



## تحلیل غیرخطی اجزاء محدود تیر بتن آرمه مقاوم سازی شده با FRP

هوشیار ایمانی<sup>۱</sup>، علی ناصری فر<sup>۲</sup>، محمد کرمی<sup>۳</sup>

۱. استادیار دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، دانشگاه سمنان

Naserifar.a@gmail.com

### خلاصه

یکی از متداولترین روش های مقاوم سازی سازه های بتن آرمه استفاده از کامپوزیت های FRP می باشد؛ به طوریکه این مصالح دارای ویژگی ها و مشخصات مکانیکی مطلوبی نظیر مقاومت و دوام بالا در برابر نیروهای اعمالی و عوامل محیطی می باشند. در این مقاله با استفاده از نرم افزار المان محدود ABAQUS بر روی تیرهای بتن آرمه تقویت شده با کامپوزیت های FRP تحلیل عددی انجام شده و ظرفیت باربری نهایی این تیرها مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. رفتار غیرخطی مصالح مربوط به آرماتورهای فولادی، بتن و نیز کامپوزیت های FRP به وسیله مدل های ساختاری مناسبی مدلسازی شده است. همچنین در این مقاله تاثیر کامپوزیت های FRP بر روی ظرفیت نهایی تیر، میزان و نوع ترک خوردگی تیر بتنی و نیز تاثیر نسبت آرماتور بر روی مقاومت نهایی تیر مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است

کلمات کلیدی: تحلیل غیرخطی، تیر بتن آرمه، FRP، ترک، ABAQUS

### ۱. مقدمه

یکی از روش های رایج و معمول در مقاوم سازی سازه های بتن آرمه استفاده از ورق های فولادی می باشد که در سال های اخیر برای جایگزینی ورق های فولادی با کامپوزیت های FRP جهت مقاوم سازی سازه های بتن آرمه مطالعات زیادی انجام گرفته است. از کامپوزیت های FRP می توان در تقویت خمشی و برشی ستون ها، تیرها و دال های بتن آرمه استفاده نمود. برخی از انواع الیاف مورد استفاده در کامپوزیت های FRP عبارتند از الیاف شیشه ای، کربنی و آرامیدی. کامپوزیت های FRP طی سالیان اخیر در صنایع مختلف مورد استفاده قرار گرفته است و خصوصیات این مصالح به خوبی شناخته شده است که برخی از مزایای استفاده از این مصالح به شرح زیر می باشد:

۱- دوام بالا

۲- نسبت مقاومت به وزن بالا

۳- مقاومت در برابر خوردگی

۴- مقاومت در برابر ضربه

۵- مقاومت الکتریکی بالا

۶- مقاومت در برابر شرایط و عوامل محیطی

اما دلیل محدودیت استفاده از این مصالح در سازه های مهندسی هزینه بالای آن می باشد و کاهش هزینه این کامپوزیت ها استفاده از آن را در مهندسی عمران گسترش خواهد داد. با توجه به خصوصیات و ویژگی های فوق از کامپوزیت های FRP می توان در موارد مختلفی استفاده نمود که در ذیل به برخی از این کاربردها اشاره شده است:

۱- تقویت خمشی و برشی المان های بتنی نظیر ستونها، تیرها، دالها و اتصالات بتن آرمه

۲- تقویت مخازن فولادی و بتنی

۳- تقویت سازه های مقاوم در برابر انفجار

۴- تقویت دیوارهای بتن آرمه