

## بهبود رفتار لرزه‌ای قاب خمشی بتنی با استفاده از SMA و ECC

غلامرضا قدرتی امیری

استاد دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران  
Ghodrati@iust.ac.ir

رسول نوربخش

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی زلزله، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران  
r\_noorbakhsh@civileng.iust.ac.ir

احسان درویشان

دانشجوی دکترای مهندسی زلزله، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران  
darvishan@iust.ac.ir

کلید واژه‌ها: آلیاژ حافظه‌دار شکلی، کامپوزیت سیمانی مهندسی شده، فوق کشسان، قاب خمشی بتنی، تحلیل غیر خطی

### چکیده

در این مطالعه، رفتار لرزه‌ای قاب‌های خمشی بتنی با استفاده از دو ماده جدید مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور سه قاب بتنی ۴، ۸ و ۱۲ طبقه به صورت دو بعدی با استفاده از نرم‌افزار OpenSees مدل شد. برای هر یک از این قاب‌ها، سه حالت مختلف در نظر گرفته شد: (۱) در تمام المان‌های سازه‌ای از بتن و فولاد متداول ساختمانی استفاده شد (Steel) (۲) در ناحیه مفاصل پلاستیک تیرها از آرماتورهای از جنس آلیاژ حافظه‌دار شکلی (SMA) استفاده شد (SMA) (۳) ناحیه مفاصل پلاستیک تیرها به طور کامل با آرماتورهای از جنس SMA و کامپوزیت سیمانی مهندسی شده (ECC) مدل شدند (ECC). تحلیل استاتیکی غیرخطی، به منظور تعیین پارامترهای اضافه مقاومت و شکل‌پذیری قاب‌های بتنی انجام شد. همچنین تحلیل دینامیکی غیرخطی تحت ۲۲ زلزله مختلف، برای هر یک از ۹ حالت مختلف قاب‌های بتنی، صورت پذیرفت و جابجایی طبقات و کرنش‌های پسماند آن‌ها مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله، بهبود عملکرد لرزه‌ای و کاهش تغییر شکل‌های ماندگار قاب‌ها را در حالت‌های استفاده از آلیاژ حافظه‌دار شکلی و کامپوزیت سیمانی مهندسی شده، نسبت به آرماتور فولادی و بتن معمولی نشان می‌دهد.

### مقدمه

در اثر زلزله‌های شدید، اعضای سازه‌ای قاب‌های خمشی بتنی، تغییر شکل‌های بزرگی را تجربه می‌کنند. به گونه‌ای که در اثر این تغییر شکل‌ها، آرماتورها به حد تسلیم می‌رسند و بتن می‌شکند. در طراحی مرسوم سازه‌های بتن مسلح، انتظار می‌رود که آرماتورها به حد تسلیم برسند تا با تغییر شکل‌های دائمی آرماتورهای فولادی پس از تسلیم و خرابی بتن غیر محصور، انرژی مستهلک گردد. متعاقباً در طی زمین لرزه‌های شدید، خرابی سازه‌ها و پل‌ها، بسته شدن جاده‌ها و اختلال در امداد رسانی، آسیب‌های جدی اقتصادی را نتیجه می‌دهد، در حالی که اگر سازه‌ها بعد از چنین زمین لرزه‌هایی قابل سرویس‌دهی باشند و تغییر شکل‌های ماندگار در آن‌ها ناچیز باشد، از بسیاری از این فجایع جلوگیری می‌شود. با توجه به مطالب ذکر شده انتظار می‌رود که اعضای سازه‌ای قاب‌های خمشی بتنی، بتوانند تغییر شکل‌های بزرگتری بدون باقی گذاشتن کرنش‌های پسماند زیاد را از خود نشان دهند. لذا استفاده از آرماتور و بتن با ظرفیت‌های شکل‌پذیری و استهلاک انرژی بالا می‌تواند در بهبود عملکرد لرزه‌ای این نوع از سازه‌ها مفید باشد. با توجه به این که تغییر شکل‌های پلاستیک عمده، در ناحیه مفاصل پلاستیک اتفاق می‌افتد، استفاده از این مصالح در این نواحی می‌تواند راه حل بهینه و مفیدی باشد.

### آلیاژ حافظه‌دار شکلی

آلیاژهای حافظه‌دار شکلی (SMA) دسته‌ای از مواد هوشمند هستند که نسبت به تغییر ویژگی‌های محیط اطرافشان واکنش نشان می‌دهند. این آلیاژها نسبت به سیستم‌های متداول مستهلک کننده انرژی دارای مزایا و ویژگی‌های منحصر به فردی هستند. عدم نیاز به تعویض

