

بررسی آزمایشگاهی تغییرات میرایی در تیر بتن مسلح تقویت شده با ورق CFRP

محمدرضا داودی¹، امین مصطفویان²، حسین فلاح نژاد³

1- استادیار دانشکده عمران دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

2- دانشجوی دکتری سازه دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

3- کارشناس ارشد سازه دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

hossein_nitcivil@yahoo.com

خلاصه

در این مقاله به بررسی فرکانس طبیعی و میرایی تیرهای بتن مسلح تقویت شده با ورق CFRP در مراحل مختلف ترک خوردگی آن، پرداخته شده است. آزمایشات بر مبنای بارهای استاتیکی و دینامیکی و 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 و ایجاد خسارت، آزمایش دینامیکی (مودال) در حالت آویزان روی تیرها انجام گردید که در نتیجه آن میزان فرکانس طبیعی و میرایی در هر گام بدست آمد. از جمله نتایج حاصله کاهش فرکانس طبیعی در کلیه تیرها بعد از بارگذاری و ایجاد ترک خوردگی بوده است، که دلیل آن را می‌توان کاهش سختی تیر دانست. این کاهش در کلیه گام‌های بارگذاری تا قبل از تقویت ادامه داشت. بعد از تقویت تیرها با الیاف CFRP به دلیل افزایش سختی تیرها فرکانس طبیعی آنها نیز افزایش یافت.

کلمات کلیدی: آزمایش دینامیکی، ورق CFRP، آزمایش مودال، فرکانس طبیعی.

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 شکل‌پذیری 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 تقویت‌کننده‌های پلیمری مانند FRP می‌باشد. این روش برای اولین بار در سوئیس و آلمان توسعه یافت [2 و 1]. 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 تقویت‌کننده‌های پلیمری مانند FRP داده است. پلیمرهای الیافی FRP مصالح نوینی هستند که به دلیل آسانی نصب و ویژگیهای مقاومتی رضایت‌بخش، 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 ناحیهی 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 می باشد، که به پدیده جدا-شدگی 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 می شود. برای این هدف شش تیر بتنی