

# پروژه پلاستیک

استاد : دکتر اسدی

تدوینکننده : حسین فرقانیپور

## عنوان پروژه

# مزایای کاربرد کامپوزیت FRP

## Fiber Reinforced Polymers/Plastics

- تعریف پروژة پلاستیک رشته مهندسی ساخت و تولید

بهرتر است کمی به اطراف خودمان بنگریم امروزه خوشبختانه به هر طرفی که نگاه میکنیم اتومبیلها، هواپیماها، صنایع بستهبندی، ساختمانها و... به عنوان ابزارهای رفاهی مردم در حال ساخته شدن است. به نظر شما چگونه میتوان فهمید مواد مورد استفاده در اتومبیلها، هواپیماها، صنایع بستهبندی، ساختمانها و... که در حال تولید است مرغوب میباشد؟ یا تحمل نیروهای مختلف از قبیل ضربه، شوک، حرارت، زلزله، باد و... را دارد یا خیر؟ آیا این مواد

میتواند بهینه باشد؟ آیا میتواند در عین زیبایی استحکام سازه و قابها را فراهم کند؟ اینجاست که به تخصص مهندسين نیاز پیدا میکنیم. به نظر من تعریفی که از پروژه تخصصی میتوان داشت این است که با توجه به مطالب گفته شده در طول دوران تحصیل توسط اساتید و بکار بردن انواع و اقسام مختلف پلاستیکها که جدیداً در امر ساخت و ساز بکار میآید و با نگاه به فناوری روز بتوان با استفاده از این تخصص در رشته مهندسی ساخت و تولید یک پروژه را به خوبی و با کمترین هزینه و بهترین نوع عملیات ساخت. پروژه تخصصی را میتوان گزیده ای از فنون و تجاربی که در طول تحصیل بدست آورده ایم معرفی کرد که ماحصل آن ساختن یک سازه خوب و بهینه است. از طرف دیگر این درس را می - توان تحقیق و بازرنگری در نوع متریال قدیمی و جدید معرفی کرد که با توجه به تخصصمان بدانیم کدامیک از متریال عملکرد بهتری میتواند داشته باشد و در مقابل نیروهای مختلف، مقاومت بیشتری از خود نشان میدهد. ما دانشجویان رشته مهندسی ساخت و تولید با گذراندن این درس همانطور که در بالا گفته شد با تکنیک های برتر و کاربرد پلاستیک که میتواند بیشترین عملکرد را داشته باشد آشنا میشویم و بر تخصصمان افزوده میشود. مهندسين ساخت که برای رفاه مردم انجاموظیفه میکنند، در مقابل جامعه مسئولند و آن مسئولیت باید واقعاً آرامش خاطر زندگی را برای هموطنان فراهم کند.

## - کامپوزیت F.R.P

( FIBER REINFORCE POLYESTER )

مواد کامپوزیتی در واقع مواد مرکب مهندسی هستند که از دو یا چند جزء تشکیل شده اند که این مواد مجزا و در مقیاس ماکروسکوپی قابل تشخیص هستند. مواد کامپوزیت از دو قسمت اصلی، محیط پرکننده (Matrix) و عامل تقویت کننده (Reinforcement) تشکیل شده اند، ماتریکس با احاطه کردن عامل مسلح کننده، آن را در محل مناسب نگه میدارد و عامل مسلح کننده موجب بهبود خواص مکانیکی جسم کامپوزیتی میگردد. مسلح کننده یا تقویت کننده ها عمدتاً الیاف کوتاه (Staple) و یا بلند و پیوسته (Filament) میباشند. ماتریکسهای متداول در صنایع کامپوزیت عمدتاً ماتریکسهای پلیمری اعم از ترمرستها همچون رزینهای پلیاستر، ونیلاستر و اپوکسی یا ترموپلاست ها همچون نایلون، پلی استایرن، پلی اتیلن و غیره هستند. مهمترین انواع الیاف که در کامپوزیت کاربرد دارند، شامل شیشه، الیاف کربن، الیاف بازالت و الیاف آرامید میباشد. مهمترین خصیصه مواد کامپوزیت این است که ماده حاصله از خواص ایدهآلتری در مقایسه با هریک از عوامل تشکیلدهنده خود (بطور مجزا) برخوردار است. کامپوزیت F.R.P عامل ماتریکس رزینهای پلی استر یا وینیل استر و عامل تقویتکننده الیاف شیشه ای (Chopped Strand Meet) می باشد.



### الیاف خرد (Chopped strand)

(Chopped stranded not) یک پارچه نبافته از الیاف شیشه ریز شده بطول حدود 50 میلیمتر و از نوع E-glass می باشد که در جهت های تصادفی پخش شده اند و توسط بایندر پلی استری به دو شکل پودری و امولسیون تهیه می گردند . این محصول خواص بسیار خوبی در رابطه با نفوذ پذیری رزین و قابلیت شکل پذیری آسان دارد و بطور عمده در فرم آینده ها تولید به روش دستی (handlay-up) مانند انواع ورقها، پنلها، قایقها، وان حمام، برجهای خنک کننده و تانکهای ذخیره مواد شیمیایی و ... استفاده میشود .

این نوع دارای سانرینگ Silane بوده و سازگاری با انواع رزینهای پلیاستر و وینیلستر میباشد و همچنین در برابر رطوبت و مواد شیمیایی خورنده از مقاومت بسیار خوبی برخوردار است.

- مزایای FRP را میتوان بصورت زیر عنوان کرد:

- 1-عدم هدایت الکتریکی و حرارتی
- 2-عدم تاثیر در میدان های مغناطیسی و فرکانس های رادیویی
- 3-یک چهارم وزن سازه های فولادی
- 4-مقاومت کششی بیش از فولاد
- 5-سبکی و بالا بودن نسبت مقاومت به وزن
- 6-ظرفیت جذب ارتعاشات
- 7-بالا بودن دوام و پایداری
- 8-مقاوم در مقابل ضربه و رطوبت
- 9-مقاومت در مقابل حریق و اسیدها و بازها
- 10-بالا بودن مقاومت در مقابل نیروهای خمشی و برشی
- 11- پایداری ابعادی.
- 12- امکان اجراء شکل های پیچیده .

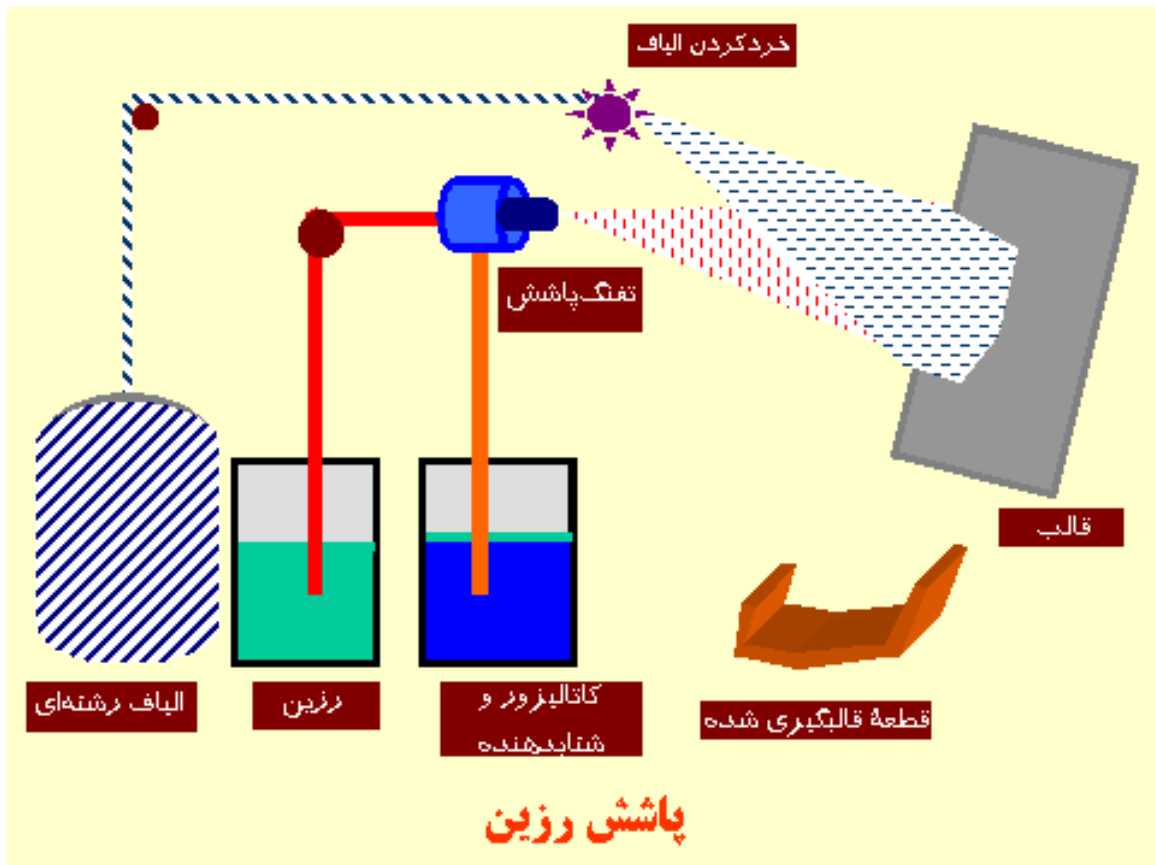
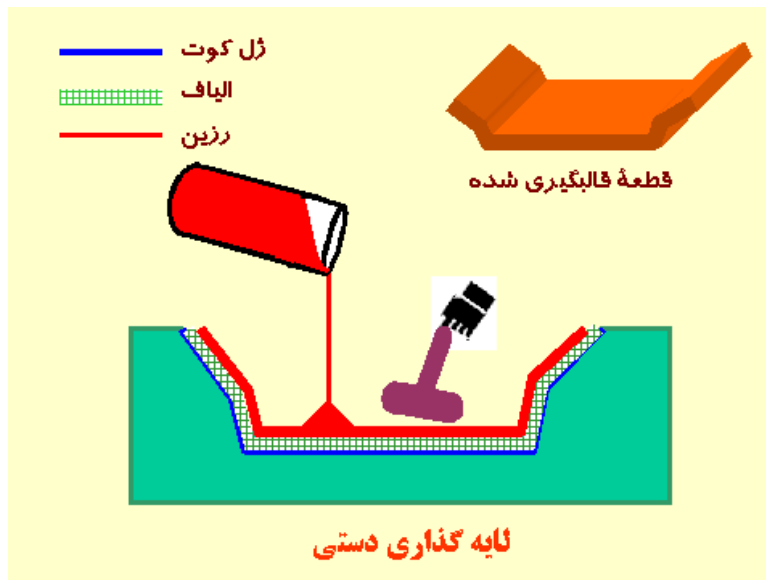
- مواد تشکیل دهنده و شرکتهای تولید کننده یا وارد کننده :

مواد اولیه FRP از کشور های آلمان و چین وارد کشورمان میشود . این مواد در کشور بصورت لوله FRP - ورق های FRP و میلگردهای FRP تبدیل میشود. کامپوزیت FRP تشکیل شده از الیاف بسیار مقاوم میباشد. الیاف کامپوزیت عضو اصلی باربر هستند و مقاومت و سختی زیادی در کشش دارند. ماتریکس پلیمری ، الیاف را در محل مطلوب نگه داشته و از صدمات محیطی در اثر بالا رفتن دما و رطوبت حفظ میکند. استفاده روزافزون FRP

نشاندنده برتری محسوس این محصول نسبت به سایر فلزات میباشد.

## - اصول نصب FRP

اصول نصب FRP بدین صورت است که تمام عملیات تقویت توسط چسب، لازم است نسبت به آماده سازی سطوحی که باید توسط FRP پوشانده شود اقدام شود. این کار توسط SAND BLASTING انجام میشود. بعد از آن یک لایه رزین بطور یکنواخت روی ناحیه ای که باید تقویت شود پخش میشود. الیاف به اندازه مورد استفاده بریده شده و بصورت سرد و بدون فشار روی لایه رزین قرار داده می - شود. پس از آن یک لایه رزین دیگر روی لایه الیاف پخش میشود و بعد از آن در صورت لزوم یک لایه دیگر الیاف گذاشته میشود. FRP محصولی برای تقویت سازه ها است که با چسباندن لایه ای از منسوج الیاف کربن و شیشه یا آرامید بوسیله رزین اپوکسی به روی سطح عضوی از سازه انجام میگردد. این لایه بصورت عضو تقویتی عمل میکند. این فرایند بر پایه قرار دادن (الیاف توام با ملاط چسبنده رزین) با مقاومت کششی بسیار بالا که بر اساس محاسبات فنی به قسمت تحت کشش عضو مورد نظر سازه چسبانده میشود استوار است. با این کار عملکرد و کارایی عضو و در نتیجه مقاومت سازه افزایش می یابد.



- کاربرد کامپوزیت FRP عبارتند از:



کامپوزیت FRP که ابتدا در صنایع هوا و فضا بکار برده شد با داشتن ویژگی های ممتاز چون ، نسبت بالای مقاومت به وزن، دوام در برابر خوردگی، سرعت و سهولت در حمل و نصب درجه ای نو پیش روی مهندسين فنی گشوده است به گونه ای که امروز سازه های متعددی در سرتاسر دنیا با استفاده از این مواد تقویت شده اند استفاده از مصالح کامپوزیت FRP به طور قابل توجهی در صنعت ساختمان ، شیمیایی و هوافضا یک بازار تکان دهنده و با سرعت در حال توسعه می باشد. اولین تحقیقات انجام شده بعنوان مثال درزمینه زلزله از اوایل دهه 1980 آغاز شده است، مانند زلزله 1990 کالیفرنیا و 1995 کوبه ژاپن نیز از جمله عوامل موثری برای بررسی کاربرد کامپوزیت پلیمری تقویت شده با الیاف FRP جهت تقویت و مقاوم سازی سازه های بتنی و بنایی در مناطق زلزله خیز گردید

## 1- صنایع برق و مخابرات



این مواد در ساخت قطعات گوناگون صنعت برق و مخابرات به کار می روند؛ از جمله: سینی کابل، سیستم های حمل

کابل در تونل ها و پل ها، کابل‌های فیبر نوری، تیرهای انتقال برق، بازوهای عرضی (کراس آرم ها)، مقره ها، برج های ارتباطی و غیره . علاوه بر مزایای که قبلا ذکر شده‌است در صنایع برق و مخابرات چند ویژگیهای نیز اضافه میشود.:

- حمل و نصب و نگهداری سریع و آسان
- عدم نیاز به تعمیر و نگهداری در طول مدت زمان
- کاهش تداخلات امواج رادیویی
- کاهش افت توان خط

محصولات کامپوزیتی پایه پلیمر از رزین های گرما سخت تقویت شده با شیشه و به نحوی طراحی و ساخته می شوند که یکپارچگی سازه ای آنها با انواع فولادی و آلومینیمی رقابت می کند؛ با این تفاوت که مشکلات خوردگی، سنگینی وزن و هدایت الکتریکی آنها را ندارند.

این محصولات در برابر اسیدها، نمک ها، قلیاها و محدوده وسیعی از محیط ها و مواد شیمیایی خورنده که بر آلومینیم و فولاد گالوانیزه اثرات شدیدی دارند، مقاومند. حتی محصولات آلومینیمی یا فولادی پوشش داده شده نیز ممکن است به علت خراش های کوچک ایجاد شده حین نصب یا پس از آن، در معرض آسیب باشند .

این محصولات در مقایسه با فولاد یا آلومینیم، دارای نسبت استحکام به وزن بسیار بالایی هستند درحالی که

یکپارچگی سازه ای مشابهی با آنها دارند. پروفیل های کامپوزیتی پالترود شده که در این سیستم ها به کار گرفته می شوند دارای وزن مخصوصی حدود یک چهارم فولاد و یک سوم آلومینیم هستند که این امر حمل و نقل و برپا کردن آن ها را تسهیل می کند. برخلاف فولاد زنگ نزن این قطعات را می توان در محل و با وسایل دستی برید و سوراخ کرد.

از آنجاییکه سینی و نردبان های این سیستم نارسانا هستند، از بابت انتقال برق به سیستم حمل کابل از کابل های آسیب دیده هیچ نگرانی وجود ندارد. علاوه بر آن احتیاجی به جلوگیری از خوردگی الکترولیتی در شرایط ویژه نیست. ویژگی های نارسانایی و مغناطیسی نبودن به معنی سیستم حمل کابل ایمنتر است.

## 2- صنایع شیمیایی و پتروشیمی



در ساخت، تعمیر و مقاومسازی خطوط لوله انتقال نفت، گاز و مواد خورنده مورد استفاده قرار میگیرد. وزن این مواد حدود 20% کمتر از وزن فلز لوله است و مقاومتی به اندازه 10 برابر آن میباشد. با توجه به

خوردگی شدید لوله‌های نفتی، تعمیر با این کامپوزیت بسیار راحت است و نقاط ضعف لوله را که عامل نشتی و ترکیدگی می‌باشد را چند برابر تقویت میکند. لوله های FRP که در پتروشیمی ها برای انتقال مواد اسیدی همچنین موادی چون اتان بکار می رود تا صد سال ضمانت اجرایی دارند و بیشترین کاربرد آنها عبارتند:

- حوضچه های مخازن نگهداری مواد خورنده صنعتی.
- حوضچه های مخازن نگهداری فاضلاب و پساب های صنعتی

این مواد دارای دوام بسیار عالی ولی به علت تردی در برابر ضربه بسیار ضعیف هستند.

### 3- کاربرد کامپوزیت FRP در مقاوم سازی سازه های بتن مسلح

امروزه نگهداری از سازه ها به دلیل هزینه ساخت و تعمیر بسیار حائز اهمیت می باشد با مطالعه رفتار سازه های بتنی مشخص می شود عوامل متعددی مانند: اشتباهات طراحی و محاسبه، عدم اجرای مناسب تغییر کاربری سازه ها، آسیب دیدگی ناشی از وارد شدن بارهای تصادفی، خوردگی بتن و فولاد و شرایط محیطی از دوام آنها می کاهد. سیستمهای الیاف مسلح شده پلیمری FRP برای تقویت سازه های بتنی پدیدار شده و به عنوان یک جانشین برای روش های سنتی از قبیل

چسباندن صفحات فولادی، افزایش سطح مقطع با بتن ریزی مجدد و پیش تنیدگی خارجی می باشد.

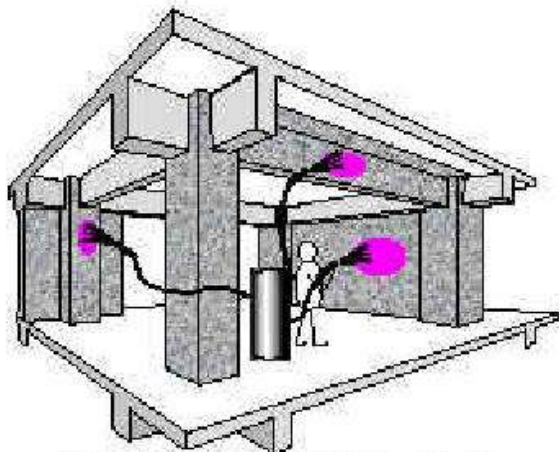


Figure 1. Sprayed-up FRP strengthening



Photo 1. Construction site of sprayed-up FRP

### Mechanical Properties of Sprayed-up FRP

با توجه به معایب این روشها مانند بازدهی کم و یا نیاز به امکانات و فن آوری خاص امروزه روش های مقاوم سازی با استفاده از کامپوزیت توسعه روز افزون دارد. محدودیت استفاده و کاربرد کامپوزیت در مهندسی ساختمان به قیمت بالای آنها برمی گردد البته هزینه و قیمت آنها به تدریج رو به کاهش می باشد به این ترتیب استفاده از آنها بیشتر و بیشتر خواهد شد. استفاده از FRP در زمینه مقاوم سازی، هر چند که هزینه بالایی در بردارد، اما با توجه به هزینه اجرای کم و نیز سایر مزایای FRP، در کل به صرفه ترین و موثرترین راه مقاوم سازی سازه های بتنی امروزه به شمار می رود.

در این حین، جهت استفاده صحیح و مناسب از این ماده و طراحی مقاوم سازی سازه های بتنی، آیین نامه ها، راهنماها و گزارشهایی در سراسر جهان منتشر گردید.

محصولات کامپوزیتی FRP با مقاومت بسیار عالی، در مقابل خوردگی در محیط‌های خشن و خورنده، توجه بسیاری از محققین و مهندسين در سراسر دنیا را به عنوان يك جانشین مناسب قطعات فولادي و میلگردهای فولادي در سازه‌های مجاور آب به خود جلب نموده است. اگر چه مزیت اصلی محصولات FRP مقاومت آنها در مقابل خوردگی است، خواص دیگری از آنها، نظیر مقاومت کششی بالا، مدول الاستیسیته قابل قبول، وزن کم، مقاومت خوب در مقابل خستگی و خزش، خاصیت عایق بودن و چسبندگی خوب با بتن و نیز دوام بسیار خوب از اهمیت بالایی برخوردار بوده و بر جاذبه آنها افزوده است. با این وجود بعضی از اشکالات و معایب این ماده نظیر مشکلات مربوط به خم کردن میله‌های FRP در سازه‌ها، تفاوت خواص حرارتی آنها با بتن و نیز رفتار الاستیک خشی آنها تا لحظه شکست را نباید از نظر دور داشت. در مجموع، توجه بیشتر به کاربرد محصولات کامپوزیتی FRP در سازه‌های بتنی که در محیط‌های خشن و خورنده - ساخته می‌شوند، نظیر سازه‌های آبی، ساحلی و دریایی، مشخصاً از آسیب‌های زودرس و ناخواسته و شکست سازه‌های بتنی مسلح در اثر خوردگی میلگردها جلوگیری خواهد نمود.

#### - خواص کامپوزیت های FRP

بر طبق گزارش اداره فدرال بزرگراه های آمریکا هنگام بررسی پلها از نظر سازه ای به دلیل پوشش کم بتن ، طراحی ضعیف ، عدم مهارت کافی هنگام اجرا و

سایر عوامل همانند شرایط آب و هوایی سبب ایجاد ترک در بتن و خوردگی آرماتور های فولادی شده است.

نگهداری از سازه بدلیل هزینه ساخت و تعمیر بسیار مهم است. عوامل زیادی مانند اشتباه در طراحی و محاسبه-اجرای نامناسب-تغییر کاربری سازه و خوردگی بتن و فولاد از دوام آنها میکاهد. FRP اصولا برای سازه های بتنی مورد استفاده قرار میگیرد. بطور کلی تقویت FRP برای همه سازه ها قابل کاربرد است.

پس از سالها مطالعه بر روی خوردگی ، FRP به عنوان یک جایگزین خوب آرماتور های فولادی در بتن پیشنهاد شده اند.

لذا به دلیل مزایای بالا به عنوان یک جایگزین مناسب برای آرماتورهای فولادی در سازه های دریایی ، سازه پارکینگها ، عرشه های پلها ، ساخت بزرگراههایی که بطور زیادی تحت تاثیر عوامل محیطی هستند و در نهایت سازه هایی که در برابر خوردگی و میدانهای مغناطیسی حساسیت زیادی دارند پیشنهاد میکند.

زمانی که یک پل ساخته میشود اگر تحقیق و بررسی در آن به عمل آید بنظر میرسد که بدلیل پوشش کم بتن، مهارت نداشتن در زمان اجرا و طراحی ضعیف و شرایط آب و هوایی موجب بوجود آمدن ترک در بتن و خوردگی آرماتورها شده است.

در اینجا FRP بعنوان یک جایگزین خوب آرماتورهای فولادی در بتن مورد استفاده قرار میگیرد. از انواع

تجاری این نوع میلگردها میتوان از (CFRP) و (AFRP) و (GFRP) یاد کرد که در ساختمان سازی کاربرد دارند. از اینگونه مواد بجای آرماتورهای فولادی پیش تنیده در سازه های بتنی پیش تنیده و یا غیر پیش تنیده استفاده میشود. FRP غیر فلزی و مقاوم در برابر خوردگی است و خواص مهم همچون مقاومت کششی زیاد آنها را برای استفاده بعنوان آرماتور میسر می-کند. از آنجا که FRP ها مصالح ناهمسانگرد هستند نوع و مقدار فیبر و رزین مورد استفاده، سازگاری فیبر و کنترل کیفیت لازم هنگام ساخت آن نقش اصلی را در بهبود خواص مکانیکی آن دارد.

مزایای بالا FRP را بعنوان یک جایگزین مناسب برای آرماتورهای فولادی در سازه های دریایی، عرشه های پل - ها، ساخت بزرگراههایی که بطور زیادی تحت تاثیر عوامل محیطی هستند و در نهایت سازههایی که در برابر خوردگی و میدان مغناطیسی حساسیت زیادی دارند پیشنهاد میشود.

نحوه تعیین قیمت آن بنا به مقدار مصرف مواد اولیه در هر کدام از این کامپوزیت ها بر آورد میشود. به نسبت اسکژوالی که دارند قیمتها بالا و پایین میشوند. این مواد دارای عمر بسیار بالایی هستند.

خوردگی قطعات فولادی در سازه های مجاور آب و نیز خوردگی میلگردهای فولادی در سازه های بتن آرمه ای که در معرض محیطهای خورنده کلروری و کربناتی قرار دارند، یک مسأله بسیار اساسی تلقی میشود. در



محیط‌های دریایی و مرطوب وقتی که یک سازه بتن‌آرمه معمولی به صورت دراز مدت در معرض عناصر خوردنده نظیر نمک‌ها، اسیدها و کلرورها قرار گیرد، میلگردها به دلیل آسیب‌دیدگی و خوردگی، قسمتی از ظرفیت خود را از دست خواهند داد.

- نتیجه گیری و پیشنهادات

اغلب کاربردی‌های پیشرفته از FRP بر پایه ترکیب الیاف کربن و شیشه به منظور بدست آوردن بالاترین قابلیت اجرایی و پایین‌ترین هزینه استفاده خواهد شد. در راستای تغییر کاربری که به تقویت سازه به جهت افزایش بار زنده است استفاده از FRP کاربرد وسیعی پیدا کرده است. مصالحی که به صورت سنتی در ساخت انواع سازه‌های موجود در شرایط اقلیمی جنوب ایران و به خصوص شرایط اقلیمی ساحلی و دریایی خلیج فارس به کار می‌رفته عمدتاً فولاد و بتن بوده است. از طرفی شرایط آب‌وهوایی خلیج فارس که شرایطی بسیار خشن و متغیر بوده، بتن و به خصوص فولاد را به شدت تحت تهاجم قرار می‌داده است، لذا با توجه به آنچه در مطالعات انجام شده که در مقاله نیز ذکر گردید بسیار به جاست و در پل‌های جنوب کشور که در معرض گرمای بسیار زیاد (تا 50 درجه سانتی‌گراد) و خوردگی شدید قرار دارند از کامپوزیت‌های FRP به عنوان جانشینی مناسب برای مصالح رایج استفاده کرد.

- منابع

1-Frp stre

L.Lam . Ngthened rc structures .J.G.Teng .J.F.Chen

2-Advance

1997 Composite materialin bridges , EI-Berry

3-Fatigue Perfor

protypes Mance evaluation of frp composite bridge deck

under . High and low temperatures , piyush k.Dutta

4-Environmental

for composites and Issues, Whole life costing ( WLC ) ,Network Group  
( Construction ( NGCC

Kwon and Roberto Lopez-Anido Soon-Chul

5-Fatigue

Uk, Bath University of in , Composites , Edited by Bryan Hamis

6-Compostites

National . In civil applications .Dr . H . Felix Wu

and Technology Standards of Institute

## 7-Construction

Possible dissertation topics: Construction parison of Management  
Systems : Social com Dual Water Supply

Economic

مشخصه مکانیکی	FRP	سخت PVC	فولاد نرم	فولاد ضد زنگ	چوب
مقاومت کششی	382	44	340	340	80
مقاومت خمشی	468.3	70	380	380	12
لنگر خمشی	22489	2400	196000	196000	700
استحکام ضربه	2.15	0.09	1.5	0.53	-