رفتار استوانه های بتنی محصور شده با نوارهای CFRP تحت بار فشاری محوری

محمد رضا جواهری تفتی (عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحدیزد ، رئیس دانشگاه آزاد اسلامی واحد تفت)

تلفن:03526228000 فاکس:03526223241

آدرس پست الکترونیکی : MR.JAVAHERITAFTI@YAHOO.COM

حسین انتظاری زارچ (عضو باشگاه پژوهشگران جوان ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد)

تلفن:03923222567 فاکس: 03923226171

آدرس پست الکترونیکی: ENTEZARI_7681@ YAHOO.COM

سید مهدی قریشی (کارشناس ارشد سازه،دانشگاه آزاد اسلامی واحد تفت)

همراه:09133513872

چکیده

یکی ازپرکاربردترین استفاده های کامپوزیت های CFRP در مهندسی عمران،استفاده از آنها برای محصور کردن ستون های بتنی و ستون های با مصالح بنایی جهت افزایش ظرفیت باربری و شکل پذیری آنها می باشد.برای محصور کردن ستون ها با نوارهای CFRP شیوه های متفاوتی وجود دارد. تفاوت های اصلی در این شیوه ها،تعداد لایه های نوارهای CFRP و زاویه قرارگیری این نوارها نسبت به محور قائم ستون ها می باشد.در این مقاله نتایج حاصل از آزمایش انجام شده در آزمایشگاه سازه دانشگاه آزاد اسلامی واحد تفت بر روی استوانه های بتنی محصور شده با نوارهای CFRP ارائه می شود.هدف از انجام این آزمایش بررسی تاثیر تعداد لایه های نوارهای CFRP و زاویه قرارگیری الیاف های موجود در این نوارها نسبت به محور قائم استوانه ها می باشد.

کلید واژه ها

مقاوم سازی، CFRP،ستون های بتنی،استوانه های بتنی

1-مقدمه

یکی از موارد استفاده از کامپوزیت های CFRP ترمیم و حفاظت از ستون های بتنی و ستون های با مصالح بنایی می باشد.این مواد با ویژگی های ممتازی مانند نسبت بالای مقاومت به وزن، مقاومت در برابر خوردگی و حملات شیمیایی، دوام مطلوب، مقاومت مکانیکی در دمای بالا، سهولت حمل و به کارگیری به علت

انعطاف پذیری بالا،جایگزین روش های دیگر مقاوم سازی ستون ها مانند استفاده از فولاد شده است. هنگامی که ستون های پوشیده شده با این مواد،تحت اثر بار فشاری قرار می گیرند،پوشش پیرامون آنها از انبساط محیطی مقطع که ناشی از گسترش ترک های فشاری است،جلوگیری می کند و نوعی تنش فشاری محصور کننده غیر فعال را بدان وارد می آورد . به این ترتیب باربری هسته بتن ادامه می یابد و ستون بتنی در تنش فشاری بالاتری منهدم می گردد . در مقاطع مدور تنش محصور کننده جانبی به طور یکنواخت در کل مقطع ستون توزیع می شود که باعث ایجاد تنش های یکنواختی در پوشش FRP می شود و مقاومت فشاری آنها را به مقدار قابل توجهی افزایش می دهد .در این مقاله نتایج آزمایش انجام شده بر روی 27 نمونه استوانه ای با ویژگی های پوششی متفاوت ارائه می شود.

2-آزمایش

این آزمایش بر روی 27 نمونه استوانه ای انجام شد.3 عدد از این استوانه ها بدون پوشش بودند و 24 استوانه دیگر با نوارهای CFRP با تعداد لایه های متفاوت و آرایش قرارگیری متفاوت پوشیده شده بودند.این استوانه ها دارای قطر 150 میلیمتر و ارتفاع 300 میلیمتر بودند.استوانه ها 24 ساعت پس از قالب ریزی از قالب ها بیرون آورده شدند و در آبی با دمای 25 درجه سانتیگراد به مدت 30 روز نگهداری شدند و پس از آن 5 روز در مجاورت هوا قرار گرفتند تا خشک شوند.

سطح 24 استوانه ای که برای پوشش نوارهای CFRPآماده شده بودند با سمباده نرم از لایه های سست ایجاد شده برروی آنها پاک شد و سپس با فشار باد سطح آنها برای چسبیدن بهتر نوارهابه سطح بتن از هرگونه گردو غباری تمیز شد.

برای محصور کردن استوانه ها از نوارهای CFRP با ویژگی های نشان داده شده در جدول 1 استفاده شد. این نوارها با چسبی مرکب از دو بخش سخت کننده و رزین به سطوح استوانه ها چسبانده شدند.ویژگی های چسب اپوکسی در جدول 2 نشان داده شده است.

جدول1. *ویژگی های نوارهای CFRP*

Property	ASTM METHOD	TYPICAL TEST VALUE
Ultimate tensile strength in primary fibre direction(Mpa)	D-3039	1052MPa
Elongation at break	D-3039	1.05%
Tensile modulus(Gpa)	D-3039	102GPa
Ultimate tensile strength 90 degrees to primary fibre (MPa)	D-3039	0
Laminate Thickness(mm)	-	0.25mm

جدول2. *ویژگی های چسب اپوکسی*

Property	ASTM METHOD	TYPICAL TEST VALUE
Tg (24 hours post cure at 60ºC)	ASTM D-4065	82°C
Tensile Strength(MPa)	ASTM D-638 Type 1	72.4MPa
Tensile Modulus(GPa)	ASTM D-638 Type 1	3.18GPa
Elongation Percent	ASTM D-638 Type 1	5%
Flexural Strength(MPa)	ASTM D-790	123.4MPa
Flexural Modulus(GPa)	ASTM D-790	3.12GPa

در این آزمایش نمونه های گروه A نمونه های ساده بودند و نمونه های گروه B (B-3,B-2,B-1) دارای1 ،2 و 3 لایه نوارهای CFRPقرار گرفته در زاویه 90 درجه نسبت به محور قائم استوانه بودند.این نوارها به عرض 130 میلیمتر بودند و 30 میلیمتر از عرض نوار برای همپوشانی لبه نوارها در نظر گرفته شده بود.

نمونه های گروه C (C-3,C-2,C-1) دارای1،2 و 3 لایه نوارهای CFRP قرار گرفته در زاویه 45 درجه بودند. عرض این نوارها 100 میلیمتر بود ،که حدود 20 میلیمتر از آن برای همپوشانی لبه نوارها در نظر گرفته

شده بود. برای مهار لبه بالایی و پایینی نوارها از نوارهایی به عرض 30 میلیمتر که یک دور به دور لبه بالایی و لبه پایینی استوانه پیچیده شده بودند، استفاده شد.

نمونه های گروه D دارای یک لایه نوار قرار گرفته در زاویه 45+ درجه ویک لایه نوار قرار گرفته در زاویه 45- بودند. عرض و طول همپوشانی در نظر گرفته شده برای هرکدام از لایه ها مانند نوارهای گروه C ، 100 میلیمتر و 20میلیمتر بود و لبه بالایی و پایینی این نوارها با نوارهایی به عرض 30 میلیمتر (همانند گروه C) مهار شدند.نمونه های گروه E با سه لایه نوار CFRPکه به ترتیب در زوایای 45+درجه و 45- درجه و90 درجه نسبت به محور قائم استوانه قرار گرفته بودند، پوشیده شده بودند. طول همپوشانی در نظر گرفته شده در راستای محیط استوانه برای لایه رویه ، یعنی لایه با نوارهای قرار گرفته در زاویه 90 درجه ، 50 میلیمتر بود.

این نمونه ها با دستگاهی با ظرفیت 2000KN تحت آزمایش فشاری قرار گرفتند. سرعت بارگزاری در این دستگاه 5.2 بود.

3-نتایج آزمایش

نتایج حاصل از آزمایش در جدول3 نشان داده شده است. نمونه های ساده دارای مقاومت 26/2MPa بودند.حالت گسیختگی در این نمونه به صورت موازی با محور استوانه بود(شکل 1).

جدول3.*نتایج آزمایش*

نمونه ها		تعداد لایه های نوارهای قرارگرفته در زاویه			میانگین مقاومت فشاری(MPa)
		90º	+45º	–45º	
A		-	-	-	26/2
B	B-1	1	-	-	50/7
	B-2	2			72/03
	B-3	3			78/1
C	C-1	-	1	-	30/2
	C-2	-	2	-	32/97
	C-3	-	3	-	37/2
D		-	1	1	36/49
E		1	1	1	52/23

شکل 1:*نمونه ساده*

شکل 2:*نمونه با نوارهایی با زاویه°90*

مقاومت فشاری در نمونه های گروه B که دارای یک لایه(B-1) ، دولایه(B-2) و سه لایه (B-3) نوارهای CFRP قرار گرفته در زاویه 90 درجه بودند،به ترتیب 93٪ ،175٪ و198٪ نسبت به نمونه های گروه A (نمونه های ساده) افزایش یافت.حالت گسیختگی در این نمونه ها،گسیختگی پوشش در راستای ارتفاع استوانه ها بود(شکل2).

مقاومت فشاری در نمونه های گروه C که دارای یک لایه(C-1) ، دولایه(C-2) و سه لایه(C-3) نوارهای CFRP قرار گرفته در زاویه 45 +درجه بودند،به ترتیب 15٪،25٪ و42٪ نسبت به نمونه های گروه A (نمونه های ساده) افزایش یافت.در این نمونه ها گسیختگی به صورت مارپیچی و در راستای زاویه قرارگیری الیاف ها (زاویه 45 +درجه)در بتن و پوشش CFRP رخ داد (شکل3).

درنمونه های گروه D با یک لایه نوار CFRP قرار گرفته در زاویه45 +درجه و یک لایه در زاویه 45– درجه ،مقاومت فشاری به میزان 39 ٪ افزایش یافت.در این نمونه ها نیزگسیختگی به صورت مارپیچی و در راستای زاویه قرارگیری الیاف های لایه زیرین (زاویه 45+درجه)در بتن و پوشش CFRP رخ داد.

درنمونه های گروه E با یک لایه های نوارهای CFRP قرار گرفته در زاویه45 +درجه ، 45 – درجه و 90 درجه ،مقاومت فشاری به میزان 99 ٪ افزایش یافت. در این نمونه ها نیزگسیختگی به صورت مارپیچی و در راستای زاویه قرارگیری الیاف های لایه زیرین (زاویه 45 +درجه)در بتن و پوشش CFRP رخ داد.

شکل 3:*نمونه با نوارهایی با زاویه 45^o*

نتیجه گیری

از انجام آزمایش بر روی 27 نمونه استوانه ای برای بررسی تاثیر تعداد لایه های نوارهای CFRP و چگونگی آرایش این نوار ها بر روی این استوانه ها می توان نتیجه گرفت که:

1)بهترین حالت محصور کردن استوانه ها ، دور پیچ کردن آنها با نوارهای CFRP با زاویه 90 درجه نسبت به محور قائم استوانه ها می باشد.

2)با افزایش تعداد لایه های نوارهای CFRP میزان مقاومت فشاری نیز افزایش می یابد.

3) اگرچه با افزایش تعداد لایه های نوارهای CFRP میزان مقاومت فشاری نیز افزایش می یابد،اما میزان تغییر در مقاومت فشاری با افزایش تعداد لایه های نوارهای CFRP کاهش می یابد ومی توان یک حد ماکزیممی را برای افزایش مقاومت نمونه ها با افزایش در تعداد لایه ها در نظر گرفت.

مراجع

1.J.Li,M.Moulsdale,M.S.N.Hadi,“Externally Confined High Strength Concrete Columns under Eccentric Loading.” Fibre-Reinforced Polymer Reinforcement for Concrete Structures,Vol1.

2.M.Theriault,M.A.Pelletier,K.Khayat,Al Chami,“Creep Performance of CFRP Confined Concrete Cylinders.” Fibre-Reinforced Polymer Reinforcement for ConcretStructures,Vol1.

3.A.Prota,G.Manfredi,E.Cosenza.“Behaviour of RC Columns Retrofitted by Fibre Reinforced Polymers under Cyclic Loads.” Fibre-Reinforced Polymer Reinforcement for Concrete Structures,Vol1.

4.A.A.Mortazavi,K.Pilakoutas,M.A.Ciupala.“Lateral Prestressing of RC Columns with FRP Jackets.” Fibre-Reinforced Polymer Reinforcement for Concrete Structures,Vol1.