

## بهسازی پایه های زیر آب با سوپر لمینیت " نسل جدید FRP "

محمد رضا احسانی 1 اسمعیل پورشاهید 2

1- استاد دانشگاه آریزونا و مدیر شرکت QuakeWrap

2- عضو هیئت علمی و مدرس قبلی دانشگاه امام علی و عضو کمیته تصویب دستورالعمل بهسازی لرزه ای

Email: [esipour@Retrofit-Design.ca](mailto:esipour@Retrofit-Design.ca)

تلفن همراه : 09121004154

### خلاصه

تا کنون FRP در تقویت سازه ها یا با روش اجرای تر (با استفاده از پارچه های کربن - شیشه و ... که با اشباع کردن بوسیله اپوکسی در محل مورد استفاده چسبانده می شوند) و یا تسمه های پیش ساخته لمینیت (به عرض حداکثر 10 سانتی متر و ضخامت حدود 1/3 میلیمتر که روی سطح اجرا می گردند) مورد استفاده قرار می گرفت، که هر یک دارای محدودیت هایی می باشند.

در این مقاله سعی بر آن است تا یکی از توانایی های استثنایی نسل جدید FRP که اخیرا با طراحی تجهیزات مخصوص ساخته شده و سوپر لمینیت ([www.superlamine.com](http://www.superlamine.com)) نامگذاری گردیده است شرح داده شود.

سوپر لمینیت معمولا با عرض حدود 50 اینچ و ضخامت 0/025 اینچ دارای طولی برابر 300 فوت می باشد و به صورت یک حلقه با شعاع 15 اینچ بسته شده است که به سادگی قابل حمل می باشد.

کاربرد سوپر لمینیت نه تنها در تقویت پایه ها بلکه در بهسازی و تقویت لوله ها و بسیاری از سازه ها باعث سرعت در اجرا و صرفه جویی در هزینه می گردد که در زیرتعدادی از کاربردهای استثنایی آن ذکر گردیده است.

1 - حلقه سوپر لمینیت را بسادگی میتوان داخل لوله نمود که بلافاصله پس از رها شدن در داخل لوله بصورت فنری باز شده و به سطح داخلی لوله می چسبد. اتصال لمینیت با اجرای یک لایه نازک اپوکسی به پشت لمینیت و یا به سطح لوله و چسباندن آن به سطح انجام می شود.

2 - اجرای یک پوسته سازه ای یکپارچه (بدون درز) در اطراف ستون موجود وقتی دسترسی از طبقات بالا و پایین محدود است.

3 - اجرای یک پوسته سازه ای سیلندری که می تواند بعنوان قالب نیز مورد استفاده قرار گیرد برای بالا بردن محصور شدگی ستون مربع موجود که بسیار موثر است.

4 - تعمیر اقتصادی پایه هایی که زیر آسیب قرار دارند و در مجاورت آب دائما دچار خرابی می شوند با بهبود پوشش پایه و حذف تکرار هزینه های سنگین تعمیر.

1- استاد دانشگاه آریزونا و مدیر شرکت QuakeWrap ([www.Quakewrap.com](http://www.Quakewrap.com))

2- عضو شورای سازه جامعه مهندسان مشاور ایران و مدیر مهندسی مشاور شالوده سازان شبکه ([www.shaloudeh.com](http://www.shaloudeh.com))

- 5- تعمیر پایه های پل بدون نیاز به حفاری.
  - 6-تعمیر لوله ها ، آبروها و منابع دایره ای با کیفیت بالا و سریع .
  - 7- تعمیر لوله ها بدون قطع جریان و ایجاد مسیر فرعی همسطح.
  - 8- تعمیر موضعی لوله های 18 اینچ به بالا در جهت قطری.
- کلمات کلیدی: FRP ، سوپر لمینیت ، تعمیر ، بهسازی، لوله، نفت و گاز .

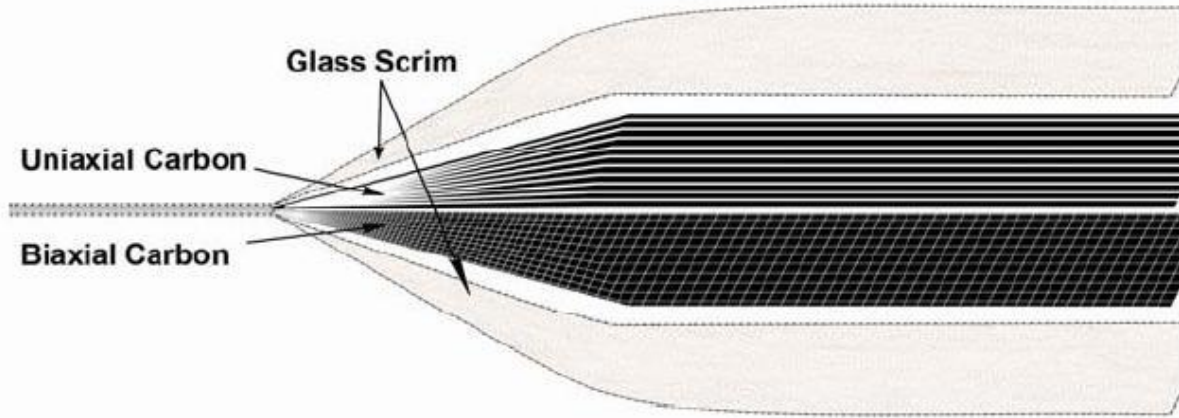
#### مقدمه

پس از گذشت سالها از بکارگیری کمپوزیت FRP در صنعت ساختمان اکنون استفاده از آن به روش تر ویا استفاده از تسمه های پیش ساخته لمینیت در مقاوم سازی و بهسازی لرزه ای سازه ها گسترش یافته و یکی از روشهای شناخته شده در این امر می باشد در سالهای اخیر و با بکارگیری بیشتر FRP محدودیت های استفاده از آن نیز مشخص گردیده است. و باید دقت زیادی در اجرای جهت الیاف نمود، در مورد تسمه های لمینیت یکجتهه بودن باعث آن گردیده که تنها برای تقویت خمشی تیرها و دالها ویا تقویت برشی بعضی از تیرها مناسب باشد و با توجه به ضخامت آنها در بیشتر موارد بعلت گسیختگی رزین اتصال با نیروی کمتر ، نمی توان از تمام ظرفیت آنها استفاده نمود و همچنین سختی تسمه های لمینیت اجازه نمی دهد آن را به حلقه های کوچکتر از 750 میلیمتر در آورد و این یکی از بزرگترین محدودیتها در برخی پروژه ها می باشد. لذا ایده ساخت نسل جدید FRP بنام سوپر لمینیت مطرح و با ساخت تجهیزات لازم اقدام به تولید این محصول شده است.

در این مقاله بخشی از کاربردهای سوپر لمینیت مورد بررسی قرار گرفته و مزایای استفاده از آن به مطرح می گردد.

#### سوپر لمینیت

سوپر لمینیت نسل جدید محصولات FRP می باشد که اخیرا گسترش یافته و بر محدودیت های تسمه های لمینیت که قبلا ذکر گردید غلبه نموده است. این محصول راه حل بسیاری از مشکلات اجرایی پروژه ها یی است که مهندسين و پیمانکاران سالها با آن درگیر بوده اند. سوپر لمینیت با تجهیزاتی که بدین منظور طراحی گردیده است ساخته می شود . برای تولید آن پارچه های کربن یا شیشه با عرض بیش از 1/5 متر که با رزین اشباع شده با فشار وحرارت یکنواخت از دستگاه پرس عبور داده میشود.(تصویرهای شماره 1و2)



تصویر شماره 1 : سوپر لمینیت ممکن است از چند لایه و با پارچه یک یا دو جهته ساخته شود.



تصویر شماره 2 : از چپ به راست سوپر لمینیت کربن و شیشه، تسمه کربن.

سوپر لمینیت نسبت به لمینیت متعارف دارای سه امتیاز بزرگ می باشد.

- 1- می توان ترکیبی از الیاف بصورت یک جهته و دو جهته بکار برد که امکان تامین مقاومت در هر دو جهت طولی و عرضی را داشته باشد، این مزیت چشمگیر می تواند کاربردهای جدیدی را بدنبال داشته باشد .
- 2- این محصول بسیار نازک تر از لمینیت متعارف بوده و بطور معمول حدود 0/66 میلیمتر ضخامت دارد و بسادگی می تواند به قطر کمتر از 200 میلیمتر حلقه شود (تصویر شماره 3)

3- تعداد لایه های متفاوت با آرایش نامحدود می توان طراحی نمود تا محصولی مناسب با پروژه ای خاص بدست آورد و به این ترتیب صرفه جویی زیادی در زمان و هزینه نمود .

یکی از مشکلات اجرایی که بوسیله سوپر لمینیت می توان برطرف نمود در زیر توضیح داده شده است.

### بهبودی پایه های زیر آب

در تمام دنیا بخش عظیمی از پل ها، و پایه ها و سکوها ساحلی هستند که با شمع پشتیبانی می شوند. منطقه شتک ( پاشیدن آب) در این شمع ها تحت تأثیر سیکل های خشک- مرطوب است که باعث نابودی سریع این اجزا می شود. در طول سالها سیستم های تجاری زیادی برای تعمیر این اجزا ارائه شده اند. اکثر این سیستم ها شامل دو نیمه پوسته می شود که نوعا از الیاف شیشه ساخته شده و با هر شمع خاصی مطابقت داده می شود. روکش ها از پیش ساخته شده اند و در صندوق های بزرگ به محل ارسال می شوند. در محل، روکش ها در اطراف شمع جاداده می شوند و به پیچ و تسمه (بند) های فولادی به هم قفل می شوند(بسته می شوند). سپس فضای حلقوی با دوغاب سیمان پر می شود و پوسته یا بیرون آورده می شود یا در محل باقی می ماند.

سه اشکال عمده در این سیستم ها وجود دارد. اول اینکه، این نوع نصب نیازمند برنامه ریزی و سفارش روکش های مخصوص است که به نحوی که ابعاد شمع موجود متناسب باشد. ثانيا، اینگونه نصب اینست که غواص ها وقت خود را برای نصب زیر آب اختصاص دهند. و بالاخره اینکه، وجود درزهای عمودی در طول ارتفاع روکش باعث سطوح ضعیفی می شود که مانع فشرده شدن دوغاب می گردد. در حالی که عامل نهایی منجر به اجرای سازه ای ضعیف می شود، دو عامل اول نیز باعث گران تمام شدن سازه می گردند.

شبهه به روش توصیف شده برای ستون ها، می توان در محل در اطراف شمع موجود یک روکش بدون درز ساخت ( شکل 6). این محصول با نام تجاری pileMedic توسط شرکت Quakewrap بازاریابی می شود.



تصویر شماره 7: ساخت یک روکش یکسره ( pileMedic ) در اطراف یک لوله فولادی موجود با سوپرلمینیت ؛ پرکردن فضای حلقوی با دوغاب و چشم اندازی از شمع های بهسازی شده

یک بسته لوله شده ( roll ) سوپر لمینیت می تواند برای ایجاد روکش استوانه ای در اطراف شمع هایی با اندازه و اشکال مختلف به کار رود. وقتی شرایط محل کار اجازه دهد، می توانیم بالای خط آب تهیه روکش را شروع کنیم ( روی قسمت های خشک شمع ). وقتی چند دور کامل زده شد، بخش های تکمیل شده روکش به تدریج به داخل آب برده می شود، و کارگران به ساخت بخش باقیمانده روکش در بالای سطح آب ادامه می دهند. رزین اپوکسی های مقاوم در مقابل آب به کار برده می شوند که در آب ترکیب شده و سفت می گردند. این موضوع ساخت روکش های شمع را در محیط های دریایی بسیار آسان می سازد. پس از تکمیل فضای حلقوی پایینی و بالایی بین روکش و شمع مثلا با یک کیسه لاستیکی



شبیبه به لاستیک تویی دوچرخه آب بندی ( مهروموم ) می شود. آب بندی بخش پایینی روکش اولین کاری است که ممکن است نیازمند کمک غواص ها باشد. سپس فضای حلقوی پر می شود، و در صورت لزوم ، فشرده می گردد. فشرده کردن فضای حلقوی ما را مطمئن می سازد که دوغاب سیمان یا رزین تمام فضاهای خالی و شکاف ها را در شمع از بین رفته پر می کند. همچنین این فشرده گی باعث محصور شدگی فعال عرضی در شمع می گردد، که در نتیجه ظرفیت تحمل بار محوری شمع افزایش می یابد.

### نتیجه گیری

پس از گذشت دو دهه از معرفی FRP در تعمیر و بهسازی سازه ها، ارائه این محصول توسط شرکت Quakewrap پیشرفت شگرفی است که تعمیر و بهسازی پروژه های بسیاری که با لمینیت های سنتی یا روشهای اجرای تر ( که بیست سال به صنعت ساختمان خدمت کرده اند ) امکان پذیر نیست را مقدور می سازد.

در این مقاله کاربردهای زیادی از سوپر لمینیت ها بطور خلاصه آورده شده و یکی از موارد آن تشریح شده است اما بعضی از آن ها نیز به دلیل جلوگیری از طولانی شدن این مقاله حذف شده اند. در بعضی موارد، این راه حل ها واقعا ابتکاری هستند و نتایجی داشته اند که قبلا غیرممکن بوده اند. امیدواریم که این توسعه بعدها باعث پیشرفت در بکارگیری محصولات FRP در پروژه های ساختمانی برای دهه های پیش رو گردد.

### مراجع و تأییدات

The methods of construction and applications of super laminates discussed in this article are protected by several pending US and international patent applications. PipeMedic™, PileMedic™, and SuperLaminate™ are trademarks of QuakeWrap, Inc.

ACI Committee 440 (2008). "Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures, (440.2R-08).

Carr, H. (2009). "Repair of Prestressed Concrete Cylinder Pipes with Carbon FRP," presented at ASCE Pipelines, San Diego, CA, August 15-19, 2009.

"Engineer says agency leaked idea," (1990). Engineering News Record, August 9, 1990, p. 16

Johnson, B., and Shenkiryk, M. (2006). "The Genesis of a Condition-Based Asset Management Program for Critical Water Pipelines," *Western Regional Trenchless Review*, 31-35.

Saadatmanesh, H. and Ehsani, M.R. (1990). "Fiber Composite Plates Can Strengthen Concrete Beams," *Concrete International*, 12(3), 65-71.



دانشگاه صنعتی آب و برق  
شهید عباسپور

کنفرانس ملی صنعتی سازی سازه ها ، تهران- 6 اسفند ماه 1388، دانشگاه صنعت آب و برق



مرکز ملی تعاون سازی ایران  
دوره پنجم سازی و صنعتی سازی ایران