ارزیابی آزمایشگاهی شکل پذیری و باربری اتصال تیر- ستون تقویت شده با GFRP تحت بارگذاری لرزه‌ای متناوب

علیرضا مردوخ پور
استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان
Alireza.mardookhpour@yahoo.com92399

چکیده
در تحقیق حاضر مطالعات آزمایشگاهی همراه با مدلسازی رایانه‌ای توسط برنامه المان محدود ANSYS برروی اتصال تیر – ستون بتن مسلح، تقویت شده با الیاف شیشه‌ای پلیمری GFRP تحت بارگذاری لرزه‌ای متناوب، انجام شده است. برای این منظور یک قطعه اتصال به عنوان قطعه کنترل و یک قطعه اتصال که توسط الیاف GFRP مسلح شده‌است، درآزمایشگاه ساخته شده و تحت بارگذاری معادل ۷۰ درصد بارنهایی عضو و همزمان تحت بارگذاری لرزه‌ای تناوبی قرار می‌گیرند. نتایج حاصل از بارگذاری سازه ای لرزه‌ای در محیط آزمایشگاه ومدلسازی توسط برنامه المان محدود ANSYS برروی اتصال نشان می‌دهند که تقویت اتصال با الیاف GFRP میتواند ۱۸ درصد ظرفیت باربری و ٥٤ درصد ظرفیت شکل پذیری اتصال را افزایش دهد.

لغات کلیدی: اتصال تیر- ستون، سازه بتن مسلح، بارگذاری لرزه‌ای متناوب، برنامه ANSYS، GFRP

۱- مقدمه

در طی وقوع زلزله، در ناحیه مشترک اتصال تیر – ستون، لنگرهایی در دو جهت براثر نیروی رفت و برگشت زلزله بر اتصال اعمال میگردد [۱]. براثر لنگرهای مذکور میلگردهای بالای مقطع بتن مسلح به کشش ومیلگردهای پایین مقطع در مسیر مخالف با میلگردهای بالا، حرکت میکنند [۲]. برای تعادل لنگرهای مذکور، تنش چسبندگی بین بتن و میلگردها لازم است. اگر ابعاد مقطع به حدکافی نباشد یا مقاومت بتن در اتصال کم باشد بین بتن و میلگردها انفصال رخ میدهد [۳]. وقوع ترکهای قطری در مقطع اتصال به تدریج از ظرفیت باربری و شکل پذیری اتصال کاسته و مقطع اتصال دچار ترک و گسیختکی میگردد [۴]. لذا برای جلوگیری ازحرکت کششی میلگرد در اتصال و عدم ایجاد ترک در مقطع اتصال یا باید ابعاد مقطع به اندازه کافی بزرگ باشد یا چسبندگی لازم در مقطع اتصال فراهم گردد [۵و۶]. یکی از روشهای پیشرفته در بهسازی اتصال اعضای سازه ای بتن مسلح، بهره گیری از الیاف پلیمری میباشد [۷]. استفاده از الیاف پلیمری در تقویت اتصال تیر به ستون در سازه های بتن مسلح، سبب افزایش مقاومت، شکل پذیری و جذب انرژی میگردد [۸و۹].

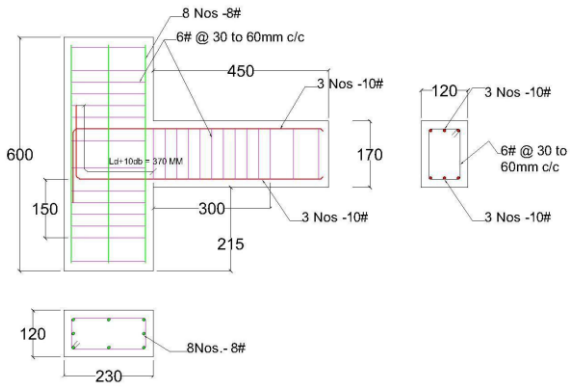
در نواحی زلزله خیز که ارتعاشات لرزه ای بر اتصال نیزاعمال می‌گردد، بهره‌گیری از الیاف پلیمری در اتصال خارجی تیر- ستون در سازه های بتن مسلح، به دلیل یکپارچه کردن بیشتر اتصال و چسباندن بیشترتیر به ستون می‌تواند سبب مزایای سازه‌ای گردد [۱۰]. بررسی رفتار اتصال تیر – ستون در سازه بتن مسلح مستلزم مطالعات آزمایشگاهی و مدلسازی رایانه‌ای می‌باشد [۱۱و۱۲]. در مطالعه حاضر، با سا ختن یک مدل اتصال

تیر – ستون در آزمایشگاه، و اعمال بارگذاری لرزه‌ای متناوب بر اتصال، ظرفیت اتصال تعیین می‌گردد. سپس اتصال مذکور توسط عناصر الیاف پلیمری شیشه‌ای GFRP تقویت شده و مجددا تحت بارگذاری لرزه‌ای متناوب قرار می‌گیرد. با آنالیز مدل اولیه با مدل تقویت شده با GFRP ، توسط روش المان محدود (برنامه ANSYS)، ظرفیت شکل پذیری و باربری اتصال مورد نقد قرار می‌گیرد.

۲- مواد و روشها

برای بررسی مقطع اتصال، دو اتصال یکی به عنوان مقطع کنترل و دیگری با همان مشخصات ولی تقویت شده با الیاف GFRP در آزمایشگاه ساخته شده و بعد از اعمال بارلرزه‌ای متناوب بر مقاطع اتصال، نتایج توسط برنامه المان محدود ANSYS ارزیابی می‌گردند. مقطع تیر دراتصال ساخته شده در آزمایشگاه دارای ابعاد ۱۲۰× ۱۷۰ میلیمتر به طول ۴۵۰ میلیمتر با میلگردهای ۱۰ و خاموت۶ است و مقطع ستون در اتصال دارای ابعاد ۱۲۰×۲۳۰ میلیمتر به ارتفاع ۶۰۰ میلیمتر با میلگردهای ۸ و خاموت۶ می‌باشد (شکل ۱ و۲).

شکل۱- قالب بندی و ساخت مقطع اتصال در آزمایشگاه



شکل۲- جزئیات مقطع اتصال شکل پذیر

بار متناوب لرزه‌ای با استفاده از یک جک هیدرولیکی بر ستون اعمال شده بار مورد نظر بصورت رفت و برگشت و با گام افزایشی ۳ کیلونیوتن و با مقادیر ۳ ، ۶ ، ۹ ، ۱۵ کیلونیوتن تا ۷۰ درصد بار نهایی اعمال گردید. مقادیر جابجایی با استفاده از LVDT متصل به رایانه ثبت می‌شود (شکل۳).

شکل۳- اعمال بارمتناوب لرزه‌ای براتصال تیر- ستون توسط جک هیدرولیکی در آزمایشگاه

سپس مقطع اتصال توسط یک لایه الیاف شیشه‌ای GFRP تقویت شده و مجددا بارگذاری متناوب لرزه‌ای اعمال می‌گردد (شکل ۴). مشخصات الیاف GFRP به شرح جدول (۱) می‌باشد.

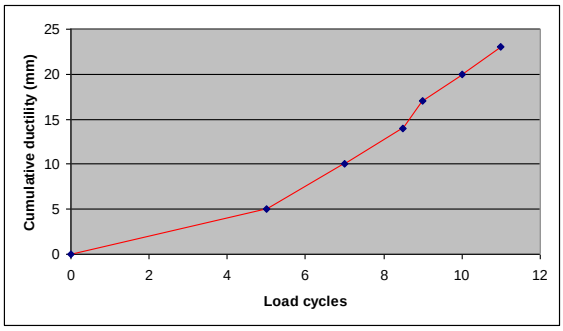
شکل۴- اعمال بارمتناوب لرزه‌ای براتصال تیر- ستون تقویت شده با GFRP توسط جک هیدرولیکی در آزمایشگاه

جدول ۱- مشخصات الیاف GFRP

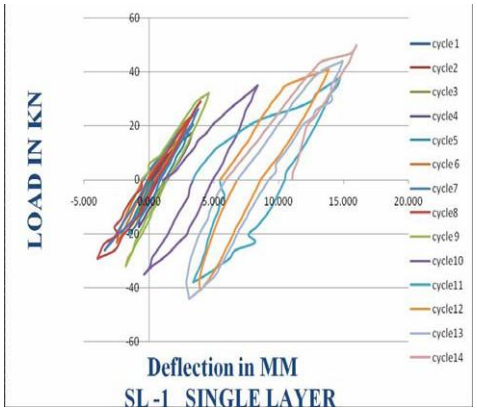
خواص کششی	مقدار	واحد
مقاومت کششی نهایی	۶۹	MPa
مدول برشی	۱۴	GPa
کرنش نهایی در گسیختگی	۰/۶۳	٪

۳- بحث در نتایج

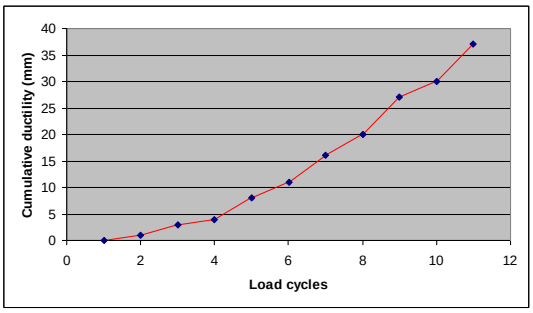
نتایج آزمایشگاهی با مدلسازی رایانه‌ای مقایسه شده‌اند. مقدار ۷۰ درصد ظرفیت باربری اتصال در مقطع کنترل (بدون الیاف GFRP) معادل ۱۷ کیلونیوتن بدست آمده است، به عبارتی اولین ترک در سیکل چهارم بارگذاری در باری معادل ۱۷ کیلونیوتن مشاهده شده‌است. با افزایش میزان بارگذاری، ترکهای بیشتری در اتصال ظاهر گردیدند. در شکل(۵) مقدار شکل پذیری اتصال تا زمان گسیختگی در مقطع کنترل ارائه شده است. در سری دوم آزمایشات مقطع اتصال با یک لایه الیاف GFRP که با نماد SL1 ارائه شده، تقویت گردید و سپس بارگذاری لرزه‌ای با همان مشخصات قبلی اعمال شد. نمودار تاریخچه بارگذاری بر مقطع اتصال تقویت شده با الیاف GFRP در شکل (۶) ارائه شده است. مقدار ۷۰ درصد ظرفیت باربری اتصال در مقطع تقویت شده با الیاف GFRP معادل ۲۰ کیلونیوتن بدست آمده است. به عبارتی اولین ترک در سیکل پنجم بارگذاری در باری معادل ۲۰ کیلونیوتن مشاهده شده است (شکل۷).



شکل۵- شکل پذیری برحسب چرخه بارگذاری در مقطع کنترل (بدون الیاف GFRP)



شکل ۶- نمودار تاریخچه بارگذاری بر مقطع اتصال تقویت شده با الیاف GFRP در ANSYS



شکل۷- شکل پذیری برحسب چرخه بارگذاری در مقطع تقویت شده با الیاف GFRP

با ارزیابی مقادیر حاصله، میتوان اظهار داشت که مقدار شکل‌پذیری در مقطع کنترل در سیکل چهارم بارگذاری معادل ۲۴ میلیمتر است در حالیکه در مقطع تقویت شده با الیاف GFRP مقدار شکل پذیری نهایی، در مقطع تقویت شده، در سیکل پنجم بارگذاری حاصل شده ومعادل ۳۷ میلیمتر است. به عبارتی شکل‌پذیری نهایی در مقطع تقویت شده با الیاف GFRP، در سیکل بالاتر حاصل می‌شود و مقدار افزایش شکل پذیری حدود ۵۴ درصد است. همچنین در ۷۰ درصد بارگذاری نهایی مقطع، مقدار بار گسیختگی برای مقطع کنترل معادل ۱۷ کیلو نیوتن است در حالیکه برای مقطع تقویت شده با الیاف GFRP معادل ۲۰ کیلو نیوتن بدست آمده است که افزایشی معادل ۱۸ درصدی در بار گسیختگی در مقطع اتصال دیده می‌شود.

٤-نتیجه

در مطالعه حاضر دو مقطع اتصال تیر- ستون بتن مسلح، ساخته شده در آزمایشگاه، یکی بدون الیاف GFRP و دیگری تقویت شده با الیاف GFRP، تحت بارگذاری متناوب لرزه‌ای قرارگرفته و نمودارهای شکل

پذیری و تاریخچه زمانی بارگذاری، توسط برنامه المان محدود ANSYS حاصل شدند. نتایج حاصل از ارزیابی آزمایشگاهی و مدلسازی رایانه‌ای نشان میدهند که شکل‌پذیری نهایی در مقطع تقویت شده با الیاف GFRP، در سیکل بالاتر حاصل می‌شود و مقدار افزایش شکل پذیری حدود ۵۴ درصد است. همچنین افزایشی معادل ۱۸ درصدی در بار قابل حمل در مقطع اتصال تقویت شده با الیاف GFRP، دیده می‌شود.

سپاسگزاری

نویسنده مقاله از دانشگاه آزاد اسلامی لاهیجان به دلیل تصویب طرح پژوهشی و در اختیارگذاشتن امکانات و نرم افزارهای لازم تقدیر می‌نماید.

مراجع

۱- مردوخ پور، ع.، جاماسبی، ح.، بررسی اثر چرخه های یخ زدن و آبی‌شدن بر رفتار چسبندگی الیاف پلیمری با بتن و بر نحوه تغییرات تنش و بار نهایی در سازه های بتنی FRP، طرح پژوهشی، دانشگاه آزاد اسلامی لاهیجان، ۱۳۸۸.

۲- مردوخ پور، ع.، جاماسبی، ح.، بررسی آزمایشگاهی بهترین نحوه قرارگیری رشته‌های الیاف شیشه‌ای(SGFRP) دربتن مسلح شده با الیاف(TRC) با هدف بالا بردن ظرفیت برشی و افزایش جذب انرژی بارهای دینامیکی طرح پژوهشی، دانشگاه آزاد اسلامی لاهیجان، ۱۳۸۹.

3- Ali-Ahmad, M., Subramaniam, K.V., and Ghosn, M., Analysis of Instability in FRPConcrete Shear Debonding for Beam Strengthening Applications. Journal of Engineering Mechanics of Materials.ASCE, Vol. 133(1), 2007, pp 58− 67.

4- Appa Rao, G., Mahajan, M., Gangaram, M., and Eligehausen, R., Performance of nonseismically designed RC beam column joints strengthened by various schemes subjected to seismic loads.Journal of Structural Engineering, V. 35, No. 1, 2008, pp 52-58.

5- HungJen, L., SiYing,Yu., Cyclic Response of Exterior Beam-Column Joints with Different Anchorage Methods, The ACI Structural Journal, Title No. 106S32, 2009.

6- Kolluru,V., Subramaniam, S., Ali-Ahmad, M., Civil Engineering Department, City College of City University of New York, New York, NY 10031, 2007.

7- Murugesan, A., Thirugnanam, G.S., Ductile Behavior of Steel Fiber Reinforced Concrete beam-column joints subjected to Cyclic loading. National Conference on Advances and Innovations in Civil Engineering, Mepco Schlenk Engineering college, Sivakasi, 2009, pp 27-33.

8- Sayed, M., Soleimani, S., Sprayed GFRP shear strengthened reinforced concrete beams under impact loading,University of British Columbia, Vancouver, Canada, 2009.

9- Tajari, A.R., Esfehani, M.R., Flexural behavior of reinforced concrete beams strengthened by CFRP sheets, Elsevier, 2006.

10- Tang, T., Saadatmanesh, H., Analytical and experimental studies of fiber reinforced polymer-strengthened concrete beams under impact loading. ACI Structures J. Vol. 102, 2005, pp 139–149.

11- Thirugnanam, G.S., Ductile Behavior Of FRP Strengthened R.C Beams Subjected To Cyclic Loading, IRTT Erode, 2007.

12- Tsonos, A.G., Tegos, I.A., and Penelis, G., Seismic resistance of Type 2 Exterior Beam column joints reinforced with inclined bars. The ACI Structural Journal, Vol. 89, Title No. 89S01, 1992.

Experimental Evaluation of Ductility and Load Carrying Capacity in Beam-Column Exterior Joints Enhanced with GFRP Subjected to Cyclic Loading

A.R.Mardookhpour
Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Lahijan Branch, Iran

Alireza.mardookhpour@yahoo.com

Abstract

An experimental investigation of the behavior of retrofitted FRP wrapped exterior beam-column joints under seismic conditions is presented. Also, the experimental study on exterior beam-column joint of a multistory reinforced concrete building under the seismic has been analyzed using ANSYS software. Two specimens were cast and tested to failure during the present investigation. One is control specimen test up to 70% of the ultimate load (without FRP), and another specimen test up to 70% of the ultimate load (with one layer of FRP).The results show that an increase about 18% has been obtained by retrofitting with FRP sheets in load carrying capacity. Also an increase about 54% has been obtained by retrofitting with FRP sheets in cumulative ductility.

Keywords: FRP, cyclic loading, ANSYS software, beam-column exterior joints