



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران
۲۰۵۶۷
چاپ اول
۱۳۹۴

INSO
20567

1 st . Edition
2016

بتن - طراحی سازه‌های بتنی با استفاده از
مواد پلیمری تقویت شده با الیاف (FRP) - آئین
کار

Concrete - Design of Concrete Structures
Using Fibre- Reinforced Polymer (FRP)
Materials- Performance Guidelines

ICS:83.120; 91.100.30; 91.080.40

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.org.ir

وبگاه: <http://www.isiri.org>

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.1294 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.org.ir

Website: <http://www.isiri.org>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بندیک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین ومقررات 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.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود 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، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذینفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود 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 می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذیصلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، 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 کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، 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 for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4-Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«بتن - طراحی سازه‌های بتنی با استفاده از مواد پلیمری تقویت شده بالیاف (FRP) - آئین کار»

رئیس:

کارگر دولت آبادی، جواد
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

سمت و/یا محل اشتغال:

دانشگاه آزاد اسلامی واحد زرقان

دبیر:

امیری ابوالوردی، داریوش
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

اداره کل استاندارد فارس

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

ابراهیم، الهام

(کارشناسی شیمی کاربردی)

پژوهشگاه استاندارد - گروه پژوهشی پتروشیمی

باصری، غلامرضا

(کارشناس ارشد مهندسی پلیمر)

هیئت علمی گروه مهندسی پلیمر دانشگاه آزاد اسلامی داراب

بزرگی، علی

(کارشناس ارشد مهندسی پلیمر)

موسسه تحقیقاتی رنگ امیرکبیر (مترا)

جعفرپور، فاطمه

(کارشناس شیمی)

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

حسینی کشکولی، جهانگیر

(کارشناس مهندسی عمران)

اداره راه و شهرسازی شهرستان شیراز

خضرا، بابک

(کارشناس مهندسی عمران)

اداره کل استاندارد فارس

رزمی، ابراهیم

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

اداره کل راه و شهرسازی فارس

اداره راه و شهرسازی شهرستان شیراز

عبداللهی، محمد مهدی
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

اداره کل استاندارد فارس

فرشادی، فرنگیس
(کارشناس ارشد شیمی)

اداره کل استاندارد فارس

محرری، حسن
(کارشناس مهندسی عمران)

اداره کل استاندارد فارس

مصلایی، مهرداد
(کارشناس ارشد مهندسی شیمی)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ج	۱ آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران
د	۲ کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ز	۳ پیش‌گفتار
۱	۴ هدف و دامنه کاربرد
۱	۵ مراجع الزامی
۲	۶ اصطلاحات و تعاریف
۳	۷ اصول طراحی
۳	۸ ویژگی‌های مصالح
۴	۹ تحلیل سازه‌ای
۵	۱۰ حالت حدی قابلیت بهره‌برداری
۶	۱۱ حالت حدی نهایی
۷	۱۲ جزئیات عمومی سازه

پیش‌گفتار

استاندارد «بتن - طراحی سازه‌های بتنی با استفاده از مواد پلیمری تقویت شده با الیاف (FRP) - آئین کار» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده است، در یک هزار و چهارصد و چهل و نهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد صنایع شیمیایی و پلیمر مورخ ۹۴/۱۲/۱۸ تصویب شد. اینک این استاندارد 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.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران - ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون‌های مربوط موردتوجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

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

ISO 14484:2013, Performance guidelines for design of concrete structures using fibre-reinforced polymer (FRP) materials

بتن - طراحی سازه‌های بتنی با استفاده از مواد پلیمری تقویت شده با الیاف (FRP) - آئین کار

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، فراهم نمودن اصول کلی تایید و ارزیابی عملکرد سازه‌های بتنی است که در آن‌ها سامانه‌های مختلف FRP به کار رفته است. این سامانه‌ها می‌تواند شامل مسلح‌کننده‌ها یا اعضای داخلی ساخته شده از FRP سطحی باشد. این استاندارد را می‌توان به منظور ایجاد هماهنگی بین المللی در طراحی سازه‌های بتنی غیرمسلح، مسلح شده به روش‌های معمول و پیش تنیده بر اساس سامانه‌های FRP اشاره شده در بالا استفاده کرد.

۲ مراجع الزامی^۱

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد لازم است.

استفاده از مراجع زیر در کاربرد این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۲۸۲، بتن - الزامات عملکرد و ارزیابی برای استانداردهای طراحی بتن سازه‌ای

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۴۷۶۱، پلیمر تقویت شده با الیاف (FRP) برای تسلیح بتن - روش‌های آزمون قسمت ۱ - میله و رشته‌های FRP

2-3 ISO2394, General principles on reliability for structures

2-4 ISO 10406-2, fibre-reinforced polymer (FRP) reinforcement of concrete-Test methods-part 2:FRP sheets

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف استانداردهای ملی ایران شماره ۱-۱۴۷۶۱، استاندارد ISO2394، ISO10406-2 و استاندارد ملی شماره ۱۲۲۸۲ اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود.

۱-۳

چسبندگی

bonding

پیوند بین FRP و زیرکارها است.

۲-۳

زیرکار بتنی

concrete substrate

بتن یا هر ماده‌ای چسباننده‌ای که برای مرمت یا جایگزینی بتن اصلی به کار می‌رود. یادآوری ۱- زیرکار می‌تواند کاملاً بتن خالص، مصالح تعمیراتی یا ترکیبی از این دو باشد.

۳-۳

گسیختگی

debonding

جداشدن سطح مشترک بین زیرکار و مواد FRP چسبیده به سطح خارجی یا مواد FRP سطحی است.

۴-۳

مواد پلیمری تقویت شده با الیاف

FRP material

ترکیب مواد غیرمشابه با یک ساختار پلیمری و الیاف پیوسته تقویت کننده از جنس آرامید، کربن، شیشه و غیره است.

۵-۳

مسلح کننده‌های سطحی FRP

Near-surface mounted (NSM) FRP reinforcement

میله یا نوار FRP که داخل یک شیار در نزدیکی سطح یک ترکیب سازه‌ای محصور می‌شود.

۳-۶

صفحه‌ی FRP

FRP plate

یک یا چند لایه از الیاف یا شبکه تقویتی به هم چسبیده در یک مخلوط رزینی که قبل از استفاده عمل‌آوری شده باشد.

۳-۷

ورقه FRP

FRP sheet

جزء خشک و انعطاف‌پذیر که دارای الیاف پیوسته و ردیف شده در یک یا چند جهت بوده و برای تشکیل یک لایه باعرض و طول محدود از الیاف در یک صفحه نگه داشته شده و در سامانه‌های ذخیره‌ای مرطوب استفاده می‌شود.

۴ اصول طراحی

۴-۱ کلیات

توصیه میشود در طراحی سازه‌های بتنی با مواد FRP ایمنی، قابلیت استفاده و قابلیت انبارش طی طول عمر مفید در نظر گرفته شود.

توصیه میشود حالت حدی بوجود آمده بوسیله آتش، رفتارهای ناشی از زلزله یا دیگر بارگذاری‌ها و رفتارهای بیش از حد در نظر گرفته شود.

توصیه می‌شود علاوه بر موارد فوق موارد اقتصادی نیز مد نظر قرار گیرد. توصیه می‌شود برای تأیید انطباق الزامات کاربردی سازه‌های بتنی با مواد FRP بر حسب حالت‌های حدی مانند حالت‌های حدی قابلیت بهره‌برداری و حالت‌های حدی نهایی بر اساس استاندارد ISO 2394، تجزیه و تحلیل مناسبی انجام شود.

۴-۲ روش طراحی

توصیه می‌شود روش طراحی سازه‌های بتنی با مواد FRP، بر اساس ارزیابی عملکرد کمی در حالت حدی نهایی باشد.

توصیه میشود یک روش منطقی برای تجزیه و تحلیل در شرایط حالت حدی نهایی به تصویب برسد. در طراحی سازه‌های بتنی با مواد FRP، توصیه میشود خواص الاستیک خطی مواد FRP و خواص چسبندگی بین FRP و بتن، بر اساس ارزیابی عملکرد کمی حالت‌های حدی نهایی در نظر گرفته شود.

۵ ویژگی‌های مصالح

۵-۱ ویژگی‌های بتن و فولاد

توصیه می شود ویژگی‌های بتن و فولاد بر اساس ویژگی‌های بتن سازه‌ای استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۲۸۲ تعیین شود. در صورت ارتقاء سازه‌های بتنی با مواد FRP، به جای استفاده از مقادیر مقاومت مصالح به کار رفته در طراحی اصلی، توصیه می شود مقاومت بتن و فولاد بر اساس ملاحظات شرایط محل تعیین شود، از جمله این شرایط می توان به مصالح پیمانه شده و ویژگی‌های هندسی سازه‌های بتنی اشاره کرد.

۵-۲ ویژگی‌های مواد FRP

۵-۲-۱ کلیات

توصیه می شود مواد FRP استفاده شده در بتن از موادی باشد که از نظر ویژگی‌های کیفی و عملکردی با شرایط محیطی که سازه در آن قرار دارد، سازگار باشد. معمولاً ویژگی‌های مواد FRP، توصیه می شود بر اساس الزامات معتبر طراحی تعریف شود. مقاومت فشاری مواد FRP نباید در طراحی لحاظ شود. از آنجایی که با افزایش دما، مقاومت و سفتی مواد FRP کاهش می یابد، توصیه می شود در صورت لزوم ویژگی‌های حساسیت به دما به طور مناسب در طراحی لحاظ شود.

۵-۲-۲ میله‌ها، شبکه‌ها و صفحه‌های FRP

توصیه می شود ویژگی‌های میله‌ها، شبکه‌ها و صفحه‌های FRP، بر اساس استاندارد ISO 10406-2 تعیین شود.

۵-۲-۳ ورقه‌های FRP

توصیه می شود ویژگی‌های این ورقه‌ها بر اساس استاندارد ISO 10406-2 تعیین شود.

۵-۲-۴ انواع دیگر سامانه‌های FRP

توصیه می شود ویژگی‌های انواع دیگر سامانه‌های FRP براساس روش‌های آزمون مناسب، با توجه به کاربردهای موردنظر تعیین شود.

۵-۳ رزین‌ها

توصیه می شود ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی رزین‌ها (ساختار الیاف و مواد چسباننده)، بر اساس استانداردهای مناسب مانند استانداردهای ملی و بین المللی تعیین شود.

۶ تحلیل سازه‌ای

توصیه میشود تحلیل سازه‌ای سازه‌های بتنی با مواد FRP شامل تعیین واکنش سازه‌ای برای بررسی حالت حدی مانند حالت حدی نهایی و حالت حدی قابلیت بهره برداری باشد.

به طور کلی، روش‌های تجزیه سازه‌ای بیان شده در استاندارد ملی شماره ۱۲۲۸۲، برای بتن سازه‌ای با مصالح تقویتی سنتی، ممکن است برای سازه‌های بتنی بامواد FRP استفاده شود.

در تحلیل سازه‌ای سازه‌های بتنی با مواد FRP، باید ویژگی‌های الاستیک خطی مصالح FRP و شکست ناشی از گسیختگی بین FRP و بتن را که گسترش شکل‌پذیری در سازه را محدود می‌کند، در نظر گرفته شود.

به طور کلی نباید هیچگونه توزیع بار گشتاور در نظر گرفته شود، مگر به گونه دیگری مشخص شده باشد.

۷ حالت حدی قابلیت بهره‌برداری

۱-۷ کلیات

به منظور تأمین عملکرد سازه‌های بتنی با مواد FRP تحت شرایط بهره‌برداری در طول عمر طراحی، توصیه میشود حالت حدی قابلیت بهره‌برداری تأیید شود.

۲-۷ محاسبه تنش و کرنش

جزء در موارد استثناء، توصیه میشود از روش تحلیل خطی برای محاسبه‌ی تنش‌ها و کرنش‌های موجود در مقاطع اعضاء تحت بهره‌برداری FRP استفاده شود.

توصیه میشود در صورت ارتقاء سازه‌های بتنی با مواد FRP، تنش‌های اولیه موجود در مقاطع اعضاء که ناشی از بارهای دائمی قبل از ارتقاء FRP می‌باشند، به‌طور ویژه در تحلیل لحاظ شوند.

۳-۷ ترک

۱-۳-۷ عرض ترک مجاز

توصیه میشود عرض ترک مجاز بر اساس نوع کاربرد سازه، شرایط محیطی و شرایط عضو و غیره تعیین شده و هنگام تعیین عرض ترک مجاز، ویژگی غیرخورندگی FRP در نظر گرفته شود.

۲-۳-۷ ترک‌های کششی و خمشی

توصیه می‌شود عرض ترک محاسبه شده از عرض ترک مجاز کوچک‌تر باشد.

از معادلات شرطی برای محاسبه‌ی عرض ترک‌های کششی و خمشی می‌توان استفاده کرد، به شرط آن که معادله با در نظر گرفتن سفتی FRP و ویژگی‌های چسبندگی بین FRP و بتن، اصلاح شود.

در سازه‌های بتنی که از FRP فقط به عنوان تقویت استفاده می‌شود، ممکن است لازم نباشد، که از نقطه نظر دوام، محدودیتی برای عرض ترک کششی و خمشی در نظر گرفته شود.

۷-۳-۳ ترک‌های برشی و پیچشی

توصیه می‌شود در صورت لزوم، عرض ترک‌های برشی و پیچشی با روش‌های مناسبی مشخص شود.

۷-۴ خیزها

توصیه می‌شود جابجایی‌ها و تغییر شکل‌های سازه‌های بتنی با مواد FRP، با الزامات آیین‌نامه طراحی موجود برای بتن سازه‌ای با مصالح تقویتی سنتی مطابق باشد.

توصیه می‌شود مدل طراحی قابل قبول برای محاسبه‌ی جابجایی‌ها و تغییر شکل‌ها قادر به پیش‌بینی منطقی رفتار واقعی سازه، در صورت لزوم ملاحظه کافی ترک و چسبندگی بین FRP و بتن باشد.

۸ حالت حدی نهایی

۸-۱ کلیات

توصیه می‌شود حالت حدی نهایی طوری در نظر گرفته شود که بتواند عملکرد سازه‌های بتنی با مواد FRP را تحت شرایط نهایی در طول عمر طراحی تأمین نماید.

۸-۲ ظرفیت محوری و خمشی

۸-۲-۱ مقاومت محوری و ظرفیت تغییر شکل

مواد FRP هم راستا با نیروهای فشاری، نباید در محاسبات مقاومت در نظر گرفته شوند. چنانچه در مواردی FRP محدودیت کمانشی داشته باشد، باید مقاومت محوری و ظرفیت تغییر شکل اعضای سازه‌ای از طریق مدل‌سازی مناسب مهار جانبی ایجاد شده توسط FRP، تعیین شود.

۸-۲-۲ مقاومت خمشی و ظرفیت تغییر شکل

توصیه می‌شود مقاومت خمشی و ظرفیت تغییر شکل اعضای سازه‌ای با مواد FRP، با استفاده از روش‌های مناسب و با در نظر گرفتن فرآیندهای شکست مربوط به خرد شدگی بتن و پاره گی FRP در حالت نهایی، تعیین شود.

توصیه می شود در صورت استفاده از ورقه ها و صفحه های FRP و NSM FRP به عنوان تقویت کننده، جدا شدن احتمالی FRP از لایه های بتنی در نظر گرفته شود.

توصیه میشود تحلیل مقاومت خمشی اعضای بتنی با مواد FRP، برای موارد زیر در نظر گرفته شود:

الف- رفتار غیرخطی تنش - کرنش بتن؛

ب- رابطه ی تنش - کرنش تقویت فولادی؛

پ- رابطه ی تنش - کرنش و پارگی FRP؛

ت- سازگاری کرنش.

۸-۳ ظرفیت برشی

۸-۳-۱ مقاومت برشی

توصیه می شود مقاومت برشی اعضای سازه ای با مواد FRP با در نظر گرفتن اثرات FRP، بتن و میلگردهای تقویتی عرضی (در صورت وجود) تعیین شود.

توصیه میشود اثر FRP با استفاده از روش های مناسب و با در نظر گرفتن ویژگی خطی مصالح و گسیختگی مواد FRP، تعیین شود.

۸-۳-۲ مقاومت برشی سوراخ کننده

وقتی که سطح بارگذاری از لبه های آزاد فاصله داشته باشد و خروج از مرکزیت بار وارده کم باشد، ظرفیت برشی سوراخ کننده طرح باید با در نظر گرفتن سهم^۱ FRP، بتن و میلگردهای تقویتی عرضی (در صورت وجود) تعیین شود. توصیه میشود سهم FRP با در نظر گرفتن ویژگی مصالح و گسیختگی مواد FRP، با روش های مناسبی تعیین شود. توصیه میشود در صورت استفاده از صفحه ها و ورقه های FRP و تقویت های NSM، جدا شدن احتمالی FRP از زیر لایه های بتنی نیز در نظر گرفته شود.

۸-۳-۳ پیچش

توصیه می شود ظرفیت پیچشی اعضاء سازه ای (در صورت وجود) و مشارکت FRP، بتن و میلگردهای تقویت کننده فولادی با روش های مناسبی محاسبه شود.

۹ جزئیات سازه‌ای عمومی

۹-۱ تقویت کننده ها یا اعضاء کششی FRP

۹-۱-۱ شکل خمیدگی

توصیه می شود هنگامی که تقویت کننده‌ها یا اعضاء کششی FRP در یک قوس قرار می گیرند، شعاع قوس به اندازه‌ی کافی بزرگ باشد تا تقویت کننده‌ها یا اعضاء کششی FRP تا حد کشسانی خمیده شوند و مقاومت بخش خمیده، مطابق استاندارد ملی شماره ۱-۴۷۶۱ تعیین شود.

توصیه می شود تنش‌های ناشی از خمیدگی FRP، در طراحی منظور شود.

۹-۱-۲ مهار

توصیه میشود انتهای تقویت کننده‌ها یا اعضاء کششی FRP به اندازه کافی در داخل بتن جای گذاری شود. توصیه می شود مهار تقویت کننده‌ها از طریق چسبندگی بین بتن و الیاف FRP، یا از طریق مهار مکانیکی با استفاده از قلاب‌هایی از جنس FRP انجام شود.

۹-۱-۳ وصله‌ها

تقویت کننده‌های FRP باید به خوبی با نیروی چسبندگی بین FRP و بتن یا با اتصال مکانیکی، به هم متصل شوند.

۹-۲ ورقه‌ها یا صفحه‌های FRP مهار شده از بیرون

۹-۲-۱ مهار ورقه‌ها یا صفحه‌های FRP

مهارانتهای ورقه‌ها یا صفحه‌های FRP با تأمین طول کافی چسبندگی بین ورقه‌ها و صفحه‌های FRP و بتن زیرکار تأیید می‌شود. توصیه می شود مهار مکانیکی با هرسامانه‌ای که انجام می‌شود دارای مقاومت کافی باشد تا از شکست مهار جلوگیری نماید.

۹-۲-۲ اتصال ورقه‌ها یا صفحه‌های FRP

توصیه میشود طول هم‌پوشانی ورقه‌ها یا صفحه‌های FRP به اندازه‌ای باشد که بتواند مقاومت مورد نیاز اتصال در محل هم‌پوشانی را تأمین نماید.

طول هم‌پوشانی لازم مطابق آزمون‌های استاندارد ISO 10406-2 تعیین شود.

یادآوری- در حال حاضر استاندارد ISO 10406-2 فاقد استاندارد آزمون برای مقاومت اتصال هم‌پوشانی صفحه‌های FRP است و از استاندارد آزمون ورقه‌های FRP به منظور محاسبه‌ی مقاومت اتصال هم‌پوشانی صفحه‌های FRP استفاده می‌شود.

۳-۲-۹ ورقه‌های FRP گوشه‌های گرد

توصیه می شود در صورت وجود خمیدگی در الیاف FRP، گوشه‌ها به اندازه کافی گرد شود تا انحنا کافی به منظور جلوگیری از شکست ناگهانی ناشی از تمرکز تنش در گوشه‌های ورقه‌های FRP به وجود آید.

۳-۹ الیاف تقویتی FRP سطحی

۱-۳-۹ ابعاد شیارها

توصیه می شود ابعاد مقاطع عرضی شیارها به صورتی در نظر گرفته شود که جای‌گذاری و دفن تقویت به خوبی انجام شود.

توصیه می شود ابعاد بهینه‌ی شیارها بر اساس آزمون‌های چسبندگی و تحلیل مناسب تعیین شود.

۲-۳-۹ مهار تقویت کننده‌های سطحی FRP

توصیه می‌شود مهار انتهایی تقویت کننده سطحی FRP، با حصول اطمینان از کفایت طول چسبندگی بین تقویت کننده ی FRP و لایه زیر کار بتنی، مورد تأیید قرار گیرد.