

بررسی آزمایشگاهی رفتار استاتیکی تیر بتن مسلح تقویت شده با ورق CFRP

محمدرضا داودی¹، امین مصطفویان²، حسین فلاح نژاد³

1- استادیار دانشکده عمران دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

2- دکتری سازه دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

3- دانشجوی دکتری سازه، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

hossein_nitcivil@yahoo.com

خلاصه

در این مقاله به بررسی آزمایشگاهی رفتار استاتیکی تیرهای بتن مسلح تقویت شده با ورق CFRP در گام های مختلف بارگذاری، پرداخته شده است. آزمایشات بر روی تیرهای دارای ورق تقویت در ناحیه کششی و همچنین تیرهای بدون تقویت صورت پذیرفت. برای این هدف، شش تیر بتنی آزمایش شدند و زیر اثر بارهای استاتیکی قرار گرفتند. این بارگذاریها به صورت گام به گام تا رسیدن به مرحله نهایی شکست ادامه یافت. در این آزمایشات دو تیر به عنوان تیر مرجع مورد استفاده قرار گرفتند، همچنین دو نمونه از تیرها هنگامی که بار به حدود نیمی از بار نهایی رسید، با یک لایه ورق CFRP تقویت شدند، دو نمونه دیگر نیز هنگامی که بار به حدود 75٪ بار نهایی رسید، با دو لایه ورق CFRP تقویت شدند. پس از هر گام بارگذاری نمودار تغییرات جابجایی در وسط دهانه در برابر تغییرات نیرو ترسیم شده است. همچنین کرنش در تراز میلگردهای فشاری و کششی در وسط دهانه در گامهای مختلف بارگذاری توسط کرنش سنج ثبت گردیده و نتایج آن ارائه شد. با توجه به نتایج بدست آمده می توان گفت تقویت خمشی تیرها با ورق CFRP موجب افزایش مقاومت خمشی و کاهش شکل پذیری آنها شده است.

کلمات کلیدی: بارگذاری استاتیکی، ورق CFRP، تقویت، مقاومت خمشی.

1- مقدمه

به دلایل مختلفی چون خرابیهای ناشی از عوامل محیطی نظیر خوردگی و یا وزش بادهای شدید، خسارت ناشی از زلزله و همچنین تغییر ضوابط آییننامه‌ای، ممکن است سازه‌های بتن آرمه فاقد مقاومت و شکل پذیری لازم در مقابل بارهای اعمالی تشخیص داده شوند. از این رو تقویت و یا نوسازی مجدد سازه مورد بحث در دستور کار قرار می‌گیرد.

در سالهای اخیر روش‌های ترمیم زیادی پیشنهاد شده است و روشی که بیشتر از همه مورد توجه قرار گرفته استفاده از تقویت کننده‌های پلیمری مانند FRP می‌باشد. این روش برای اولین بار در سوئیس و آلمان توسعه یافت [1 و 2]. تا قبل از پیدایش و ظهور صنعت FRP، از ورق‌های فولادی برای تقویت و یا ترمیم اعضای سازه‌ای استفاده می‌شد که به دلیل معایبی همچون زنگ‌زدگی، وزن زیاد، مشکلات در حمل و نقل و ... رفته رفته جای خود را به تقویت کننده‌های پلیمری مانند FRP داده است. پلیمرهای الیافی FRP مصالح نوینی هستند که به دلیل آسانی نصب و ویژگیهای مقاومتی رضایت بخش، در سالهای اخیر برای تقویت سازه‌های بتنی کاربردهای بسیاری پیدا کرده‌اند و هنوز همه ویژگیهای رفتاریشان شناخته نشده است. Meier استفاده از ورقهای تقویت فیبری برای ترمیم پلها را پیشنهاد کرده است [1]. در ضمن تاثیر ورق تقویت GFRP متصل بر ناحیه کششی تیرهای بتن مسلح توسط Saadatmanesh و Ehsani بررسی شده است [3].

آزمایش‌های ارتعاشی اطلاعات مورد نیاز برای شناسایی بیشتر رفتار این مواد را در اختیار می‌گذارد برای شناسایی خسارتها و اثر تقویت با FRP یک شاخص مناسب که از تحلیل نتیجه‌های آزمایش مودال به دست می‌آید لازم است.

یکی از عمده ترین شکلهای شکست تیرهای بتن مسلح تقویت شده با ورق FRP، جدا شدن ورق از سطح بتن می‌باشد، که به پدیده جداشدگی معروف است. اخیرا کارهای زیادی به منظور جلوگیری از این پدیده صورت گرفته است. مستوفی نژاد روش شیار زدن را برای جلوگیری از این پدیده پیشنهاد کرده است [4]. در این مقاله رفتار تیرهای بتنی در اثر خسارت و تقویت با آزمایش مودال بررسی می‌شود. برای این هدف شش تیر بتنی آزمایش شدند که چهار تیر بعد از رسیدن به حد معینی از بارگذاری به روش شیار زدن با الیاف CFRP تقویت شدند. همچنین در کلیه تیرها و در تمامی گامهای بارگذاری آزمایش مودال به صورت آویزان روی تیرها صورت پذیرفت.

2- طرح نمونه‌ها

برای انجام آزمایشها شش تیر بتنی با عرض 150 mm، ارتفاع 200 mm و طول 2200 mm ساخته شدند و بنا به ویژگیهای مشابه در سه گروه جداگانه قرار گرفتند. مقاومت فشاری طراحی نمونه‌های بتنی 45 MPa در نظر گرفته شد. مقاومت فشاری بدست آمده در عمل از آزمایش فشاری روی چهار مکعب استاندارد بدست آمد. مطابق شکل 1 تیرهای بتنی با پنج میلگرد فولادی به قطر 14 mm مسلح گردیدند و خاموتهای عرضی با قطر 8 mm در فواصل 8