

# استفاده از مفاهیم انرژی لرزه‌ای و بهینه‌سازی در طراحی قاب خمشی فولادی

محمد خاموشی<sup>۱\*</sup>، محسن بزرگ‌نسب<sup>۲</sup>، سید محمد سیدپور<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، مازندران-آمل-دانشگاه شمال، msc\_strcivil\_m63@yahoo.com  
۲- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه مازندران، m.bozorgnasab@umz.ac.ir  
۳- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شمال، s.m.seyedpoor@gmail.com  
۴- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه مازندران، h.akbarzadeh@umz.ac.ir

## چکیده

در دو دهه اخیر به دلیل وقوع زلزله‌های مخرب و مرگبار در دنیا، توجه جامعه مهندسين سازه و زلزله به ارزیابی رفتار واقعی‌تر سازه‌ها در حین زلزله و پیش‌بینی خسارات ناشی از آن و همچنین ماهیت خود زلزله بیشتر جلب شده است. در این مطالعه ما قصد داریم با تکیه بر مفاهیم اساسی انرژی و اصول مقدماتی طراحی سازه‌ها و همچنین با هدف بهبود رفتار لرزه‌ای قابها تحت زمین‌لرزه به طراحی بهینه یک قاب خمشی فولادی ۷ طبقه ۴ دهانه بپردازیم. بدین صورت که با استفاده از کدنویسی در نرم‌افزار OpenSees و MATLAB، مقادیر انرژی‌های لرزه‌ای را محاسبه کرده و مقادیر انرژی محاسبه شده در الگوریتم PSO به صورت هدفمند در طی تکرارهای متوالی طرح قاب را به سمتی هدایت کند که قاب طراحی شده از نقطه نظر انرژی دارای رفتار مناسبی باشد یعنی به عنوان مثال این قاب دارای انرژی ورودی لرزه‌ای پائینی باشد. نتایج حاصل از بهینه‌سازی نشان داد قاب طراحی شده بر مبنای انرژی دارای نسبت انرژی هیستریزس به انرژی ورودی لرزه‌ای بالاتری در قیاس با طرح بهینه شده آن قاب بر مبنای وزن می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** بهینه‌سازی، عملکرد لرزه‌ای، مفاهیم انرژی، قاب خمشی فولادی

## ۱- مقدمه

امروزه به خوبی مشخص شده است که سازه‌های طراحی شده بر اساس ضوابط آیین‌نامه‌های موجود، در برابر زلزله‌های شدید، متحمل خسارات سنگین خواهند شد. ولی با این وجود هنوز برخی ضوابط طراحی لرزه‌ای (خصوصاً در طراحی اولیه سازه‌ها) بر پایه تحلیل‌های ارتجاعی و استفاده از یک نیروی استاتیکی معادل با زلزله بنا شده‌اند [1,2]. طی رویداد یک زلزله شدید، انرژی لرزه‌ای ورودی به سازه از طریق حرکات و تغییرشکل‌های اعضای آن سازه به فرم‌های انرژی جنبشی، انرژی میرایی، انرژی کرنشی ارتجاعی و انرژی کرنشی غیرارتجاعی (انرژی هیستریزس) تلف می‌شود [3]. در صورتی که ظرفیت جذب انرژی سازه از میزان انرژی ورودی به آن سازه بیشتر باشد، در هنگام رخداد یک زلزله شدید، آن سازه می‌تواند سالم باقی بماند [4]. بارهای لرزه‌ای اصولاً ماهیتی قراردادی و اعتباری داشته و نیروهای طراحی لرزه‌ای پیشنهاد شده توسط آیین‌نامه‌ها عموماً به مراتب کوچکتر از نیروهایی می‌باشند که در هنگام زلزله به سازه وارد می‌گردند. نیروهای به کار گرفته شده به وسیله زلزله به ویژگی‌های الاستیک و پلاستیک سازه بستگی دارند. پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهند که اثرات مخرب زلزله بسیار متأثر از انرژی لرزه‌ای رسیده به سازه در طول زمان زلزله است که پیش‌بینی آن با طیف پاسخ غیرخطی مقاومت و یا حتی تغییرشکل به طور کامل مقدور نمی‌باشد. با بررسی‌های صورت گرفته مشخص شد که مفاهیم انرژی قادر است تقریباً تمامی پارامترهای موثر در رفتار لرزه‌ای سازه‌ها را توجیه نماید. لذا ایده طراحی سازه‌ها بر مبنای مفاهیم انرژی و جایگزینی این مفاهیم با مفاهیم استاتیکی و مقاومتی طراحی سازه‌ها در آیین‌نامه‌ها در دهه‌های اخیر مورد توجه قرار