



بررسی پیشروی خسارت و تقویت با CFRP در تیرهای بتن مسلح در فضای کرنش‌های مودال

ندا بقیعی^۱، محمدرضا اصفهانی^۲ و کاظم مسلم^۳

۱- دکتری مهندسی سازه- دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد گروه عمران- دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استادیار گروه عمران- دانشگاه فردوسی مشهد

esfahani@ferdowsi.um.ac.ir

خلاصه

این مقاله در فضای کرنش‌های مودال به بررسی چگونگی تغییرات رفتار و سختی تیرهای بتن مسلح پس از بارگذاری و مقاوم سازی با ورق‌های CFRP می‌پردازد. این بررسی روی داده‌های آزمایشگاهی نه نمونه تیر بتنی انجام شده که مقاومت خمشی شش نمونه از آنها هنگامی که بار به حدود نیمی از بار نهایی رسید، با ورق‌های CFRP بهبود یافت. با انجام آزمایش ارتعاشی پس از هر گام بارگذاری و تقویت با ورق‌های CFRP، بسامدهای ویژه و تغییر مکان‌های مودال نمونه‌ها به دست آمدند. تغییر مکان‌های مودال در فضای کرنش‌ها تصویر شدند و تغییرات آنها با معیار اطمینان مودال مختصاتی (COMAC) مورد بررسی قرار گرفت. مقدارهای COMAC در فضای کرنش‌های مودال به خوبی روند شکست و مقاوم‌سازی نمونه‌ها را با ورق‌های CFRP نشان دادند و با مشاهدات تجربی هماهنگی داشتند.

واژه‌های کلیدی: آزمایش ارتعاشی، تقویت، تیر بتنی، خسارت، شکل مود، کرنش مودال، COMAC.

۱. مقدمه

سازه‌های بتنی در هنگام بهره‌برداری بخشی از کارآیی خود را از دست می‌دهند. با بازرسی منظم و ارزیابی وضعیت این سازه‌ها، خسارت‌ها مشخص و ایمنی و قابلیت اعتماد و دوام سازه تعیین می‌شود. با این کار می‌توان برای نگهداری و مرمت سازه بتنی برنامه‌ریزی کرد و هزینه‌های ترمیم را کاهش داد. برای رسیدن به این هدف، شاخص خسارتی که بتواند وضعیت سازه را برآورد کند، اهمیت دارد. شاخص‌های خسارت را می‌توان براساس ویژگی‌های مودال سازه به دست آورد. ویژگی‌های مودال سازه مانند بسامد، میرایی و شکل مودها با آزمایش مودال و پایش ارتعاش سازه به دست می‌آیند [۱]. پایش ارتعاش سازه و پردازش سیگنال‌ها نه تنها برای شناسایی خسارت، بلکه برای بررسی رفتار ناشناخته مصالح نوینی که برای تقویت و ترمیم سازه‌های بتنی به کار می‌روند مناسب می‌باشد. 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. آزمایش‌های ارتعاشی اطلاعات مورد نیاز برای شناسایی بیشتر رفتار این مواد را در اختیار می‌گذارد [۲].

بیشتر روش‌های آزمایشگاهی آسیب‌های محلی مانند جداشدگی FRP را در نظر می‌گیرند و برای سنجیدن بهبود سختی سازه و رفتار کلی آن کافی نیستند. آزمایش مودال یک برآورد کلی از رفتار سازه تقویت شده را می‌دهد و زمینه برای یک قضاوت درست را فراهم می‌سازد. برای شناسایی خسارت‌ها و اثر تقویت با FRP یک شاخص مناسب که از تحلیل نتیجه‌های آزمایش مودال به دست می‌آید، لازم است. با همه پیشرفت‌های فراوان در روش‌های نگاشت سلامت سازه‌ها، هنوز هم برای به دست آوردن این شاخص‌های تردیدهای بسیاری به جا مانده و برای رسیدن به این معیار روی نمونه‌های آزمایشگاهی و واقعی آزمایش‌های زیادی انجام داده‌اند. در این زمینه، پژوهشگران دانشگاه Leuven [۳] در بلژیک روی نمونه‌های آزمایشگاهی و سازه‌های واقعی آزمایش کرده‌اند و برخی از نمونه‌ها مانند آزمایش Peeters و همکاران [۴] از سال ۱۹۹۶ تا اکنون پایه بسیاری از پژوهش‌های علمی قرار گرفته است. برای سنجیدن کارآیی روش‌های مقاوم‌سازی با پلیمرهای الیافی (FRP)، Bonfiglioli و همکاران [۲] و Pascale و