



## تحلیل عددی تیرهای بتن مسلح با در نظر گرفتن اثر آرماتور بر رفتار تیرهای بتن مسلح

کیومرث رهبر<sup>۱</sup>، محمدرضا محمدی زاده<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده فنی و مهندسی، واحد بین الملل، دانشگاه هرمزگان

۲- استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه هرمزگان

rahbar1357@yahoo.com

### خلاصه

در این تحقیق پس از مطالعه تیر آزمایشگاهی به صحت سنجی تیر مدل‌سازی سازی شده در برنامه ABAQUS می‌پردازیم. در برنامه نرم افزاری از مدل ترکیبی پلاستیک - خسارت برای خرابی مصالح بتن استفاده می‌شود. اثر آرماتورهای خمشی و برشی بر میزان تغییر مکان و شکل پذیری تیر مورد بررسی قرار می‌گیرد. اثر خاموت بر میزان تحمل برش نیز در مدل‌سازی و تحلیل عددی بررسی می‌گردد. نتایج نشان می‌دهد که تطابق خوبی بین نتایج آزمایشگاهی و مدل‌سازی عددی برقرار است. مطابق نتایج عددی هر میزان تعداد رشته آرماتورهای مصرفی بیشتر باشد میزان شکل پذیری بیشتری می‌گردد. در بررسی برش نیز هرگاه تعداد میلگرد خاموت بیشتر باشد، مقدار مقاومت برشی تیر نیز افزایش می‌یابد. با مصرف خاموت برشی و میلگرد خم شده مقدار تغییر مکان تیر کنترل می‌گردد. توصیه‌های آیین‌نامه‌ای نیز تاکید دارد که در ازای سطح مقطع آرماتور مصرفی، تعداد رشته‌های آرماتور مصرفی ارجحیت دارد.

کلمات کلیدی: تحلیل عددی، مدل پلاستیک - خسارت، ABAQUS

### ۱. مقدمه

تیر بتن مسلح به عنوان یکی از اعضای اصلی سازه‌های بتن مسلح محسوب می‌شود. اگر چه مقاومت فشاری بتن بالا می‌باشد اما در مقابل، مقاومت کششی بتن بسیار پایین است و در حدود ۶ تا ۱۰ درصد مقاومت فشاری می‌باشد [۱]. بکار بردن آرماتور به عنوان راهی برای مسلح کردن بتن و افزایش مقاومت کششی سطح مقطع یک تیر بتنی یک راه حل مناسب می‌باشد. در بتن با رعایت نسبت آب به سیمان و استفاده از سنگدانه مقاوم می‌توان به مقاومت فشاری بالا و مناسبی دست یافت. یک تیر بتنی غیر مسلح تا حد اندکی می‌تواند در مقابل کشش از خود مقاومت نشان دهد، اما با افزایش بار به جهت کمبود مقاومت کششی و برشی این تیر به طرز نامناسبی و بصورت ترد گسیخته می‌گردد. مسلح کردن تیرهای بتنی به مصالحی مانند میلگردهای فلزی از دیر باز مورد توجه بوده است. به کمک میلگردهای فلزی می‌توان ظرفیت باربری یک تیر را بالا برد. بررسی‌های آزمایشگاهی گواه این مطلب است که میلگردهای فلزی بخوبی ظرفیت‌های خمشی و برشی یک تیر را افزایش می‌دهند. اگر چه روش آزمایشگاهی برای بررسی رفتار تیرهای بتن مسلح مورد قبول می‌باشد، اما به جهت هزینه‌های بالای روش آزمایشگاهی و طولانی بودن زمان تحقیقات می‌توان به کمک مدل‌سازی عددی رفتار تیرهای بتن مسلح را پیشینی نمود. این روش جهت دستیابی به نتایج قابل استناد نیازمند تطبیق با نتایج آزمایشگاهی موجود می‌باشد. در ادامه این تحقیق به کمک نرم افزار ABAQUS به مدل‌سازی عددی برش تیرهای بتن مسلح می‌پردازیم.

### ۲. معرفی مدل خرابی بتن در نرم افزار آنالیز اجزا محدود ABAQUS

در تحقیق حاضر از نرم افزار آنالیز اجزا محدود ABAQUS و برای تعریف رفتار غیر خطی بتن از میان سه مدل موجود در نرم افزار از مدل ترکیبی پلاستیک - خسارت بتن (CDP) استفاده می‌شود. در این مدل با پارامترهای ۱- زاویه اتساع<sup>۴</sup> (که برای بتن بین ۲۰ تا ۴۰ درجه می‌باشد و وابسته به پارامترهایی نظیر فشار محصور کننده و کرنش پلاستیک می‌باشد و با افزایش آن زاویه شکل پذیری نیز افزایش می‌یابد [۲، ۲]- خروج از مرکزیت

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد

استاد یار

<sup>۳</sup> -Concrete Damaged Plasticity

<sup>۴</sup> -Dilation Angle