

بررسی عددی ستون‌های بتنی مقاوم‌سازی شده خمشی با میله‌های FRP به روش نصب در نزدیک سطح NSM (مطالعه موردی: نوع بتن و جنس الیاف)

محمد کاظم شربتدار^۱، احمد کوثریان^۲

۱- استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان

۲- کارشناسی ارشد عمران-سازه، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان

msharbatdar@semnan.ac.ir
ahmad.kosarian@gmail.com

خلاصه

در حالت بهره‌برداری، اعضاء سازه‌های بتن مسلح ممکن است به علت تغییر در ضوابط آیین‌نامه‌های بارگذاری و طراحی، خوردگی آرماتورها و خرابی احتمالی بتن، اشتباه در محاسبات و یا ساخت، افزایش بارهای بهره‌برداری و یا خرابی پیش‌بینی نشده سازه نیاز به تقویت با روش‌های شناخته شده سنتی یا روش‌های جدیدی مانند چسباندن میله‌های کامپوزیتی FRP درون شیارهای تعبیه شده در پوشش بتن به نام روش نصب در نزدیک سطح (Near-Surface Mounted) NSM می‌باشند. در روش NSM، بتن اطراف میله از تغییر در خصوصیات مکانیکی FRP و خرابی ناشی از گرما محافظت کرده و باعث بهبود در پیوستگی و انتقال نیرو در محل تماس میله و بتن اطراف آن شده و منجر به افزایش قابلیت مقاومت خمشی در اعضاء بتنی می‌شود. تحقیقات آزمایشگاهی و عددی جهت مقاوم‌سازی المان‌های تیر و ستون به روش NSM در دهه اخیر در کشورهای اروپایی و آمریکای شمالی انجام شده است که نشان دهنده تأثیر مثبت این روش می‌باشد.

در این مقاله علاوه بر مقایسه نمونه‌های عددی و آزمایشگاهی به منظور کالیبراسیون نتایج عددی، با مدل‌سازی رفتار ۱۰ نمونه ستون تقویت شده خمشی با میله‌های FRP در نرم‌افزار اجزای محدود ABAQUS، به بررسی افزایش مقاومت خمشی ناشی از نصب میله‌های FRP در نزدیک سطح ستون‌ها پرداخته شده است. متغیرهای مختلفی از جمله درصد‌های متفاوت میلگرد طولی (معمولی ۰/۸۷ و پر آرماتور ۱/۱۸ درصد)، درصد‌های متفاوت FRP (معمولی ۰/۲۱ و پر CFRP ۰/۲۸ درصد)، نوع بتن معمولی (30 MPa) یا کم‌مقاومت (16.7 MPa)، میلگردها با جنس CFRP (کربنی)، GFRP (شیشه‌ای) و ابعاد هندسی متغیر (مقطع معمولی ۲۰۰×۲۰۰ و مقطع قوی ۲۵۰×۲۵۰ میلیمتر) در مقاوم‌سازی خمشی ستون‌ها مد نظر قرار گرفت. نتایج نشان دهنده افزایش شکل‌پذیری و ظرفیت خمشی در برخی ستون‌ها در حدود ۵۰٪ می‌باشد.

کلمات کلیدی: ستون‌های بتن مسلح، مقاوم‌سازی خمشی، میله‌های FRP، روش NSM، مدل‌سازی عددی

۱. مقدمه

در دهه اخیر، مصالح معمولی مانند فولاد و بتن توسط مصالح FRP جهت مقاوم‌سازی سازه‌های بتنی جایگزین شده‌اند. این مصالح به صورت الیاف یک‌طرفه ساخته شده و به شکل صفحه، میلگرد و نوار به صورت یک‌طرفه و دو طرفه و در انواع مختلف از جنس‌های CFRP (کربنی)، GFRP (شیشه‌ای)، AFRP (آرامیدی) و ... تولید می‌شوند. دلایل استفاده روز افزون از این مصالح به شرح زیر است: وزن کم، نصب آسان، دوام بالا، مقاومت کششی زیاد، ظرفیت تغییر شکل زیاد، عایق الکتریکی همچنین از نظر ابعاد، اندازه و شکل بسیار متنوع می‌باشند. صفحات FRP معمولاً بر روی المان‌های سازه‌ای جهت تقویت نصب می‌شوند که به این روش نصب خارجی (EBR) گفته می‌شود. از عیب‌های روش EBR می‌توان به کمبود مقاومت آن‌ها تحت شرایط ذوب و انجماد بتن و گرم و سرد شدن آن‌ها اشاره کرد همچنین تأمین طول مهارتی در این روش مشکل می‌باشد. در روش NSM (نصب در نزدیک سطح) نوارهای FRP درون شیارهایی که از قبل بر روی تیر ایجاد شده به وسیله چسب اپوکسی، پلی‌استر و ... نصب می‌شود.

باروش^۱ و همکاران در سال ۲۰۰۶ امکان تقویت اجزای مختلف بتنی از قبیل تیر، ستون و دیوارهای آجری با استفاده از مصالح FRP به روش NSM و EBR مورد بررسی قرار دادند. نتایج آزمایشات نشان داد استفاده از روش NSM تأثیر بسیاری بر افزایش ظرفیت خمشی و برشی دارد [1]. باروش و همکاران در سال ۲۰۰۸ به مقاوم‌سازی خمشی ستون‌های بتن آرمه تحت بار محوری و بار جانبی رفت و برگشتی پرداختند. ظرفیت باربری ستون در برخی

¹ Barros