

## اثر مؤلفه قائم نزدیک گسل بر پل بتنی با جداساز ترکیبی اصطکاکی-لاستیکی

افشین کلانتری

استادیار، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران  
[a.kalantari@iiees.ac.ir](mailto:a.kalantari@iiees.ac.ir)

سید امیرحسین مویدی

دانشجو، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران  
[a.moayedi@iiees.ac.ir](mailto:a.moayedi@iiees.ac.ir)

کلیدواژه‌ها: تکان‌های زمین، جداساز، مؤلفه قائم، تحلیل تاریخچه زمانی، پل بزرگراهی

### چکیده

با توجه به خطر لرزه‌ای بالا در کشور ایران و وجود گسل‌های فراوان در نزدیکی بسیاری از شهرهای بزرگ، احتمال وقوع زلزله‌های حوزه نزدیک با مؤلفه قائم قابل توجه در این شهرها فراوان است، آن‌چنان‌که این نوع تحریک در زلزله‌هایی مانند بم ۲۰۰۳ و طبس ۱۹۸۷ به راحتی قابل مشاهده می‌باشند. اغلب آیین‌نامه‌ها با نادیده گرفتن مؤلفه قائم و یا جایگزین کردن اثرات دینامیکی این مؤلفه با بارهای استاتیکی معادل به آن پرداخته‌اند. با این حال زلزله‌های گذشته که در مناطق نزدیک گسل رخ داده‌اند اهمیت در نظرگیری این مؤلفه را بر پاسخ پل‌ها نشان می‌دهند. در این تحقیق، برای تعیین اثرات مؤلفه قائم زلزله بر روی پل‌های بزرگراهی، یک پل طراحی شده توسط آیین‌نامه ایران انتخاب و با طراحی جداساز ترکیبی اصطکاکی-لاستیکی به مطالعه اثر مؤلفه قائم حرکت قوی زمین پرداخته شده است. به این منظور مطالعات عددی بر روی مدل پل جداسازی شده در دو حالت: تنها تحت مؤلفه‌های افقی بدون مؤلفه قائم و در حالت دوم تحت سه مؤلفه زلزله پرداخته شده است. به این منظور مدل المان محدود سازه یادشده در نرم‌افزار Opensees ایجاد و تحلیل‌های دینامیکی تحت شتاب‌نگاشت‌های ثبت شده در ۷ رویداد لرزه‌ای در نزدیک گسل بر روی آن صورت گرفته است. ضریب اصطکاک جداساز به صورت متغیر با سرعت مدل‌سازی شده است. مقادیر لنگر وسط دهانه، نیروی محوری ستون‌ها، نیرو و جابجایی جداسازها و همچنین جابجایی قائم وسط دهانه ثبت شد. نتایج نشان می‌دهد نیروی برشی و جابجایی نسبی جداساز مورد نظر در برخی از رویدادهای لرزه‌ای افزایش یافته است. همچنین در پارامترهای مقادیر لنگر وسط دهانه، نیروی محوری ستون‌ها و جابجایی قائم وسط دهانه در نظر گرفتن مؤلفه قائم در اغلب موارد باعث افزایش نتایج شده است.

### مقدمه

تلفات وارد بر سیستم حمل‌ونقل معمولاً به دلایل گوناگون باعث به بار آمدن خسارات مستقیم و غیرمستقیم شده و امکان استفاده از پل‌ها پس از وقوع زلزله از اهمیت بالایی برخوردار است. تعدد و پراکندگی این سازه‌ها احتمال رویداد لرزه‌ای حوزه نزدیک را برای آن‌ها بالا می‌برد. از خصوصیات زلزله‌های نزدیک گسل می‌توان به زیاد بودن مؤلفه قائم و حرکت پالس گونه آن‌ها که در تاریخچه زمانی سرعت زلزله قابل مشاهده است اشاره کرد. ضربه ثبت شده در زلزله‌ها در نزدیک گسل انرژی ورودی بالایی را به سازه ایجاد می‌کند. تحقیقات فراوانی خطرات ناشی از صرف نظر کردن این مؤلفه را در سازه‌های نزدیک گسل بیان کرده‌اند. از جمله این تحقیقات می‌توان به مطالعه‌ی (Papazogloz and Elnashai, 1996) اشاره کرد که شواهد تحلیلی و میدانی اثرات مخرب مؤلفه قائم بر روی ساختمان و پل‌ها را نشان می‌دهد. آن‌ها ادعا کردند که نوسانات قابل توجه در نیروی محوری المان‌های قائم منجر به کاهش ظرفیت برشی ستون‌ها می‌شود. در تحقیقی دیگر (Yu et al., 1997) نیروها را در همه پایه‌های سه پل روگذر به وسیله مدل‌های خطی سه بعدی با رکورد زلزله نورتریج به عنوان تکان‌های ورودی تحلیل نمودند. نتایج ۲۱ درصد افزایش در نیروی محوری و ۷ درصد تغییر در لنگر طولی در اثر منظور نمودن مؤلفه قائم را نشان داده است. پس از آن‌ها (Gloyd S (1997) معیاری در طراحی 60 پل با شاهتیرهای جعبه‌ای پیش‌تنیده ارائه داد که اثر مؤلفه قائم زلزله در آن منظور شده بود. مقادیر طراحی برای برش قائم عرشه و لنگر خمشی در دو دهانه سراسری پل‌ها نشان دادند که پاسخ دینامیکی حاصل از شتاب قائم می‌تواند بسیار بزرگتر از اثرات بار مرده باشد. (Kunnath et al., 2008) با در نظر گرفتن چندین پارامتر از پل‌های معمولی استاندارد به بررسی مؤلفه قائم زلزله پرداختند. نتایج این آزمایش‌ها نشان داد ضوابط آیین‌نامه Caltranse

