

بررسی رفتار ستون‌های بتن مسلح تحت اثر بارگذاری چرخه‌ای قبل و بعد از بهسازی با الیاف پلیمری

سینا خوارزمی

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران - سازه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قشم، قشم، ایران

علیرضا راسخی صحنه*

هیات علمی گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قشم، قشم، ایران

sinakharazmi.civileng@yahoo.com

چکیده:

امروزه روند مقاوم‌سازی و بهسازی لرزه‌ای در کشورمان شتاب بیشتری به خود گرفته است و با توجه به این که اغلب ساختمان‌های موجود در کشورمان بافتی فرسوده و غیر استاندارد دارند، بررسی مقاوم‌سازی به ویژه در حیطه‌ی ستون‌ها که از مهم‌ترین و حیاتی‌ترین اجزای سازه می‌باشند، امری اجتناب ناپذیر است. لذا در این تحقیق به بررسی رفتار ستون‌های بتن مسلح تحت اثر بارگذاری چرخه‌ای قبل و بعد از بهسازی با الیاف پلیمری می‌پردازیم. در همین راستا جهت صحت‌سنجی مدل‌سازی از یک مطالعه آزمایشگاهی مناسب استفاده شده است. سپس در نرم‌افزار اجزای محدود آباکوس با شبیه‌سازی چندین مدل متنوع به بررسی نحوه مناسب آرایش مقاوم‌سازی الیاف پلیمری پرداخته شده است. پس از مطالعه نمودارهای هیستریزیس بار-جابجایی، نمودار پوش بار-جابجایی، بار نهایی و سهم الیاف پلیمری مدل‌ها، مشخص شد، نمونه‌هایی که الیاف پلیمری دارند دارای قابلیت تحمل بار بیشتر و همچنین جذب و استهلاک انرژی بیشتر نسبت به حالت بدون الیاف می‌باشند.

کلید واژگان: مقاوم‌سازی، بتن مسلح، هیستریزیس، اجزای محدود

۱- مقدمه

آسانی بکارگیری، در دسترس بودن مصالح، اقتصادی بودن و دیگر ویژگی‌های ورق‌های پلیمری، باعث شده که در میان متخصصان بیش از هر مصالح دیگری گزینه‌ای مناسب برای مقاوم‌سازی باشند. ساختمان‌ها علاوه بر بارهای متداول، می‌توانند در معرض بارهای حدی قرار گیرند. بررسی رفتار ساختمان‌ها در برابر بارهایی همچون زلزله، بارهای ناشی از برخورد اجسام، بارهای ناشی از انفجارهای روی داده در مجاورت آن‌ها و یا حتی در داخل آن‌ها، همواره از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده است. با توجه به این که کشور ما در منطقه‌ای زلزله خیز واقع است و این امکان وجود دارد که در طراحی بسیاری از سازه‌ها که در سال‌های گذشته انجام گرفته، نیروی زلزله به درستی در نظر گرفته نشده باشد، لذا تعداد زیادی از سازه‌ها نیاز به تقویت و مقاوم‌سازی در برابر بارهای چرخه‌ای دارند. تقویت سازه برای مقابله با ارتعاشات و نیروهای وارده در اثر زلزله با روش‌های مختلف و جدید از مباحث نسبتاً تازه در مباحث علمی است. در این تحقیق سعی شده تا رفتار ستون‌های واقع تحت بارهای چرخه‌ای مورد بررسی قرار گیرد. در این راستا، از روش اجزای محدود استفاده به عمل آمده است. مطالعات فراوانی نیز در خصوص رفتار ستون‌های بتن مسلح انجام شده است. راجندرا و همکارانش^۱ (۲۰۰۹) به بررسی رفتار عددی ستون‌های بتن مسلح تحت بارگذاری مونوتونیک و بارگذاری چرخه‌ای پرداختند. در این مطالعه درصد فولاد مصرفی و نحوه مقاوم‌سازی الیاف متغیر انتخاب شدند و در نهایت نمودارهای کرنش محوری-تنش محوری برای تمام نمونه‌ها با هم مقایسه شدند و مشاهده شد با افزایش درصد فولاد و الیاف کرنش ظرفیت مقطع نیز افزایش پیدا می‌کند. [۱]. ریلفونزو و ناپولی^۲ (۲۰۱۳) به بررسی ستون‌های بتنی تقویت شده با الیاف کربن تحت اثر بار لرزه‌ای پرداخته شده است. در این مدل آزمایشگاهی ۹ ستون مرجع و مقاوم‌سازی شده تحت اثر بار لرزه ای و بار محوری در آزمایشگاه دانشگاه سالرنو مورد مطالعه آزمایشگاهی قرار گرفتند. در نهایت نمودار سایکلک بار جانبی-جانبی، منحنی پوش بار جانبی-جانبی، درصد جابجایی نسبی-عکس‌العمل تکیه‌گاهی و جابجایی-کرنش الیاف کربن برای نمونه‌های مدلسازی شده ترسیم و با یکدیگر مقایسه گردید [۲]. دسپریز و همکارانش^۳ به بررسی مدل خرابی ستون‌های تقویت شده با الیاف پلیمری تحت اثر بار محوری و بارگذاری لرزه ای پرداختند [۳]. اویرام و همکارانش^۴ به بررسی و جمع‌آوری مطالعات انجام شده گذشته در خصوص رفتار ستون‌های بتن مسلح تحت بارگذاری لرزه‌ای دو محوری پرداختند [۴]. بلال و همکارانش^۵ به بررسی رفتار ستون‌های بتن مسلح تقویت شده با ورق‌های فولادی پرداختند. مطالعه انجام شده آزمایشگاهی و عددی می‌باشد و جهت انجام مطالعه عددی این مطالعه از نرم‌افزار Ansys12 استفاده شده است. در کل ۶ نمونه ستون با ابعاد ۲۰۰×۲۰۰ میلی‌متر و ارتفاع ۲۰۰۰ میلی‌متر بررسی شدند. کلیه ستون‌ها تحت اثر بارگذاری محوری قرار گرفتند و در نهایت نمودارهای

جابجایی- بار حاصل از مطالعه آزمایشگاهی و تحلیل عددی با یکدیگر مقایسه شدند [۵]. مازاکو و همکارانش^۶ (۲۰۱۶) به بررسی عددی ستون‌های بتن مسلح مقاوم‌سازی شده با الیاف کربن تحت اثر بارگذاری محوری پرداختند. در این تحقیق جهت انجام مطالعه از نرم‌افزار Abaqus استفاده کردند و در نهایت به بررسی کرنش محوری-تنش محوری پرداختند [۶].

۲- روش تحقیق

در این تحقیق در ابتدا جهت صحت‌سنجی مدل‌سازی در نرم‌افزار اجزای محدود آباکوس از مطالعه آزمایشگاهی انجام شده توسط دسپریز^۷ و همکاران استفاده شده است، پس از صحت‌سنجی با ساختن مدل‌های پیشنهادی با آرایش‌های مختلف الیاف پلیمری به بررسی عددی رفتار این ستون‌ها توسط نرم‌افزار شبیه‌ساز اجزای محدود آباکوس پرداخته شده است. [۷ و ۸ و ۹].

۳- المان‌های استفاده شده

نرم‌افزار آباکوس از یک المان سه بعدی، C3D10 (از دسته المان‌های Solid)، برای تحلیل رفتار غیرخطی مصالح ترد نظیر بتن استفاده می‌کند. این المان سه بعدی و هشت‌گره‌ای است. این المان از نوع Solid برای تحلیل تنش یا تغییر مکان است [۷ و ۸].

المان خرابی (المان T3D2) یکی از المان‌های سازه‌ای معمول قابل استفاده در نرم‌افزار آباکوس می‌باشد. المان خرپا عضوی است دو نیرویی که نیروها فقط در گره‌های آن اعمال شده و این گره‌ها تنها دارای درجه آزادی انتقالی می‌باشند. این المان‌ها فقط دارای مقاومت محوری می‌باشند. در این المان‌ها فقط گره‌ها نیرو را انتقال می‌دهند و لذا المان‌های خرپا مقاومت خمشی و برشی از خود نشان نمی‌دهند. در واقع المان‌های خرپا اعضای سازه‌ای هستند که فقط نیروی محوری را انتقال داده و ممان و برش را انتقال نمی‌دهند. از این المان‌ها برای مدل‌های اعضای سازه‌ای که تحت نیروهای محوری کششی یا فشاری قرار دارند مانند آرماتورها استفاده می‌شود. [۷ و ۸].

برنامه المان محدود آباکوس قادر است که برای آنالیزهای مدل‌هایی با ساختار مرکب استفاده شود. در واقع توسط این برنامه می‌توان مدل‌هایی با ترکیب مواد مختلف ایجاد نمود و نیز بتوان با استفاده از توانایی‌های این برنامه رفتاری مناسب در قسمت مرزی بین دو ماده برقرار کرد. المان پوسته چهار گره‌ای چند منظوره (المان S3) قابلیت کاهش دادن نقاط انتگرال‌گیری برای به حداقل رساندن محاسبات و در نتیجه کاهش زمان آنالیز را دارا می‌باشد. از آنجایی که اثر برش عرضی در این المان لحاظ شده است، می‌توان برای مدل‌های با ساختار باریک و ضخیم استفاده

^۵Belal M.F.

^۶Mazzucco G. et. al.

^۷Desprez, C.

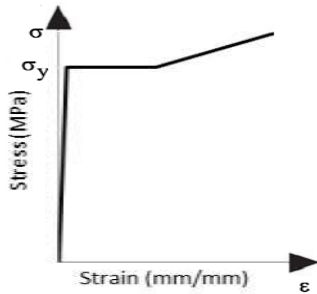
^۱Rajendra K. V. et. al.

^۲Realfonzo R., Napoli A.

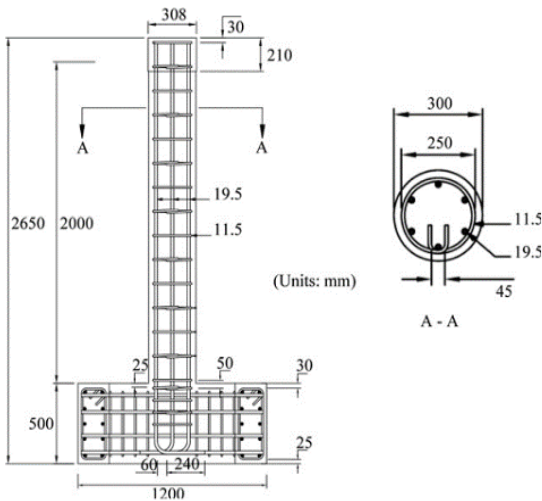
^۳Desprez C. et. al.

^۴Aviram A. et. al.

در شکل ۱ منحنی تنش و کرنش الاستوپلاستیک فولاد و در شکل ۲ جزئیات آرماتورگذاری نشان داده شده است. [۳]



شکل ۱ منحنی تنش و کرنش الاستوپلاستیک فولاد



شکل ۲ جزئیات آرماتورگذاری

۶- کامپوزیت های FRP

کامپوزیت های FRP به صورت یک لایه ارتوتروپیک در نظر گرفته می شود. برای معرفی مشخصات مکانیکی FRP در نرم افزار آباکوس از گزینه Lamina استفاده شده است. شایان ذکر است که کامپوزیت های FRP دارای مقاومت کششی بسیار بالایی بوده و رفتار تنش-کرنش آن ها به صورت خطی می باشد. لیاف تا لحظه گسیختگی رفتار خطی داشته به همین منظور رفتار این لیاف در نرم افزار بصورت خطی مدل شده است. در جدول ۳ مشخصات لیاف پلیمری استفاده شده در مدل ها آورده شده است.

نمود. در این مطالعه از S3 که از دسته المان های Shell است، برای مش بندی لیاف پلیمری استفاده شده است [۷ و ۸].

۴- رفتار بتن

به منظور معرفی رابطه تنش-کرنش فشاری تک محوره بتن، از رابطه هاگستاد^۸ اصلاح شده استفاده شده است.

رابطه (۱ و ۲) معرف شاخه صعودی این منحنی تنش-کرنش است [۹].

$$f_c = f''_c \left[\frac{2\varepsilon_c}{\varepsilon_0} - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0} \right)^2 \right] \quad (1)$$

در رابطه (۱)، f''_c مقاومت فشاری ۲۸ روزه اصلاح شده بتن است که از رابطه زیر بدست می آید.

$$f''_c = k_s \times f'_c \quad (2)$$

در این روابط ε_0 کرنش نظیر تنش بیشینه است که معمولاً از آزمایش به دست می آید. و در غیر اینصورت مقدار $\varepsilon_0 = 0.002$ مقداری منطقی برای بتن های معمولی است و f''_c تنش بیشینه در عضو بتنی است. مقادیر k_s در جدول زیر ارایه شده است. مقدار k_s در مواردی که f'_c بزرگتر از ۳۵ مگا پاسکال باشد برابر ۰/۹۲ است. شاخه نزولی منحنی هاگستاد اصلاح شده خطی است که از نقطه ی $(\varepsilon_0, 0.85f''_c)$ امتداد دارد. مقدار ε_{cu} متناظر با کرنش نهایی نظیر شکست فشاری بتن است [۹].

جدول ۱- مقادیر k_s (مگا پاسکال) [۹].

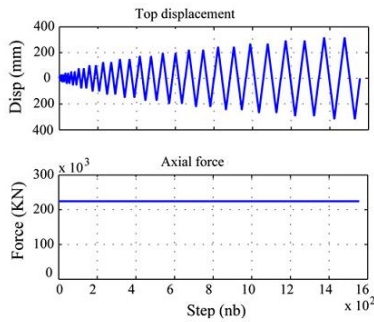
f'_c	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰
k_s	۱	۰/۹۷	۰/۹۵	۰/۹۳

۵- رفتار فولاد و نحوه آرماتورگذاری

منحنی تنش کرنش فولاد در کشش و فشار یکسان است. نرم افزار برای در نظر گرفتن بخش غیرخطی فولاد سه نوع مدل ارائه می کند، مدل ایزوتروپیک، کینماتیک، و ترکیب ایزوتروپیک با کینماتیک به صورت غیرخطی. مشخصات آرماتورهای طولی و عرضی مدل های ساخته شده در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- مشخصات آرماتورهای طولی و عرضی [۳]

شماره آرماتور	خصوصیات آرماتورها				
	مقاومت تسلیم (Mpa)	کرنش تسلیم (Mpa)	کرنش سخت-شوندگی (Mpa)	مقاومت نهایی (Mpa)	کرنش نهایی (Mpa)
Φ۱۱/۵	۴۷۰	۰/۰۰۲۱۹	۰/۰۱۹۹۸	۵۷۳	۰/۱۲۰۰۵
Φ۱۹/۵	۴۱۵	۰/۰۰۲۳۱	۰/۰۰۷	۶۱۵	۰/۱۲۷۲۹



شکل ۴- جابجایی جانبی و بارگذاری محوری [۳]

جدول ۴- مشخصات نمونه ها

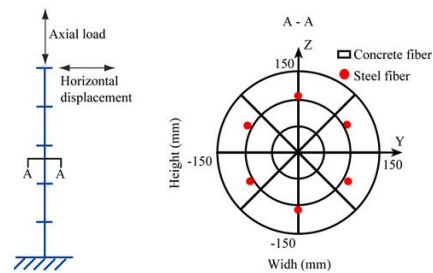
نمونه	نوع آرایش الیاف پلیمری	محل قرار گیری الیاف	تعداد لایه ها	تعداد نوارهای پلیمری
P1	---	---	---	---
P1-1	بصورت نوارهایی با عرض ۱۰۰ میلی متر و فاصله بین نوارها ۱۰۰ میلی متر دور تا دور ستون	سرتاسری	۱	۱۰
P1-1-2L	بصورت نوارهایی با عرض ۱۰۰ میلی متر و فاصله بین نوارها ۱۰۰ میلی متر دور تا دور ستون	سرتاسری	۲	۱۰
P1-2	بصورت نوارهایی با عرض ۱۰۰ میلی متر و فاصله بین نوارها ۱۰۰ میلی متر دور تا دور ستون	ابتدای ستون	۱	۵
P1-2-2L	بصورت نوارهایی با عرض ۱۰۰ میلی متر و فاصله بین نوارها ۱۰۰ میلی متر دور تا دور ستون	ابتدای ستون	۲	۵
P1-3	بصورت نوارهایی با عرض ۱۰۰ میلی متر و فاصله بین نوارها ۱۰۰ میلی متر دور تا دور ستون	ابتدای ستون	۱	۴
P1-3-2L	بصورت نوارهایی با عرض ۱۰۰ میلی متر و فاصله بین نوارها ۱۰۰ میلی متر دور تا دور ستون	ابتدای ستون	۲	۴

جدول ۳- مشخصات CFRP [۳]

نوع الیاف استفاده شده	ضخامت (mm)	مدول الاستیسیته (مگا پاسکال)	مقاومت کششی نهایی (مگا پاسکال)	درصد کرنش نهایی
CFRP	۰/۱۷۶	۲۴۰۰۰۰	۳۸۰۰	۱/۵

۷- نمونه های مورد بررسی

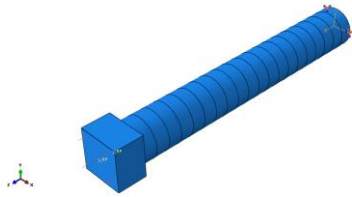
در این تحقیق یک نمونه ستون بتن مسلح که تحت اثر بارگذاری محوری و جابجایی جانبی قرار داشت جهت صحت سنجی مدل سازی در نرم افزار اجزای محدود آباکوس که قبلا توسط دسپریز^۹ و همکاران بررسی آزمایشگاهی شده بود در نظر گرفته شد. در نهایت ۶ نمونه دیگر با آرایش های الیاف پلیمری متفاوت پیشنهاد و مدل سازی شدند [۳]. مشخصات کلیه ستون های بررسی شده در جدول (۴) آورده شده است. نمونه P1 به عنوان نمونه مرجع می باشد و در کلیه نمونه ها فاصله آرماتورهای عرضی ۷۵ میلی متر در نظر گرفته شدند. همچنین در کلیه نمونه ها نسبت بار محوری بر حاصل ضرب سطح مقطع ستون در مقاومت فشاری ۲۸ روزه برابر ۱۰ درصد می باشد (۳/۲۴۳ کیلونیوتن). نوع آرایش الیاف پلیمری در ستون دوم جدول (۴) آورده شده است که در دو حالت دور تا دور ستون و بصورت سرتاسری، بصورت نوارهایی با عرض ۱۰۰ میلی متر و فاصله بین نوارها ۱۰۰ میلی متر دور تا دور ستون است. مقاومت فشاری نمونه ها ۳۲/۵ مگاپاسکال است. در شکل ۳ سطح مقطع ستون و نحوه بارگذاری و دستگاه آزمایش جهت صحت سنجی در نرم افزار نشان داده شده است.



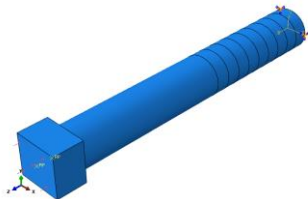
شکل ۳- سطح مقطع ستون و نحوه بارگذاری [۳]

⁹ Desprez, C.

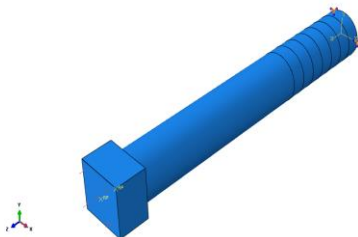
اشکال مختلف نمونه‌های پیشنهادی بصورت شکل‌های ذیل می‌باشند.



شکل P1-1 - مدل نمونه



شکل ۸ - مدل نمونه P1-2



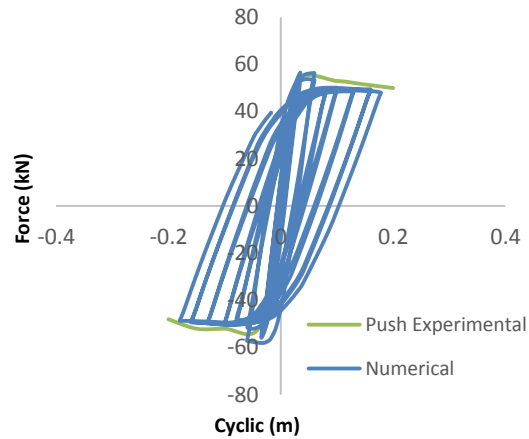
شکل ۹ - مدل نمونه P1-3

۱۰- بررسی رفتار نمونه‌های پیشنهادی

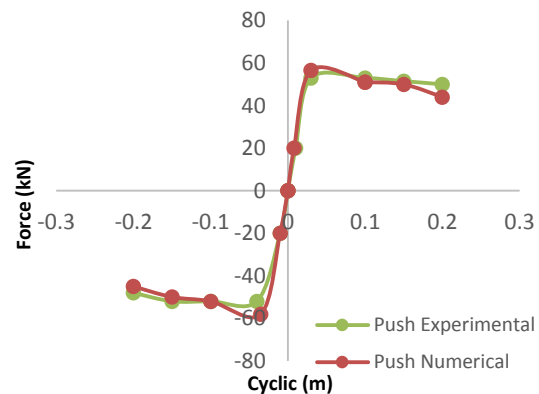
با توجه به اینکه بار اعمال شده به سازه به صورت رفت و برگشتی می‌باشد، نمودار بار جابجایی بصورت هیستریزس (همان حلزونی) است. نمودار هیستریزس چون از جنس بار-جابجایی است، هرچه سطح زیر نمودار هیستریزس بیشتر باشد انرژی که سازه جذب می‌کند، بیشتر است پس میزان شکل‌پذیری سازه بیشتر است. در نمودار هیستریزس تقارن نشان‌دهنده یکسان بودن رفتار نسبت به زلزله است. هرچه عضو لاغرتر باشد سطح زیر نمودار کمتر است و در تعداد سیکل کمتری گسیخته می‌شود. همچنین هرچه نمودار هیستریزس تقارن بیشتری داشته باشد یعنی هرچه شکل حلزون متقارن‌تر باشد عملکرد بهتری در برابر زلزله دارد. در اشکال زیر مقایسه منحنی هیستریزس بار-جابجایی و پوش بار-جابجایی حاصل از مطالعه عددی نمونه‌های پیشنهادی، مقایسه منحنی هیستریزس بار-جابجایی نمونه P1 در مقایسه با منحنی هیستریزس بار-جابجایی نمونه‌های پیشنهادی و مقایسه منحنی پوش بار-جابجایی نمونه P1 در مقایسه با منحنی پوش بار-جابجایی نمونه‌ها آورده شده است.

۸- بررسی رفتار ستون P1 جهت تایید مدل سازی

در شکل (۵ و ۶) بترتیب منحنی هیستریزس بار-جابجایی حاصل از مطالعه عددی در مقایسه با پوش بار-جابجایی حاصل از مطالعه آزمایشگاهی نمونه P1 و مقایسه منحنی پوش بار-جابجایی حاصل از مطالعه عددی در مقایسه با پوش بار-جابجایی حاصل از مطالعه آزمایشگاهی نمونه P1 نشان داده شده است.



شکل ۵- مقایسه منحنی هیستریزس بار-جابجایی



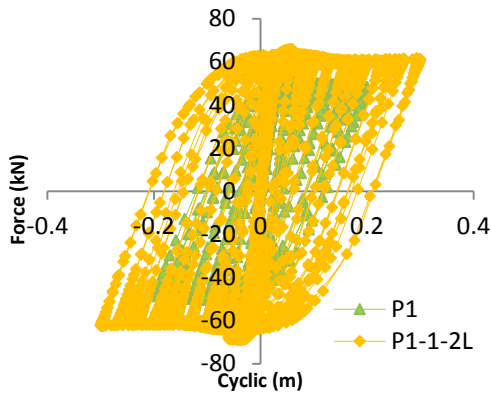
شکل ۶- مقایسه منحنی پوش بار-جابجایی

۹- انتخاب ابعاد المان‌ها

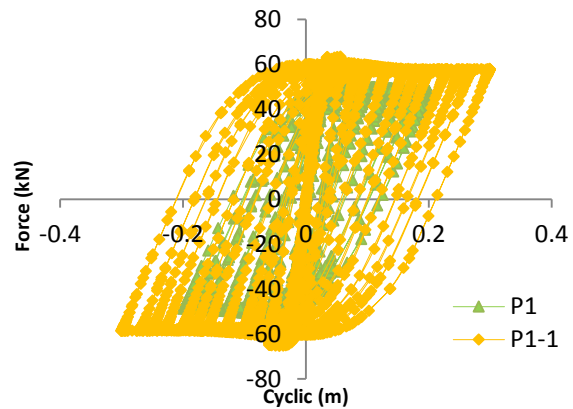
در جدول (۵) مقایسه بین بار نهایی ستون P1 با ابعاد المان متفاوت بصورت مثالی در مقایسه با نتایج مطالعه آزمایشگاهی آورده شده است. لازم به ذکر است که در صورتی که ابعاد المان را کوچکتر از ۱۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شود زمان تحلیل بسیار طولانی می‌گردد.

جدول ۵- مقایسه بار نهایی ستون P1 با ابعاد المان متفاوت

element size	Pu(push) (kN)	Pu(pull) (kN)
۱۰۰×۱۰۰	۵۶/۵۸	۵۸/۰۷
۲۰۰×۲۰۰	۶۵/۸۷	۶۷/۶
Experimental result	۵۳	۵۲

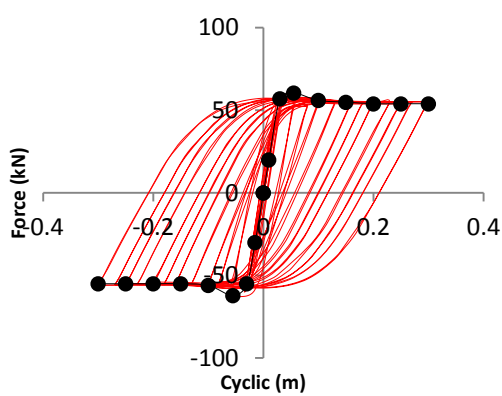
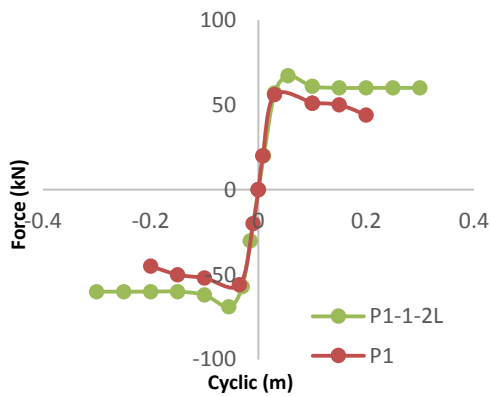


شکل ۱۳- مقایسه منحنی هیستریزس بار-جابجایی

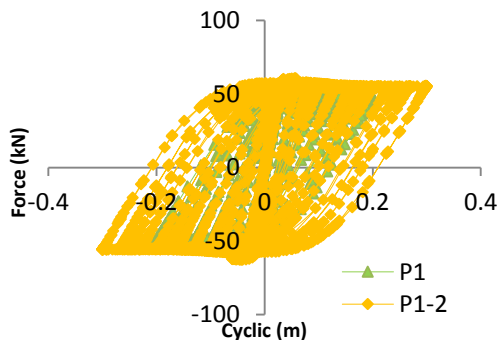


شکل ۱۰- مقایسه منحنی هیستریزس بار-جابجایی

شکل ۱۴- مقایسه منحنی پوش بار-جابجایی

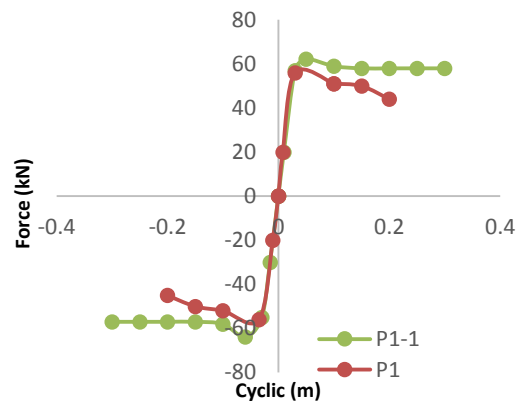


شکل ۱۵- پوش بارجابجایی

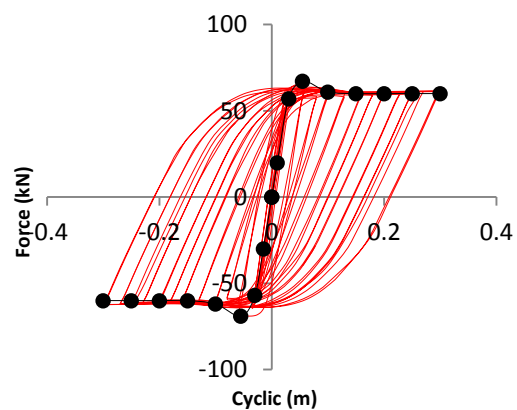


شکل ۱۶- مقایسه منحنی هیستریزس بار-جابجایی

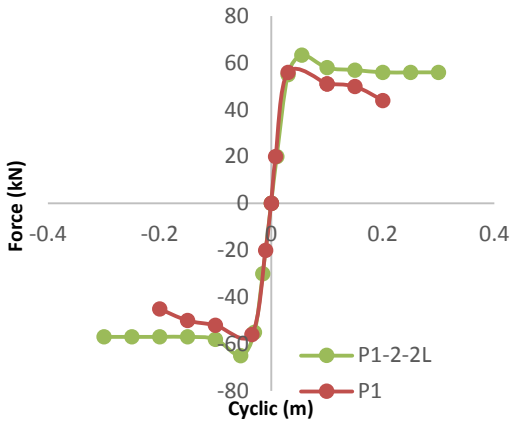
همانطور که از مقایسه شکل (۱۰) مشخص است، سطح زیر نمودار هیستریزس نمونه P1-1 بیشتر از نمونه P1 است، بنابراین انرژی که سازه P1-1 جذب می‌کند، بیشتر است پس میزان شکل‌پذیری سازه P1-1 بیشتر است. با بررسی اشکال شکل (۱۰) مشخص است که نمودار هیستریزس متقارن است بنابراین این سازه عملکرد مناسبی در برابر زلزله دارد. در نتیجه استفاده از الیاف پلیمری باعث افزایش جذب انرژی و افزایش شکل‌پذیری می‌شود.



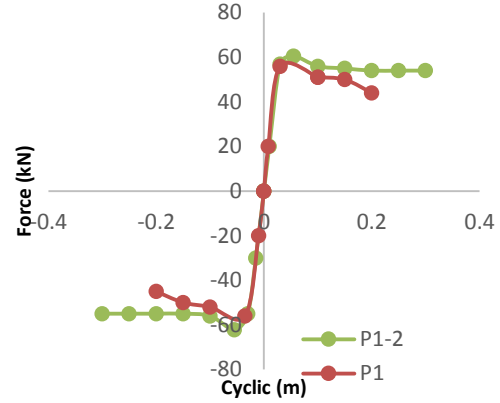
شکل ۱۱- مقایسه منحنی پوش بار-جابجایی



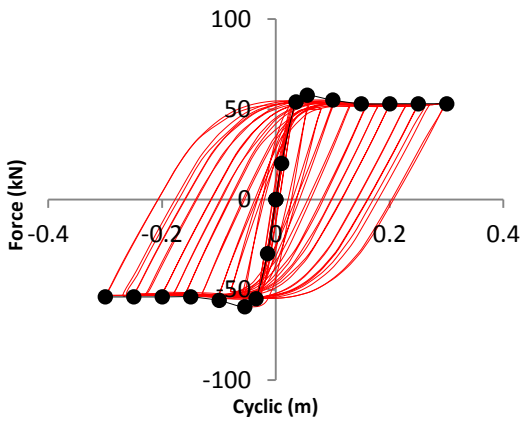
شکل ۱۲- پوش بارجابجایی



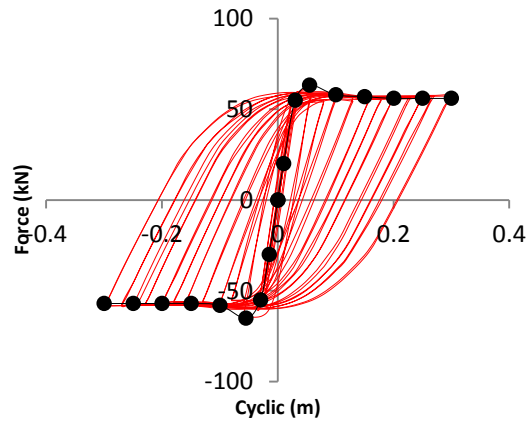
شکل ۱۷- مقایسه منحنی پوش بار-جابجایی



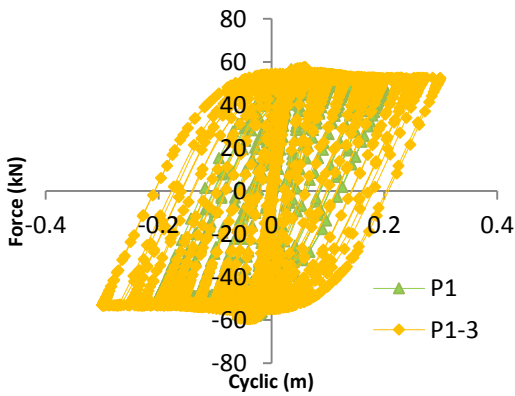
شکل ۲۰- مقایسه منحنی پوش بار-جابجایی



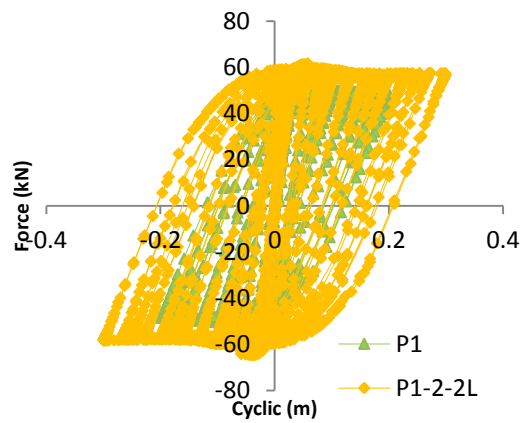
شکل ۲۱- پوش بار جابجایی



شکل ۱۸- پوش بار جابجایی



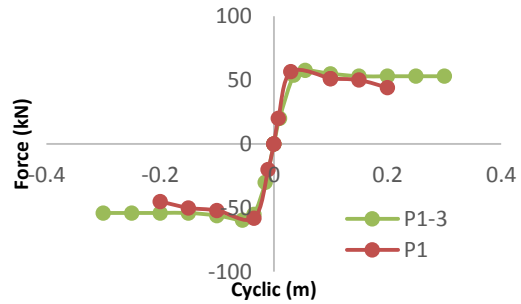
شکل ۲۲- مقایسه منحنی هیستریزس بار-جابجایی



شکل ۱۹- مقایسه منحنی هیستریزس بار-جابجایی

جدول ۶-مقایسه بار نهایی نمونه ها

نام نمونه	محل قرار گیری الیاف	تعداد نوارهای پلیمری	Push (KN)	Pull (KN)
P1	---	---	۵۶/۵۸	۵۸/۰۷
P1-1	سرتاسری	۱۰	۶۲/۲۴	۶۴/۵۷
P1-1-2L*	سرتاسری	۱۰	۶۷/۲۲	۶۹/۷۴
P1-2	ابتدای ستون	۵	۶۰/۶	۶۲/۰۲
P1-2-2L*	ابتدای ستون	۵	۶۳/۳۷	۶۵/۲۱
P1-3	ابتدای ستون	۴	۵۹/۴۱	۶۰/۸
P1-3-2L*	ابتدای ستون	۴	۶۱/۴۹	۶۳/۳

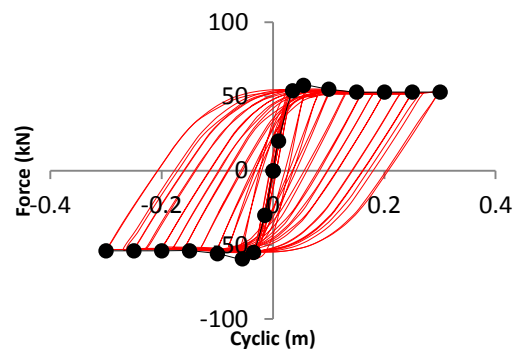


شکل ۲۳- مقایسه منحنی پوش بار-جابجایی

جدول ۷- نسبت بار نهایی نمونه به نمونه P1

نمونه	محل قرار گیری الیاف	تعداد نوارهای پلیمری	Push (KN)	Pull (KN)	$\frac{P_u}{P_{U, P1 \text{ Push}}}$	$\frac{P_u}{P_{U, P1 \text{ Pull}}}$
P1	---	---	۵۶/۵۸	۵۸/۰۷	۱	۱
P1-1	سرتاسری	۱۰	۶۲/۲۴	۶۴/۵۷	۱/۱	۱/۱۱۲
P1-1-2L*	سرتاسری	۱۰	۶۷/۲۲	۶۹/۷۴	۱/۱۸۸	۱/۲۰۱
P1-2	ابتدای ستون	۵	۶۰/۶	۶۲/۰۲	۱/۰۷۱	۱/۰۶۸
P1-2-2L*	ابتدای ستون	۵	۶۳/۳۷	۶۵/۲۱	۱/۱۲	۱/۱۲۳
P1-3	ابتدای ستون	۴	۵۹/۴۱	۶۰/۸	۱/۰۵	۱/۰۴۷
P1-3-2L*	ابتدای ستون	۴	۶۱/۴۹	۶۳/۳	۱/۰۸۷	۱/۰۹

*-ضخامت دوبرابر

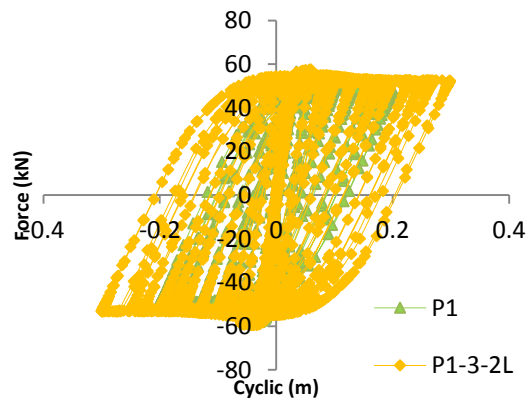


شکل ۲۴-پوش بار-جابجایی

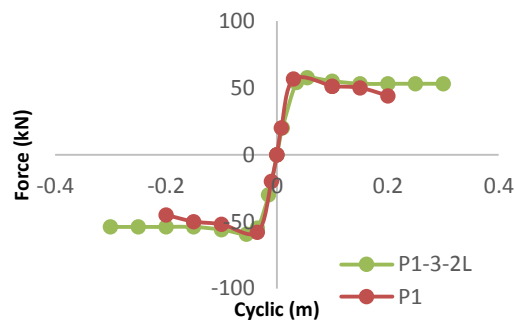
جدول ۸- سهم الیاف پلیمری

نمونه	محل قرار گیری الیاف	تعداد نوارها پلیمری	Push (KN)	Pull (KN)	$\frac{P_u}{P_{U, CFRP \text{ Push}}}$	$\frac{P_u}{P_{U, CFRP \text{ Pull}}}$
P1	---	---	۵۶/۵۸	۵۸/۰۷	---	---
P1-1	سرتاسری	۱۰	۶۲/۲۴	۶۴/۵۷	۶۶/۵	۶/۵
P1-1-2L*	سرتاسری	۱۰	۶۷/۲۲	۶۹/۷۴	۱۰/۶۴	۱۱/۶۷
P1-2	ابتدای ستون	۵	۶۰/۶	۶۲/۰۲	۴/۰۲	۳/۹۵
P1-2-2L*	ابتدای ستون	۵	۶۳/۳۷	۶۵/۲۱	۶/۷۹	۷/۱۴
P1-3	ابتدای ستون	۴	۵۹/۴۱	۶۰/۸	۲/۸۳	۲/۷۳
P1-3-2L*	ابتدای ستون	۴	۶۱/۴۹	۶۳/۳	۴/۹۱	۵/۲۳

-ضخامت دوبرابر

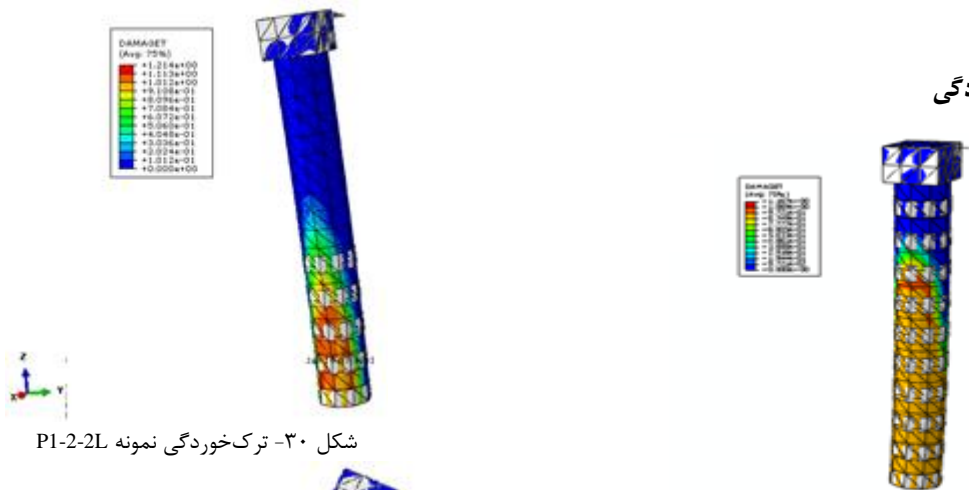


شکل ۲۵- مقایسه منحنی هیستریزس بار-جابجایی



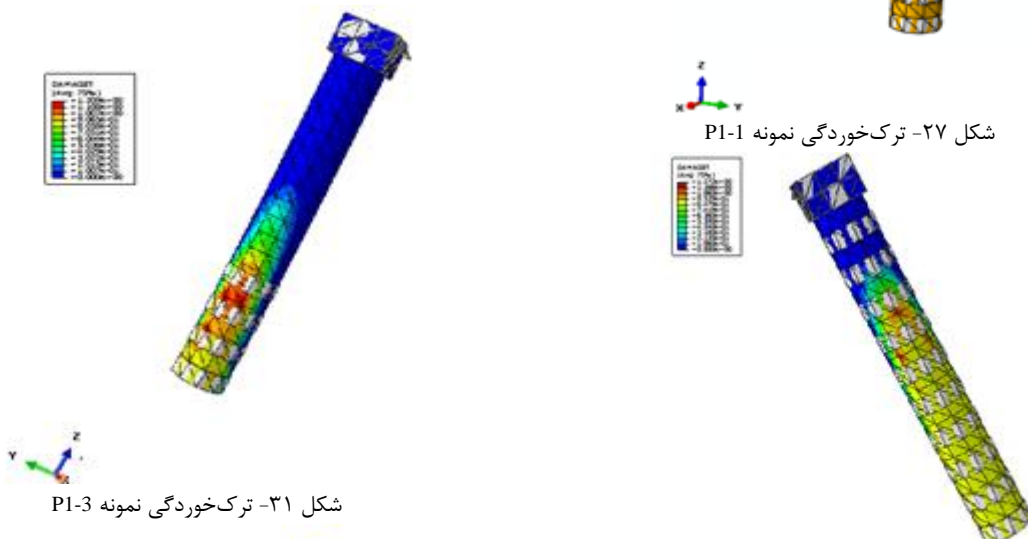
شکل ۲۶- مقایسه منحنی پوش بار-جابجایی

۱۱- ترک خوردگی



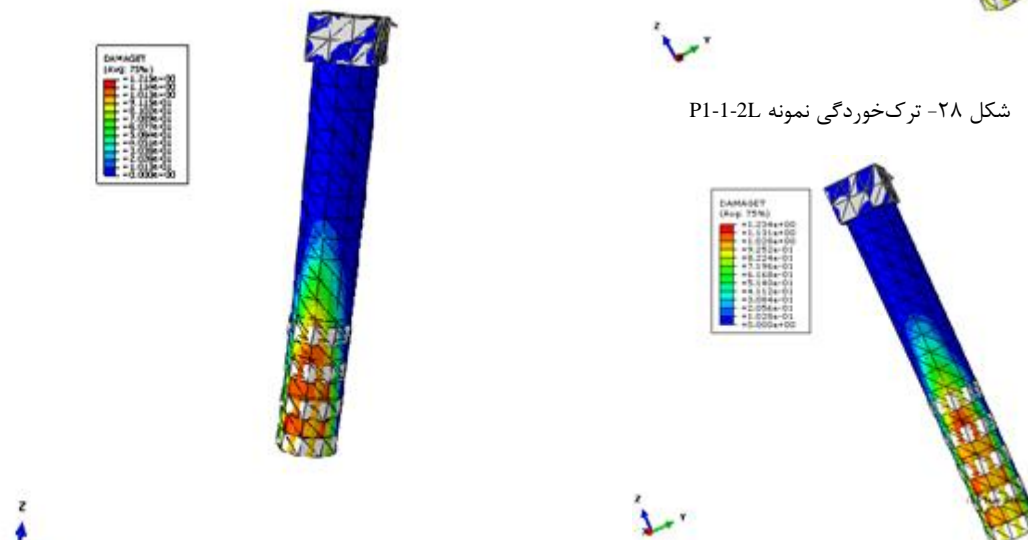
شکل ۳۰- ترک خوردگی نمونه P1-2-2L

شکل ۲۷- ترک خوردگی نمونه P1-1



شکل ۳۱- ترک خوردگی نمونه P1-3

شکل ۲۸- ترک خوردگی نمونه P1-1-2L



شکل ۳۲- ترک خوردگی نمونه P1-3-2L

شکل ۲۹- ترک خوردگی نمونه P1-2

۱۲- نتیجه گیری

[8] SAEDI Darian , Amir, Bahram Pour, H., Arab Zadeh, H., "ABAQUS Software Comprehensive Guide", published by Angizeh first edition, 2011 .
 [9] Mousavi, Mir Naghi ,Rafezi ,B., Osman Zadeh ,F,Ahani ,A., To Determine the Model Parameters of Concrete Damage Plastic for Numerical Modeling Frames of Reinforced Concrete , the Seventh National Congress of Civil Engineering, 2013.

۱. بار نهایی به دست آمده از تحلیل عددی نسبت به نتایج آزمایشگاهی دارای تطابق نسبتاً خوبی برای کلیه ستون‌ها (حدود متوسط ۴ درصد خطا) می‌باشد.
 ۲. نتایج عددی نشان داد که استفاده از مواد FRP سبب افزایش مقاومت نهایی در ستون‌های تقویت شده در مقایسه با ستون‌های تقویت نشده تا ۲۰ درصد می‌گردد.
 ۳. حل‌های عددی نشان می‌دهد که نحوه قرار گیری الیاف تاثیر زیادی در افزایش مقاومت نهایی و جابجایی مربوطه دارد.
 ۴. نحوه قرارگیری الیاف پلیمری بصورت دورپیچ کامل و در سرتاسر ستون و با ضخامت دو برابر بیشترین تاثیر را در بار نهایی دارد.
 ۵. حل عددی نشان می‌دهد نحوه ی قرار گیری الیاف تاثیر زیادی در عدم گسترش شیوع ترک دارد.
 ۶. وجود الیاف تاثیر بالایی در عدم شیوع ترک دارد همچنین شروع ترک از پایین نمونه‌ها است لذا استفاده الیاف در پایین نمونه‌ها تاثیر زیادی نسبت به بالا نمونه‌ها از لحاظ جلوگیری از شیوع گسترش ترک دارد.

۱۲- مراجع

- [1] Rajendra K.V.,Barros J.A.O., Sena-Cruz J.M., "Numerical model for CFRP confined concrete elements subject to monotonic and cyclic loadings", Composites, 2009, 766-775.
 [2] Realfonzo R, Napoli A. Results from cyclic tests on high aspect ratio RC columns strengthened with FRP systems. Construction and Building Materials 2012; 37:606-620.
 [3] Desprez C, Mazars J, Kotronis P, Paultre P. Damage model for FRP-confined concrete columns under cyclic loading. Engineering Structures 2013; 48:519-531.
 [4] Aviram A., Stojadinovic B., Parra-Montesinos G.J., "High-Performance Fiber-Reinforced Concrete Bridge Columns under Bidirectional Cyclic Loading", ACI Structural Journal, 2014, 303-312.
 [5] Belal M.F., Mohamed H.M., Morad S.A., " Behavior of reinforced concrete columns strengthened by steel jacket", Housing and Building National Research Center, 2015, 201-212.
 [6] Mazzucco G., Salomoni V.A., Majorana C.E., Pellegrino C., Ceccato C., "Numerical investigation of concrete columns with external FRP jackets subjected to axial loads", Construction and Building Materials, 2016, 590-599.
 [7] Abaqus Analisis User's Manual, 2010.

Study the Column's Behavior of Reinforced Concrete under Cycle Loading before and after the Improvement with Polymer Fibers

Sina Kharazmi

MA Student, Civil Engineering structure, Islamic Azad University, Qeshm Branch, Qeshm ,
Iran

Ali Reza Rasekhi Sahneh

Faculty member, Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Qeshm Branch ,
Qeshm , Iran

sinakharazmi.civileng@yahoo.com

Abstract:

Today ,the process of seismic improvement and resistance has been accelerated in our country due to this fact that most current buildings has an old and non-standard context in our country . Studying the resistance is inevitable case especially in the columns which is the most important and critical structural components . So , this study is conducted to investigation the column's behavior of reinforced concrete under cycle loading before and after the improvement with polymer fibers . In this regard , one laboratory study was used in order to modeling verification. Then , the appropriate approach was examined in order to study the .Arrangement of resistance of Polymer fibers in Abaqus finite element software with simulation with several various models . After studying the hysteresis -bar curves transformation, load-displacement curve cover - transformation , ultimate load and the contribution of polymer fibers of models was found that samples those have polymer fibers have a greater ability to more loading bearing and also , have more absorb property and more energy amortization than samples without fiber.

Keywords: Resistance, reinforced concrete, hysteresis, Finite Element