



## مطالعه مقایسه‌ای مقاوم سازی لرزه‌ای قاب خمشی فولادی: مهاربند کمانش ناپذیر (BRB) و مهاربند آلیاژ حافظه دار شکلی (SMAB)

داود وفایی<sup>۱</sup>، مجید صادق آذر<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی سازه، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

۲- دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

dvafaei@ut.ac.ir

msadega@ut.ac.ir

### خلاصه

سیستم قاب خمشی یکی از پرکاربردترین سیستمهای مقاوم لرزه‌ای در جهان می‌باشد. عمده‌ترین مشکل ساختمانهای ساخته شده با این سیستم، تغییر مکان زیاد سازه و در نتیجه خرابی اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای ساختمان است. سیستم مهاربندی روشی موثر برای مقاوم سازی لرزه‌ای اینگونه قابهای خمشی می‌باشد. دو نوع جدید سیستمهای مهاربندی که در طراحی سازه‌های جدید و بهسازی سازه‌های ضعیف قدیمی مورد استفاده قرار می‌گیرند مهاربندهای کمانش ناپذیر (BRB<sup>۱</sup>) و مهاربندهای با آلیاژهای حافظه‌دار شکلی (SMAB<sup>۲</sup>) می‌باشند. این مقاله به مطالعه مقایسه‌ای استفاده از این دو نوع مهاربند در بهسازی قاب خمشی فولادی میان مرتبه واقع در ناحیه با خطر لرزه‌خیزی شدید می‌پردازد. بهسازی قاب خمشی با انجام تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی، توسط نرم افزار OpenSees<sup>۳</sup> انجام گرفته است و نتایج بصورت تغییر شکلهای کلی (تغییر مکان نسبی طبقات و بام)، جزئی (دوران پلاستیک المانها) و انرژی جذب شده توسط مهاربندها به منظور بررسی رفتار قابهای بهسازی شده ارائه شده است.

کلمات کلیدی: قاب خمشی فولادی، بهسازی لرزه‌ای، مهاربند کمانش ناپذیر، مهاربند آلیاژ حافظه دار شکلی.

### ۱. مقدمه

پس از زلزله مهیب نورتریج در سال ۱۹۹۴ و خرابی بسیار بالای قابهای خمشی، سازمان مدیریت بحران آمریکا (FEMA<sup>۴</sup>) با همکاری چندین سازمان دیگر مطالعات گسترده‌ای را به منظور بررسی دلایل تخریب قابهای خمشی فولادی انجام دادند. اینگونه قابها به علت شکل پذیری بالا در زلزله متحمل تغییرمکانهای جانبی بالایی بوده و نیرویی بیش از ظرفیت اعضا در آنها ایجاد می‌شد؛ همچنین با افزایش تغییر مکان جانبی، دوران اتصال صلب تیر به ستون نیز افزایش یافته و شکست ترد در اتصالات رخ می‌داد [۱]. برای مقاوم سازی اینگونه قابها بایستی با روشی تغییر مکان سازه محدود شود تا تقاضای لرزه‌ای پایینی بر المانهای اصلی اعمال شده و سازه پایداری خود را حفظ کند. یکی از بهترین روشها برای این منظور، کنترل غیر فعال سازه در برابر زلزله می‌باشد. روشهای غیر فعال بطور کلی به دو دسته سیستمهای مستهلک کننده انرژی و جداگرهای پی تقسیم می‌شوند. تمام سیستمهای مستهلک کننده انرژی که امروزه استفاده می‌شوند، مشکلاتی از قبیل عمر مفید کم، خستگی، سختی نصب، احتیاج به تعویض پس از زلزله و اعمال تغییر در هندسه سازه پس از وقوع زلزله را دارند. آلیاژهای حافظه دار شکلی (SMAs) به عنوان موادی هوشمند که بسیاری از این مشکلات و محدودیتها را ندارند، در کنترل غیر فعال سازه‌ها مورد توجه قرار گرفته‌اند. مهاربندهای مقید شده در برابر کمانش نیز به دلیل عدم کمانش، قادر به اتلاف انرژی زیادی بوده و در کنترل غیر فعال سازه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این مقاله عملکرد لرزه‌ای قاب خمشی فولادی بهسازی شده با استفاده از دو نوع مهاربند کمانش ناپذیر و مهاربند آلیاژ حافظه دار شکلی مورد بررسی قرار گرفته است.

<sup>1</sup> Buckling Restrained Brace

<sup>2</sup> Shape Memory Alloy Brace

<sup>3</sup> Open System for Earthquake Engineering Simulation

<sup>4</sup> Federal Emergency Management Agency