌قبولی برای ارجاع استاندارد وجود ندارد.



شکل ۲- نوع شکست

## پیوست الف (الزامی)

### دستگاه آزمون چسبندگی ثابت شده هم‌تراز

#### الف-۱ دستگاه

الف-۱-۱ همان‌طور که در شکل الف-۱ نشان داده شده، یک دستگاه آزمون قابل حمل با تراز ثابت شده از الزامات این روش آزمون است.

الف-۱-۲ دستگاه شامل یک ثابت‌کننده بارگذاری آلومینیومی جداشدنی با قطر ۵۰mm، پیچ با سرهای کروی که در مرکز ثابت‌کننده پیچیده شده، یک مفصل در مجموعه آزمون که پیچ را نگه می‌دارد، نیروسنج، چرخ و دسته است.

الف-۱-۳ در حال حاضر، چهار مدل آزمونگر با ماکسیمم نیروی به ترتیب ۶kN، ۱۶kN، ۲۵kN و ۵۰kN در دسترس است. نسخه‌های دارای فشارسنج‌های رقومی<sup>۱</sup> یا وسایل نشانگر مجزا در دسترس هستند. برای یک ثابت‌کننده‌ها با قطر ۵۰mm مطابق با مقاومت کششی اتصال در محدوده ۰ MPa تا ۸,۱۵MPa است.

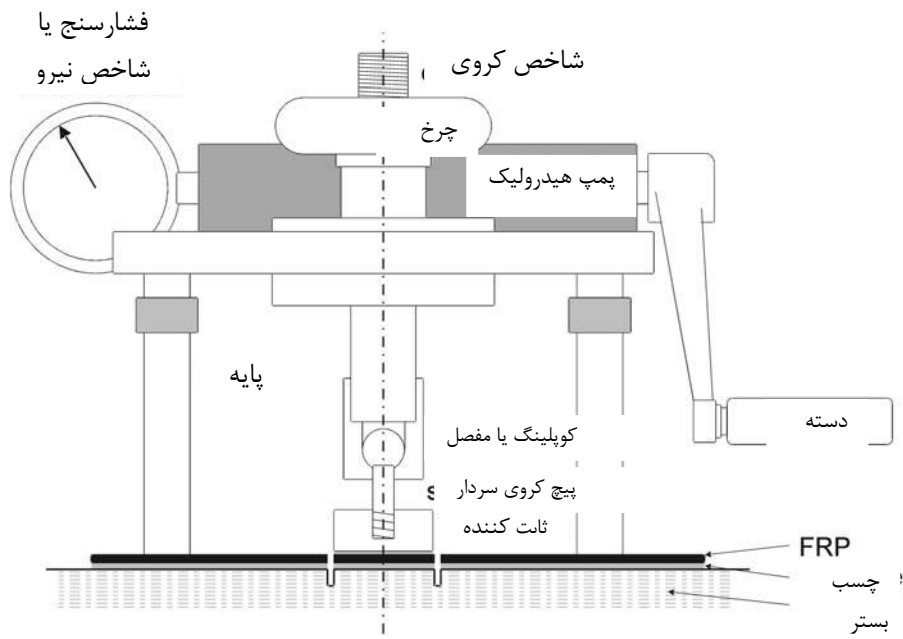
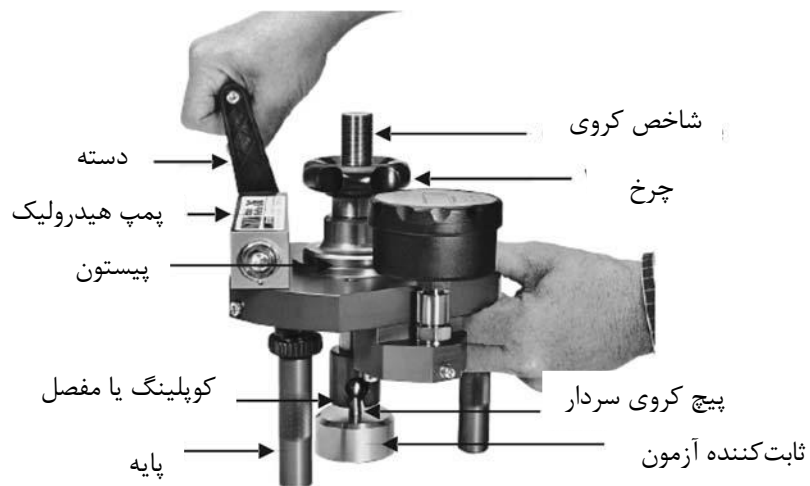
الف-۱-۴ دستگاه‌های دیگر کشش نیز که قادر به هل دادن ثابت‌کننده‌های بارگذاری آلومینیومی با قطر ۵۰mm از سطح، همان‌طور که در بند ۱۰ توصیف شده‌اند، می‌توانند برای استفاده در این روش آزمون مناسب باشند.

#### الف-۲ روش انجام آزمون:

الف-۲-۱ روش اصلی توصیف شده در بند ۱۰ را ادامه دهید. روش‌های آزمون مشخص شده با این وسایل در این بخش توصیف شده‌اند.

الف-۲-۲ همان‌طور که در راه‌اندازی وسایل توصیف شده وسایل را روی صفر تنظیم کنید.

الف-۲-۳ بعد از ثابت کردن ثابت‌کننده بارگذاری به بستر بتنی، یک پیچ با سر کروی را در داخل مرکز ثابت‌کننده قرار دهید. وسایل آزمون را بر روی دیسک فلزی قرار دهید. سپس با استفاده از چرخ دنداندار، سرپیچ کروی را داخل مفصل پایه دستگاه قرار دهید. در اولین اتفاق مکانیکی، هنگامی که چرخ با مقاومت مکانیکی کوچکی مواجه شود، متوقف می‌شود. آزمون‌ها را توسط چرخش پیوسته دسته در جهت عقربه‌های ساعت با سرعت بارگذاری مشخص شده کامل کنید. بعد از هر آزمون، دسته را جهت خلاف عقربه‌های ساعت بچرخانید تا مفصل به حالت اول برگردد.



شکل الف-۱- دستگاه آزمون چسبندگی تراز ثابت شده