

مطالعه و بررسی پارامترهای تحلیل و طراحی ستون های کامپوزیت (CFFT)

سید علی موسوی داودی

فارغ التحصیل کارشناسی مهندسی عمران - دانشکده فنی ساری (امام محمد باقر(ع))

Email:Ali_mousavii@yahoo.com

چکیده: در طی سال های اخیر مهندسين از الياف های کامپوزيت در شکل های مختلف استفاده کرده اند. با شروع قرن بیستم بتن های مسلح با فولاد، فرم جدید کامپوزیت های سازه ای را به وجود آوردند. در میانه قرن بیستم نیز با پیشرفت کامپوزیت های پلاستیک به عنوان الياف های کامپوزیت جدید و موثری دیده شدند که FRP خوانده می شوند، این مصالح جدید رشد یافته به طور برجسته ای با نسبت مقاومت به وزن بالا و همچنین به علت دوام و مقاومت کششی زیاد و نفوذ ناپذیری مغناطیسی به عنوان یک جایگزین مناسب برای آرماتورهای فولادی در سازه های دریایی، سازه پارکینگ ها، عرشه های پل ها، ساخت بزرگراه هایی که بطور زیادی تحت تاثیر عوامل محیطی هستند و در نهایت سازه هایی که در برابر خوردگی و میدانهای مغناطیسی حساسیت زیادی دارند برای بهسازی و مقاوم سازی و تقویت سازه های بتنی مورد استفاده قرار می گیرند، همچنین یکی از جدیدترین و مطلوب ترین کاربردهای FRP در ساخت سازه ها، لوله های FRP پر شده با بتن مسلح Concrete filled FRP tubes (CFFT) می باشد که شامل تیوب های به هم بافته شده ای از مصالح FRP می باشند که در دو جهت طولی و عرضی به هم دورپیچ شده اند که قادر به تحمل بار هم در جهت طولی و هم عرضی همانند آرماتورهای طولی و عرضی در سازه های بتنی مسلح با فولاد می باشند، امروزه استفاده از CFFT ها به عنوان پایه پل ها و شمع ها رو به افزایش است. همچنین CFFT ها به خاطر قالب بندی های دائمی و مسلح نمودن بتن در همان لحظه توسط خود مصالح، بسیار سودمند هستند و با توجه به همین نکته نیاز به آرماتورهای داخلی را تا حد زیادی از بین برده اند، نیاز به استفاده از قالب بندی های موقت نیز نمی باشد. در این مقاله سعی شده. به بررسی ساختار CFFT ها، مقایسه آنها با ستون های تقویت شده با FRP و خلاصه ای از ضوابط طراحی و تحلیل CFFT ها براساس تنها آیین نامه ی موجود در جهان برای این ستون مرکب مطالعه و بررسی شود. در نهایت نیز ضمن آشنایی با گستره ی کاربرد این اعضا، به زمینه هایی که نیازمند پژوهش بیشتر می باشند اشاره می شود.

واژه های کلیدی: FRP، ستون CFFT، معیار گسیختگی، محصور شدگی، ظرفیت برشی CFFT

Study of parameters analysis and design of composite columns (CFFT)

Seyed Ali Mousavi Davoudi

Graduate of Civil Engineering - Technical University of Sari

Abstract: In recent years engineers from composite fibers have been used in various forms. By the beginning of the twentieth century with steel reinforced concrete, structural composites created a new form as an alternative to steel reinforcement in offshore structures, parking structures, decks of bridges, construction of the highway that are greatly influenced by environmental factors and the structures that are highly sensitive to corrosion and magnetic fields to improve and retrofitting and reinforced concrete structures are used, as well as one of the newest and most desirable applications of FRP in construction structures, FRP pipes filled with concrete filled FRP tubes (CFFT), which includes the interlacing tubes have of FRP materials are in both longitudinal and lateral direction to the wrapping would have been able to bear the load in the longitudinal direction and transverse as well as longitudinal reinforcement and transverse concrete structures reinforced with steel are used today, CFFT as piers and candles are on the rise. Also CFFT due to formatting permanently arming the concrete at the moment of self-interest, are very useful and the basis of this point requires reinforcement greatly eliminated the need to use the formatting temporary fractured. In this paper The structure CFFT, compare them with columns reinforced with FRP and a summary of the terms CFFT based design and analysis of existing regulations in the world for this column only compound the study. Finally, and becoming familiar with the range of application of these members, the areas that require further research are mentioned.

Keywords: FRP, column CFT, failure criteria, confinement, shear capacity CFFT

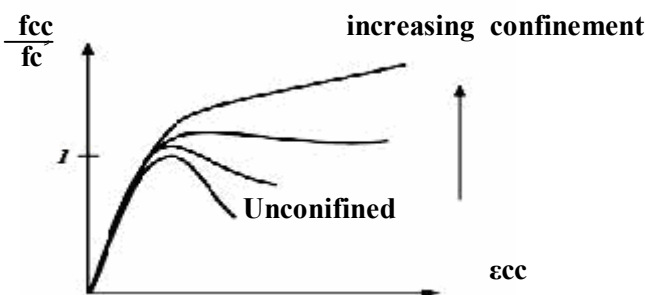
● مقدمه :

سیسیم های FRP به صورت پوشش های بیرونی و به منظور افزایش مقاومت و بهسازی سازه های بتنی موجود از اواسط دهه ۱۹۸۰ تا کنون در سراسر دنیا مورد استفاده قرار می گیرد. تعداد پروژه هایی که در ارتباط با سیستم های FRP در سطح جهان مورد استفاده قرار گرفته به طور چشمگیری افزایش یافته است، به طوری که طی ۱۰ سال گذشته از تعداد اندک به چندین هزار پروژه در حال حاضر رسیده است. روکش های پلیمری FRP به منظور بهسازی سازه های بتنی اولین بار در دهه ی ۱۹۸۰ در اروپا و ژاپن توسعه یافت. در اروپا سیستم های FRP به عنوان جایگزین صفحات فولادی مورد استفاده قرار گرفت. اتصال ورقه های فولادی به قسمت کششی اعضای بتنی توسط رزین های اپوکسی به منظور افزایش مقاومت خمشی این اعضا به عنوان روش مطرح و بادوام مرسوم می باشد. این روش برای مقاوم سازی تعداد زیادی از پل ها و ساختمان ها در جهان مورد استفاده قرار گرفته است. از آنجایی که صفحات فولادی دچار خوردگی می شوند و فرسودگی آنها باعث تخریب اتصال صفحه فولادی با بتن می شود و از طرف دیگر نصب آنها مشکل و با ماشین آلات نسبتاً سنگین انجام می گیرد، محققان به دنبال جایگزینی مواد FRP به جای فولاد شدند. در این راستا امیرمیران و محسن شهائی برای اولین بار در سال ۱۹۹۶ کاربرد جدیدی از FRP را در ساخت سازه ها در قالب "لوله های FRP پر شده با بتن مسلح (CFFT)" معرفی کردند. این عضو به عنوان ستون مشابه ستون های مرکب لوله های فولادی پر شده با بتن هستند که در واقع FRP جایگزین فولاد شده است و بدین ترتیب FRP علاوه بر مقاومسازی، وارد عرصه ی ساخت سازه ها نیز شده است.

در زمینه تقویت سازه ها با FRP نشریه شماره ۳۴۵ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، کمیته ۴۴۰ آیین نامه ACI، ISIS کانادا و FIB اروپا از آئین نامه های موجود هستند. در حالی که برای طراحی و آنالیز CFFT ها برای اولین بار در سال جاری ۲۰۱۰ یک پروسه ی طراحی مشخص در فصل هفتم پیش نویس آیین نامه کشور چین شده است و این موضوع اهمیت آشنایی با این المان مرکب سازه ای را آشکار می سازد.

● محصور شدگی بتن

یک ستون بتنی تحت بار محوری فشاری تمایل به انبساط جانبی دارد. سیستم های محصور کننده از جمله آرماتور های عرضی دورپیچ پلیمری، لوله ی فولادی یا FRP در برابر این انبساط جانبی مقاومت می کنند. بتن در بارهای کم انبساط جانبی کمتری دارد و فشار جانبی محصور شدگی فعال نمی شود. به همین علت همانطور که در شکل شماره (۱) مشاهده می شود، منحنی تنش-کرنش بتن محصور شده و محصور نشده در بارهای کم شبیه به هم است. ناحیه خمیری نیز بلافاصله پس از مقاومت حداکثر بتن محصور نشده تشکیل می شود. در این نقطه بتن سریعاً منبسط شده زیرا که رفتار خمیری داشته و ژاکت فعال می شود. در ناحیه پلاستیک کم در تنش باعث افزایش زیاد در انبساط جانبی می شود. این انبساط باعث تخریب ساختار درونی بتن و افزایش فشار محصورکنندگی می شود. هر چه سیستم محصور کننده سختی و مقاومت بیشتری در برابر کرنش جانبی داشته باشد، انبساط بتن محدود شده و تخریب ساختار درونی بتن دیرتر اتفاق می افتد و در نتیجه با افزایش محصورشدگی، مقاومت و شکل پذیری ستون محصور شده مطابق شکل (۱) افزایش می یابد.

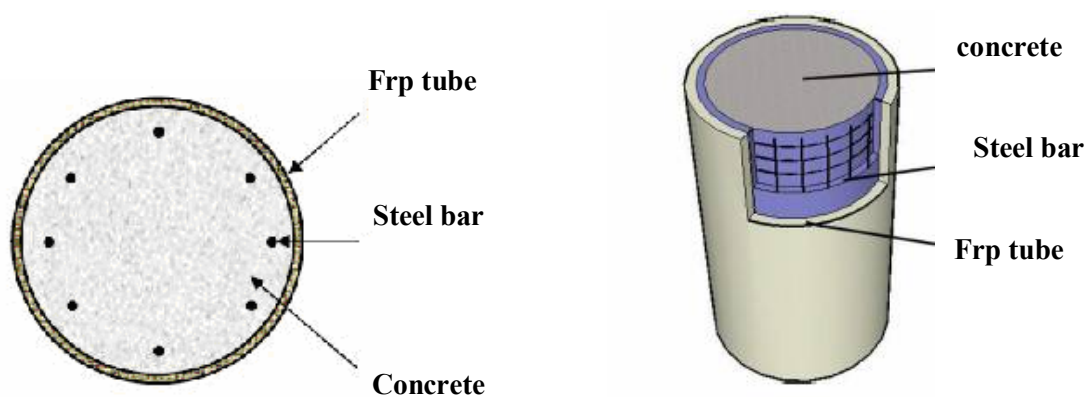


شکل ۱: تاثیر محصور شدگی در نمودار تنش کرنش بتن

در شکل (۱) محور افقی کرنش فشاری ستون و محور قائم نماینگر نسبت مقاومت فشاری ستون محصور شده به مقاومت فشاری ستون محصور نشده است.

• معرفی CFFT

CFFT متشکل از یک لوله با جنس FRP است که درون آن توسط بتن مسلح یا غیر مسلح پر می شود (شکل ۲). لوله ی کامپوزیتی در CFFT متشکل از چند لایه FRP است که الیاف آن برای تامین سختی قائم و برشی و مقاومت محیطی لازم برای محصور کنندگی ، در زوایای مشخصی قرار گرفته و ساخته شده اند.



شکل ۲: مقطع ستون cfft

- در یک ستون CFFT لوله FRP چندین نقش مهم بر عهده دارد که عبارتند از :
- ۱- لوله FRP نقش قالببندی دائم بتنی را در CFFT دارد و در نتیجه، هزینه و زمان مربوط به قالببندی و جدا کردن آنها از سازه بتنی کاهش می یابد.
 - ۲- لوله FRP به عنوان یک محافظ و آستر برای بتن و میلگرد های آن در شرایط مختلف حرارتی و الکتروشیمیایی عمل می کند.
 - ۳- لوله FRP در CFFT مانند دورپیچ تقویتی FRP، به علت محصور کردن بتن باعث افزایش شکل پذیری و مقاومت فشاری ستون می گردد و نیز از کمانش میلگردهای طولی جلوگیری می کند.
 - ۴- بر خلاف دورپیچ تقویتی که فقط تقویت محیطی دارد، لوله FRP، مانند لوله های فولادی، به علت مقاومت فشاری باعث افزایش ظرفیت خمشی ستون می گردد.
 - ۵- لوله FRP مقاومت برشی ستون را به خوبی میلگردهای عرضی تامین می کند در حدی که دیگر نیازی به آنها نیست. از طرف دیگر با محصور شدگی بتن توسط لوله که هر دو جزء مصالح ترد و با شکل پذیری کم محسوب می شوند یک مقطع مرکب با شکل پذیری زیاد حاصل شده است. ضمن اینکه میلگرد های فولادی هم در صورت وجود به شکل پذیری مقطع می افزایند. علاوه بر شکل پذیری، مقاومت بالای FRP در محیط الکتروشیمیایی و نسبت بالای مقاومت به وزن لوله از مزیت های دیگر CFFT هاست.

با وجود این ویژگی ها CFFT ها برای استفاده در پایه پل ها و شمع ها که بیشتر در معرض خوردگی هستند، گزینه بسیار مناسبی می باشند.

• تفاوت ستونهای CFFT و ستون های تقویت شده با دورپیچ FRP

علیرغم شباهت زیادی که بین ستون تقویت شده با FRP و ستون CFFT از لحاظ شکل مقطع مشاهده می شود، تفاوت های قابل توجهی میان این دو سیستم وجود دارد. اصلی ترین تفاوت های میان ستون تقویت شده با FRP و ستون ساخته شده با لوله FRP عبارتند از :

- ۱- عدم وجود میلگردهای عرضی یا خاموت در طول عضو CFFT به علت تامین مقاومت برشی مورد نیاز توسط لوله و بتن و میلگرد
- ۲- درصد پایین میلگرد طولی مورد نیاز در CFFT نسبت به میلگرد های موجود در ستون مورد تقویت، که این هم ناشی از مقاومت فشاری لوله در راستای طولی ستون است.
- ۳- سختی طولی لوله پلیمری در CFFT که توسط یکی از لایه های لوله تامین می شود در صورتیکه این مقاومت در حالت تقویتی ناچیز است.

جسبندگی و گیرداری کامل تر FRP در حالت دورپیچ تقویتی نسبت به CFFT. موارد ۲ و ۳ به علت وجود الیاف لایه ها در زوایای مشخص و متفاوت است. علاوه بر تفاوت های پیکربندی فوق، برای طراحی CFFT ها نیز روش های طراحی تفاوت هایی دارد که در ادامه به کلیاتی از این موضوع پرداخته می شود.

• مبانی طراحی CFFT

ضمن پژوهش های متعدد انجام گرفته در زمینه ی CFFT ها، عدم وجود یک پروسه طراحی مشخص یکی از دلایلی است که مانع گسترش این محصول در سطح کاربردی شده است. در همین راستا برای اولین بار در پیش نویس ۲۰۱۰ کشور چین در فصل هفتم به طراحی سیستماتیک این عضو پرداخته شده است که در این مقاله با صرفنظر از ظوابط جزئی و بطور اجمالی ملاحظات عمومی طراحی و رفتار عضو تحت بار ترکیبی نیروی محوری و خمش مورد اشاره قرار می گیرد. به علت ناکافی بودن تحقیقات انجام گرفته روی مقاطع مستطیلی و نیز بتن های مقاومت بالا، ظوابط طراحی CFFT ها در آیین نامه ی چین محدود به مقاطع دایروی (لوله ای) با بتن های با مقاومت معمولی می باشد. همچنین حداقل رده بتن مورد استفاده در طراحی CFFT ها به منظور عملکرد شایسته CFFT ها در این آیین نامه، C30 می باشد.

با توجه به اینکه کامل ترین حالت محصور شدگی مربوط به مقطع دایروی و بارگذاری تحت فشار خالص می باشد، هرچه شکل مقطع از حالت دایره تغییر یابد و یا لنگر خمشی بیشتر شود، از اثر پدیده محصور شدگی کاهش می یابد. در همین جهت ظوابط آیین نامه ی مذکور به مقاطع دایروی تحت فشار خالص با ترکیب فشار و خمش محدود شده است. در ارتباط با کمانش، بتن درون لوله به عنوان مانعی برای کمانش لوله ی FRP اما طبق تحقیقات انجام شده توسط میرمیران و فام، کمانش موضعی لوله و کمانش کلی ستون در حال ساخت تحت وزن بتن مرطوب از مودهای محتمل محسوب می شوند. برای جلوگیری از وقوع این پدیده نسبت قطر به ضخامت لوله f_{rp} در آیین نامه چین به ۸۰ و رابطه ی زیر هر کدام که کمتر باشد، محدود شده است:

$$l_0/d_{f_{rp}} \leq 54 \times \sqrt{[t_{f_{rp}} \cdot E_{xc,eff} / d_{f_{rp}}]} \quad (1)$$

که در این رابطه :

L_0 : طول موثر CFFT.

$t_{f_{rp}}$ و $d_{f_{rp}}$ به ترتیب ضخامت و قطر بیرونی لوله f_{rp} .

و $E_{xc,eff}$ هم مدول الاستیسته فشاری f_{rp} در راستای طولی ستون می باشد.

CFFT ها در مقایسه با ستون های بتن آرمه معمولی بیشتر تحت تاثیر لاغری قرار دارند. زیرا افزایش ظرفیت نیروی محوری ستون ناشی از محصور شدگی بیشتر از افزایش ظرفیت خمشی آن است. به علت ناکافی بودن تحقیقات برای یک طرح ایمن در برابر آثار لاغری و خروج از مرکزیت بارها، آیین نامه چین در طرح CFFT محدود به ستون های کوتاه است که تعریف ستون کوتاه در این آیین نامه طبق رابطه (۲) ارائه شده است:

$$l_0/d \leq \frac{15 e_2/d(1-e_1/e_2)+5}{f_c (1+30\epsilon_{ruk})} \quad (2)$$

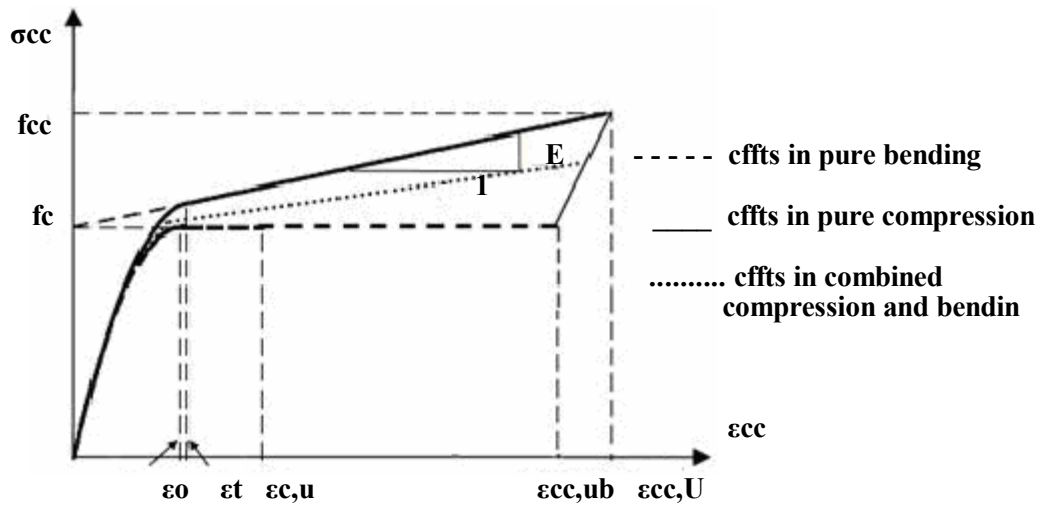
d : قطر هسته بتنی (با قطر داخلی لوله).

f_c : مقاومت فشاری بتن محصور نشده.

fcc: مقاومت فشاری بتن محصور شده.

Eruk: حداکثر کرنش محیطی FRP.

e1 و e2 خروج از مرکزیت بارها در دو انتهای ستون می باشد به طوری که e1/e2 دارای مقدار مطلق کوچکتر از یا مساوی با یک است و برای حالت انحنای ساده مثبت اند. مقاومت فشاری بتن در حالت محصور شده و محصور نشده و ارتباط این دو پارامتر به یکدیگر مدت ها مورد پژوهش بوده و روابط تجربی و ریاضی مختلفی در این زمینه ارائه شده است. در ارتباط با رفتار بتن محصور شده تحت بارگذاری، مدل های متعددی از تنش- کرنش در آیین نامه های معتبر بین المللی برای مقاومسازی با FRP ارائه شده که آیین نامه ی چین ضمن اصلاحات جزئی سازگاری با CFRT، مدل دو خطی تحت عنوان " مدل با محصور شدگی متغیر" را مورد استفاده قرار می دهد که در اینجا به تحلیل شماتیک نمودار تنش-کرنش بسنده شده و از بیان روابط صرف نظر می شود.



شکل ۳: مدل تنش - کرنش مورد استفاده برای CFRT

همانطور که در شکل شماره (۳) مشهود است، در این مدل شیب قسمت دوم نمودار (نقطه چین) متغیر بوده و تابعی از میزان خروج از مرکزیت بار می باشد. برای خروج از مرکزیت صفر، این مقدار برابر E2، و برای خروج از مرکزیت بی نهایت، یعنی خمش خالص این شیب برابر صفر می باشد که برای هر بارگذاری این شیب قابل محاسبه بوده و مدل مربوط به آن بارگذاری بدست می آید.

در ارتباط با مودهای خرابی خمشی، وقتی لنگر وارده به CFRT افزایش می یابد، سه حالت خرابی محتمل می شود:

- ۱- گسیختگی الیاف قائم FRP تحت کشش در تارهای تحت کشش مقطع
- ۲- گسیختگی لوله در قسمت فشاری آن ناشی از فشار الیاف طولی و کشش الیاف محیطی
- ۳- کمانش موضعی الیاف تحت فشار در ناحیه فشاری لوله FRP

برای جلوگیری از این مودهای خرابی، کرنش های حداکثر در قالب ضوابط تجربی مندرج در متن آیین نامه محدود شده اند. مورد حائز اهمیت دیگر، ظرفیت باربری CFRT ها و اندرکنش نیروی محوری و لنگر خمشی در این اعضاست. برای یک CFRT با بتن مسلح میلگردهای طولی، شرایط زیر می بایست ارضا شوند:

$$N \leq N_{sc} + N_{fc} + N_c - N_{st} - N_{ft} \quad (3)$$

$$M \leq M_{sc} + M_{fc} + M_c + M_{st} + M_{ft} \quad (4)$$

که در این روابط جملات سمت راست نامساوی به ترتیب از چپ به راست بیانگر ظرفیت فولاد تحت فشار، FRP تحت فشار، بتن تحت فولاد تحت کشش و FRP تحت کشش هستند که با انتگرال گیری ساده روی مقطع بدست می آیند، لنگرها همگی حول مرکز هندسی سطح مقطع و تمامی پارمترها مربوط به حالات حدی مقطع می باشند. M و N مقادیر طراحی لنگر خمشی و نیروی محوری اند که طبق رابطه ی ۵ به هم مربوط هستند:

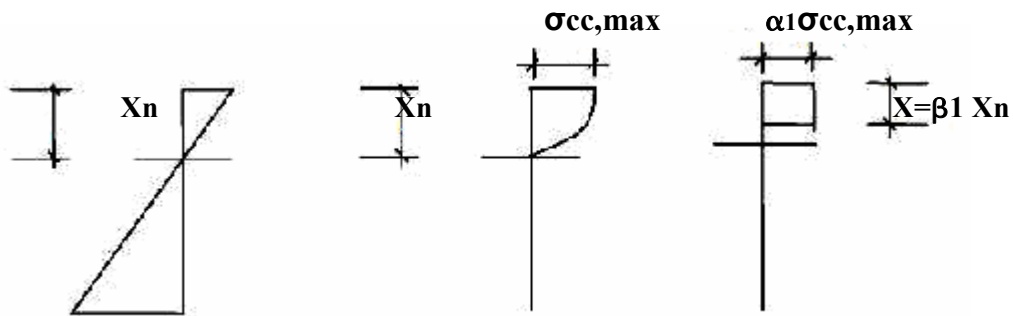
$$M = (e_0 + e_a)N \quad (5)$$

که در این رابطه هم e_0 خروج از مرکزیت بار از مرکز سطح مقطع و e_a خروج از مرکزیت اضافی است که آیین نامه چین آن را بیشینه ی دو مقدار ۲۰ میلیمتر و $d/30$ پیشنهاد کرده است.

اندرکنش نیروی محوری و لنگر خمشی در CFFT با متغیر قرار دادن خروج از مرکزیت و محاسبه نیروی محوری و لنگر خمشی در حالت حدی نهایی بدست می آید که مورد استفاده در طراحی و آنالیز مقطع می باشد و در بخش بعد مورد اشاره قرار می گیرد.

• آنالیز مقطع CFFT

با داشتن روابط تنش- کرنش بتن محصور شده و لوله FRP، و محاسبه انتگرال جز نیروهای محوری و لنگرهای خمشی در سراسر مقطع در حالت حدی، طبق فرض کرنش خطی ظرفیت فشاری و خمشی مقطع بدست می آید. در تنها آیین نامه ی موجود برای CFFT، از مقاومت کششی بتن صرف نظر شده و از بلوک مستطیلی معادل برای تحلیل قسمت تحت فشار بتن استفاده شده است (شکل شماره ۴):



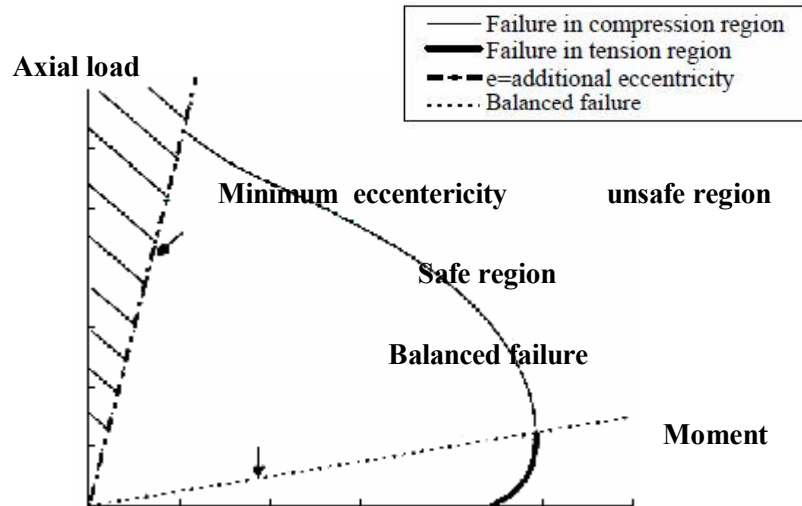
شکل ۴: کرنش خطی و بلوک تنش مستطیلی معادل

ضرایب α_1 و β_1 مشهود در شکل شماره ۴، مورد استفاده در آیین نامه در روابط (۶) و (۷) مایش داده شده اند:

$$\alpha_1 = 1.17 - 0.2 (\sigma_{cc,Max}) / f_c \quad (6)$$

$$\beta = 1 \quad (7)$$

$\sigma_{cc,Max}$ تنش فشاری در دورترین تار فشاری در حالت حدی نهایی است. نتیجه آنالیز مقطع در حالت حدی برای خروج از مرکزیت های مختلف در قالب منحنی اندرکنش بصورت شکل (۵) خواهد بود. که برای مقاصد طراحی حداقل خروج از مرکزیت نیز قابل نمایش است.



شکل ۵: نمونه دیاگرام اندرکنش نیروی محوری و لنگر خمشی برای CFST

• ظرفیت برشی CFST

پژوهش‌های مربوط به ظرفیت برشی CFST از چند مورد انگشت شمار تجاوز نمی‌کند. در آیین‌نامه چین رابطه‌ی برای مقاومت برشی CFST ارائه شده است:

$$V \leq V_{cs} + V_f \quad (۸)$$

که در آن V نیروی برشی و V_{cs} ظرفیت برشی بتن و فولاد و V_f ظرفیت برشی لوله FRP است که تابعی از مدول الاستیسیته طولی الیاف، ضخامت لایه، قطر لوله و زاویه قرار گیری الیاف می‌باشد. میرمیران و همکارانش با تعبیه زائده‌هایی مطابق شکل (۶) در جداره دورنی لوله‌ی مستطیلی برای افزایش ظرفیت برشی و نیز مکانیزمی برای توزیع بار استفاده کردند. مقاطع مستطیلی می‌توانند به عنوان تیرهای با ظرفیت بالا در پل‌ها مورد استفاده قرار گیرند.



شکل ۶: برش گیرهای دورنی لوله‌ی FRP

• مدل سازی

در این قسمت به مطالعه ستون های CFFT می پردازیم. در این قسمت سعی شده است که حد الامکان تمام قسمت های مدل سازی از یک منبع معتبر الگو بگیرد. مدلسازی از طریق روش المان محدود و با استفاده از نرم افزار تجاری Abaqus صورت گرفته است. برای بررسی دقیق تر، ابتدا یک آنالیز کماتش انجام داده و سپس جابه جایی ها را به صورت جابه جایی ریز به عنوان imperfection به قطعه وارد می کنیم. این کار به دقیق تر شدن جواب کمک کرده و اثرات غیر خطی را در نظر می گیرد. پس از مدل سازی در نرم افزار به مطالعه تاثیرات نیرو- جابجایی و همچنین اثر خزش- کرنش می پردازیم که در زیر تشریح شده است.

• مشخصات هندسی

جدول ۱: ابعاد قطعات

نام قطعه	قطر	ارتفاع
ستون معمولی CFT	۰,۳۵m	۳m
ستون CFFT	۰,۳۵m	۳m

• خواص مکانیکی بتن

ایزوتروپیک خطی

2.3×10^4	EC (MPa)
0.2	PRXY

ایزوتروپیک غیر خطی بتن

نام نقاط	کرنش	تنش
نقطه ۱	0.0003	0.84×10
نقطه ۲	0.0006	1.469×10
نقطه ۳	0.0009	2.0167×10
نقطه ۴	0.0012	2.4028×10
نقطه ۵	0.0015	2.642×10
نقطه ۶	0.003	2.8×10

سپس فولاد را نیز تعریف می کنیم. نقاط پلاستیک فولاد را نیز وارد خواهیم کرد.

• خواص مکانیکی فولاد

ایزوتروپیک خطی

2.1×10^5	ES (MPa)
0.3	PRXY

ایزوتروپیک دو خطی

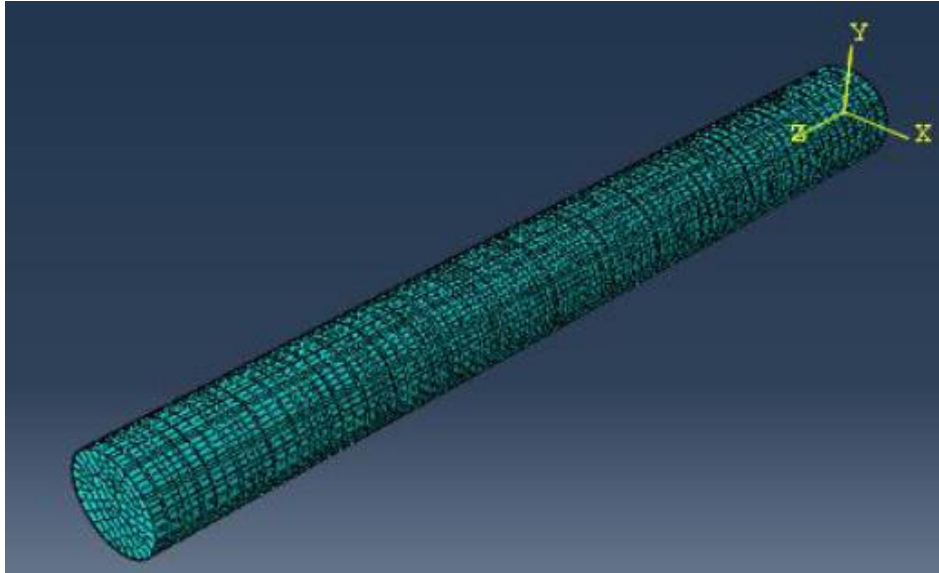
2.1×10^5	Yield stss (MPa)
0.3	Tang Mod (Mpa)

• خواص مکانیکی FRP

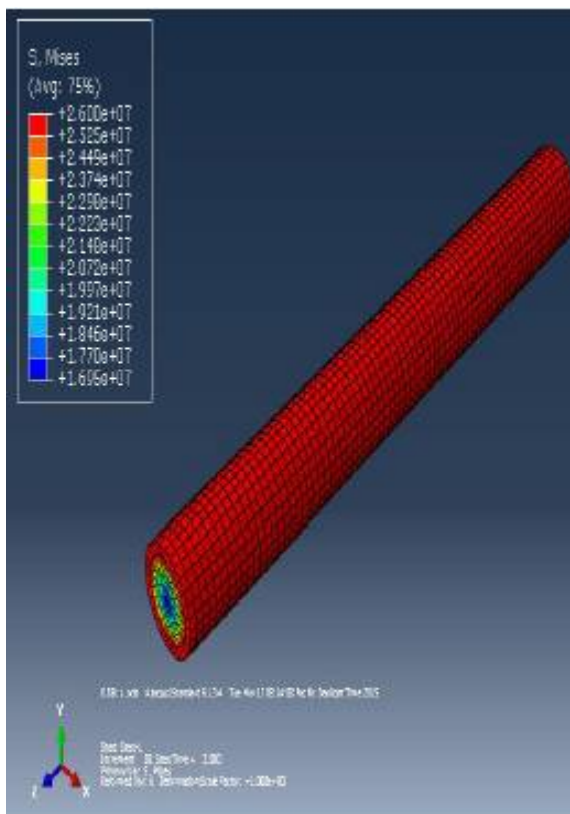
خواص FRP

5.5 Gpa	G ₁₂	120 Gpa	E ₁₁
5.5 Gpa	G ₁₃	7.9 Gpa	E ₂
0.3	ν_{12}	5.5 Gpa	G ₂₃

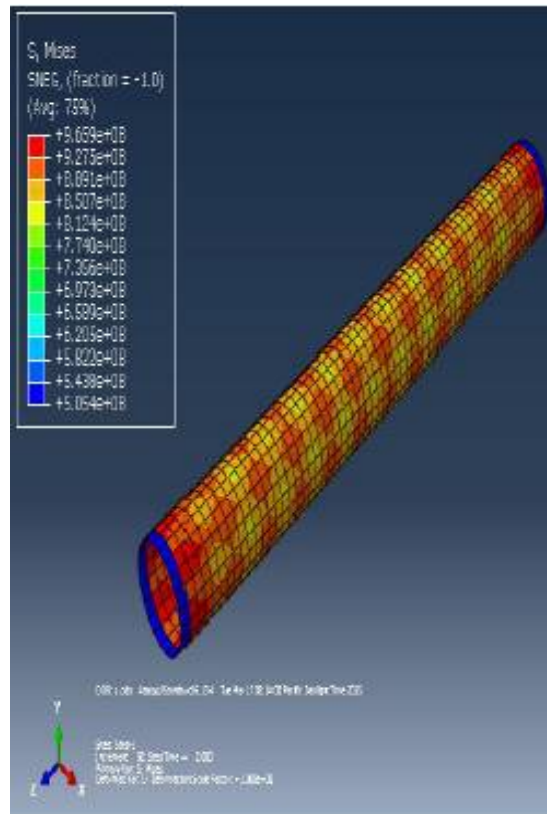
در این مقاله ما از المان های Shell برای پوسته FRP و از المان 3D برای مدل سازی بتن استفاده گردیده است. اندازه المان ها 0.04 در نظر گرفته شده است.



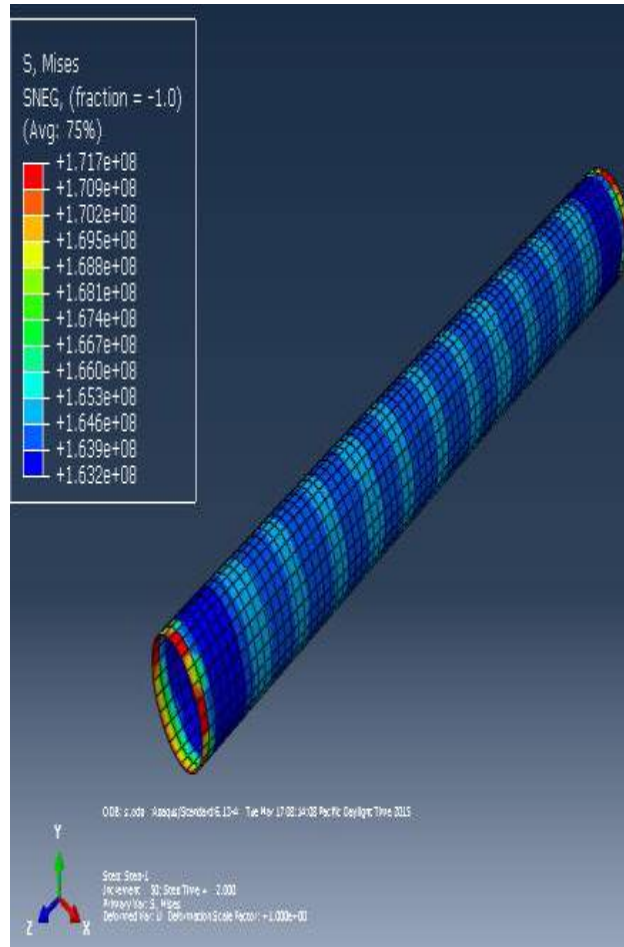
شکل ۷: مش بندی مدل



شکل ۸: تنش وارد بر بتن



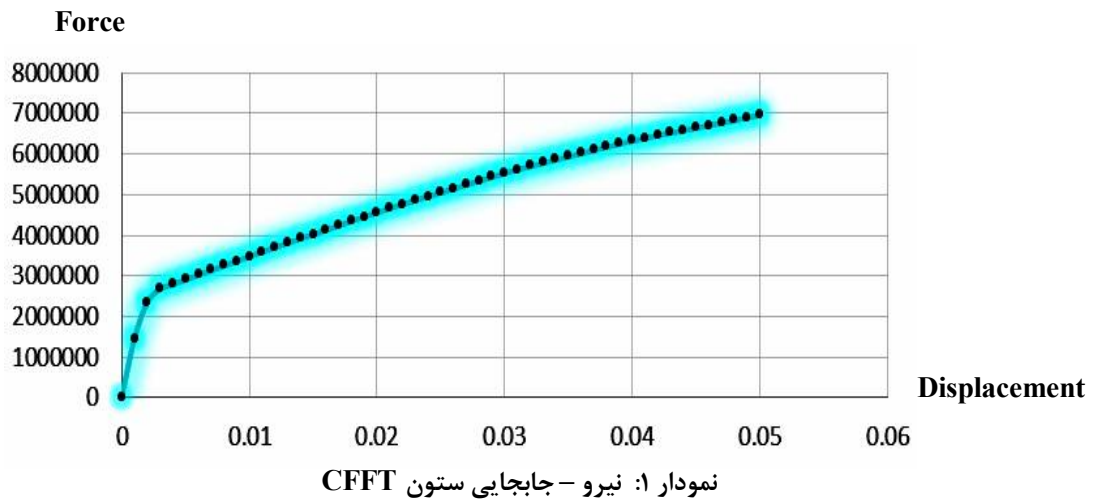
شکل ۷: تنش وارد بر پوسته FRP

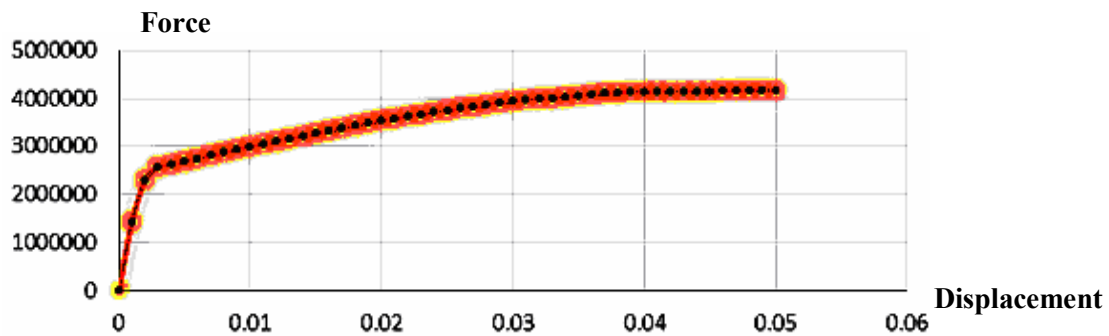


شکل ۹: تنش وارد بر فولاد

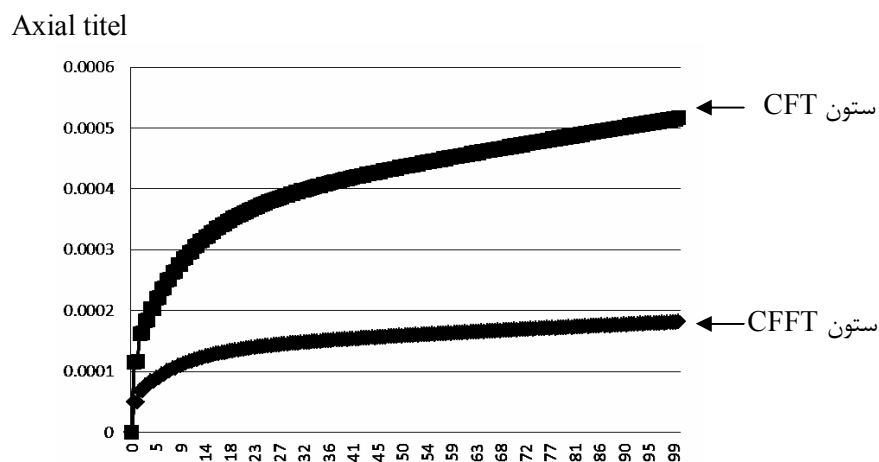
• نتایج خروجی تحلیل

حال بعد از تحلیل به مطالعه منحنی نیرو - جابجایی و منحنی خزش - کرنش دو نوع ستون CFT و ستون CFFT می پردازیم .





نمودار ۲: نیرو - جابجایی ستون بتنی CFT



نمودار ۳: کرنش خزش - کرنش ستون CFT , CFRT

همان طور که از نمودار بالا مشخص است، ستون های CFRT از لحاظ شکل پذیری و جذب انرژی از ستون های بتنی معمولی وضعیت بهتری دارد .

• نتیجه گیری :

در این مقاله به بررسی یکی از محصولات جدید پلیمرهای الیافی FRP تحت عنوان لوله های FRP پر شده با بتن مسلح CFRT که به عنوان یک عضو فشاری که در ساخت سازه ها مورد استفاده قرار می گیرد پرداخته شد، اجزای تشکیل دهنده و رفتار مقاطع CFRT تحت بارگذاری ترکیبی خمش و نیروی محوری ، در حالت با محصور شدگی و بدون محصور شدگی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. و همچنین اولین پروسه ی سیستماتیک طراحی و آنالیز که در آیین نامه سال ۲۰۱۰ کشور چین درج شده که شامل ملاحظات و محدودیت های طراحی مقاطع CFRT در این آیین نامه بود را مورد بررسی و مطالعه کامل قرار دادیم . با مطالعه این آیین نامه مشخص شد که با توجه به نوین بودن مقاطع CFRT آیین نامه های موجود در این زمینه هنوز نیاز به پژوهش بیشتر و کاملتری در زمینه مقاطع CFRT را نیاز دارد که چند مورد از زمینه های مورد نیاز برای پژوهش بیشتر بمنظور دستیابی به طرحی کامل و مطمئن از CFRTها عبارتند از مقاطع مستطیلی CFRT، بتن های مقاومت بالا در CFRT، بررسی آثار لاغری ، ظرفیت برشی CFRT و خمش خالص در CFRT ها است.

در نهایت با مدل سازی دو نوع مقطع CFRT و CFT در نرم افزار اجزای محدود Abaqus با مطالعه خروجی تحلیل این نوع مقاطع با توجه به نمودارهای کرنش، و مقایسه آن با مقطع ستون CFT نشان دادیم، کاهش زیاد کرنش در ستون های CFRT نسبت به حالت ستون ها CFT وجود دارد و همچنین با تابعیت از این نکته می توان گفت خزش در ستون های CFRT کمتر است و رفتار بهتری نسبت به حالت ستون های CFT در خزش دارد. بنابراین با توجه به ویژگی های خوب و مناسب مقاطع

CFFT این عضو برای استفاده در ستون های سازه های بلند و پارکینگ ها، شمع ها، پایه ها و شاهتیر های پل ها، پایه های اسکله و سازه های دریایی مقرون به صرفه خواهد بود.

• مراجع :

- Yu T. and Teng, J.G "Design of concrete-Filled FRP tubular columns : provisions in the draft chinese code " journal of composites for construction (2010)
- Mirmiran, A. and shahawy, M. " A new concrete-filled hollow FRP composite column" composites part B-Engineering, vol 27B, Nos.3-4,pp,263-268, (1996)
- Mirmiran, A, Samaan, M,Cabrera,s and shahawy,M " Design, manufacture and testing of a new hybrid column", construction and building materials, vol.12 No.1, pp , 39-49 (1998).
- Mirmiran, A., Shahawy, M. AND Beitleman, T." Slenderness limit for hybrid FRP concrete columns", journal of composites for construction, ASCE , Vol.5,NO.1,pp.26-34,(2001).
- Teng,J.G. and yao,J. " Self-weight buckling of frp tubes filled with wet concrete," thin-walled structures, vol.38,No 4, pp. 337-353(2000)
- ACI-440, Guide for the Design and construction of Externally Bonded frp systems for strengthening concrete structure, american concrete institute (ACI), Committee 440,michigan , usa (2008)
- Chinese code for infrastructure Application of frp composites , china
- tan,kiang hawee.(2442),"strength enhancement of rectangular reinforced concrete columns using fiber-reinforced polymers ",Journal of composites for construction ,ASCE, VOL, 3 ,NO. . ,pp. - 09. 0.5
- Pulido, C. ,Saiidi,S. Sanders,D., Itani,A.(2444),"Experimental validation and analysis of a CFRP retrofit of two-column bent ."
- saadatmanesh ,H .,Ehsani,M.R., and Jin, L.(099.),"seismic strengthening of circular bridge piers with fiber composites". ACI structural Journal ,vol. 9. ,N. 3 ,pp - .30. 3.9
- saadatmanesh ,H .,Ehsani,M.R., and Jin, L.(099.)," Repair of earthquake damaged RC columns with frp warp". ACI structural Journal,vol. 90 ,N. .2
- محمد صادق معرفت، آرمین میلانیان، " اندرکنش خمش و نیروی محوری در ستون های بتن آرمه تقویت شده با الیاف پلیمر فیبر های کربن " اولین همایش کاربرد کامپوزیت های frp در بهسازی و ساخت سازه ها ۱۵ اردیبهشت ۱۳۸۳
- راهنمای طراحی و ضوابط اجزایی بهسازی ساختمان های بتنی موجود با استفاده از مصالح تقویتی frp، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور نشریه شماره ۳۴۵
- " Teng j.g. ,Chen j.f. , Smith S.T. , Lam L" تقویت سازه های بتن مسلح با پوشش های پلیمری (FRP) ترجمه محمد زمان کبیر و حمید رضا خاشعی، صفحات ۲۸۵ تا ۲۸۹، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، پاییز ۱۳۸۷
- کریم عابدی، حسن افشین، عادل فردوسی " بررسی رفتار یک مقطع جدید از ستونهای فولادی پرشده با بتن تحت بارگذاری لرزه ای " ۲۲ اردیبهشت ۹۸۳۲ تهران ایران.
- توکلی زاده،محمد رضا،قدس،امیر صمد، 1388، "مروری بر آیین نامه ی تقویت عضو های بتنی با ورق های " FRPمقاله،دانشگاه فردوسی مشهد.