

بررسی پارامترهای موثر بر قابلیت اطمینان تیر بتن آرمه تقویت شده

حسین نادرپور^۱، عباس نادرپور^۲، سید روح الله حسینی واعظ^۳

۱- استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان

۲- کارشناس ارشد مهندسی عمران- مدیریت ساخت، شرکت ملی گاز ایران

۳- دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان

naderpour@semnan.ac.ir

خلاصه

امروزه استفاده از کامپوزیت‌های FRP به علت مزایای متعدد آنها نظیر نسبت مقاومت به وزن زیاد، مقاومت بالا در برابر خستگی، دوام زیاد در مقابل خوردگی و رفتار اورتوتروپیک تبدیل به یک تکنیک مقاوم سازی رایج گردیده است. تقویت خمشی تیرهای بتن آرمه با چسباندن لایه های FRP به سطح خارجی آنها صورت می پذیرد که در نتیجه آن، ظرفیت ممان خمشی عضو افزایش می یابد. مدهای شکست اصلی تیرهای تقویت شده با FRP شامل گسیختگی و تسلیم FRP، جداشدگی صفحات FRP از تیر و شکست فشاری بتن می باشد. مساله قابل تامل در تحقیقات گسترده انجام شده در ارتباط با تقویت اعضای خمشی با FRP آن است که در آنها خصوصیات مصالح و پارامترهای هندسی به عنوان کمیت‌های قطعی لحاظ شده و طبیعت تصادفی چنین متغیرهایی به حساب آورده نشده اند. در این مقاله، ۱۰ متغیر طراحی موثر بر ظرفیت خمشی تیرهای تقویت شده با FRP در نظر گرفته شده و توزیع‌های احتمالاتی مرتبط با آنها فرض شده اند. نتایج نشان می دهند که پارامترهای مقاومت بتن، کرنش حد شکست CFRP و نسبت سطحی CFRP تاثیر قابل ملاحظه ای بر مقاومت خمشی تیر بتن آرمه دارند. همچنین تاثیر این متغیرهای طراحی بر مقادیر میانگین و ضریب تغییرات نسبت مقاومت به مقاومت اسمی تیرها مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه، تحلیل قابلیت اعتماد تیرهای تقویت شده با CFRP انجام گرفته است. نحوه تاثیر ضرایب کاهش مقاومت ϕ و ϕ_{FC} بر اندیس قابلیت اعتماد متوسط مورد مطالعه قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: قابلیت اطمینان، تیر بتن آرمه، ظرفیت ممان خمشی

۱. مقدمه

کامپوزیت‌های FRP در حدود ۵۰ سال در مهندسی سازه در زمینه های ساخت مقاوم، تقویت، ترمیم و بهسازی سازه های موجود مورد استفاده قرار گرفته اند. طی دهه اخیر رشد چشمگیری در استفاده از مصالح FRP که نوع پیشرفته ای از کامپوزیتها هستند، صورت پذیرفته است. این مصالح دارای نسبت مقاومت به وزن بسیار بالایی می باشد. بسیاری از کامپوزیتها دارای مقاومت بسیار بالا در برابر خستگی هستند. به منظور نشان دادن رفتار مصالح سازه ای در برابر خستگی از دیاگرام S-N (تنش در برابر تعداد سیکل) استفاده می شود. حد خستگی برابر با تعداد سیکل هایی است که شکست سازه پس از آن تحقق می یابد. این حد برای فولاد و مصالح نظیر برابر 10^5 - 10^6 می باشد اما برای بسیاری از کامپوزیت‌های FRP در حدودی برابر 10^7 - 10^8 سیکل مشاهده می گردد. بر خلاف فولاد، کامپوزیت‌های FRP در مقابل بارهای رفت و برگشتی دچار نرم شدگی تدریجی یا همان کاهش در سختی پیش از هرگونه ترک خوردگی می گردد. به عنوان یک مزیت بسیار مهم و بر خلاف فولاد، کامپوزیت‌های FRP دارای مقاومت زیادی در برابر خوردگی هستند. مصالح کامپوزیت به علت داشتن ضریب انبساط حرارتی در دو راستای هم جهت با الیاف و عمود بر الیاف به صورت اورتوتروپیک عمل کرده و بنابراین در اثر کرنشهای حرارتی دچار خرابی نمی گردند. اما در مصالحی نظیر فولاد به علت ایزوتروپیک بودن آنها، در اثر تنشهای حرارتی خرابی های شدیدی رخ می دهد [۱ تا ۶].

به طور معمول، تقویت خمشی اعضای بتن آرمه نظیر تیرها، دال ها، دیوارها و ستونها با اتصال یک سیستم تقویتی FRP (که به صورت یک نوار یا صفحه به سطح خارجی عضو چسبانده می شوند) به ناحیه کششی عضو خمشی به منظور افزایش نیروی کششی موثر بوجود آمده در عضو صورت پذیرفته و بدین صورت ظرفیت ممان خمشی عضو افزایش می یابد. تقویت خمشی اعضای بتن آرمه به کمک FRP تا حدی شبیه اتصال ورقها یا نوارهای فولادی به وجه کششی آنها می باشد؛ اما در این میان دو تفاوت عمده وجود دارد. نخست آنکه سیستم تقویتی با FRP در یک مد خطی الاستیک رفتار کرده و بنابراین تسلیم نمی شود. از طرف دیگر سیستم تقویتی FRP نسبت به سیستم ورق فولادی در مقابل شکست های ناشی از