

# رفتار لرزه‌ای پل‌های بتن مسلح مورب واقع بر بستری از جنس رُس سخت، تحت اثر زلزله‌های حوزه نزدیک با در نظرگیری اندرکنش خاک و سازه

حانیه سلطانی، فرشته امامی

۱- کارشناس ارشد سازه، گروه مهندسی عمران، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[hny.soltanii@gmail.com](mailto:hny.soltanii@gmail.com)

## خلاصه

پل‌ها از جمله سازه‌های پر اهمیت در شریان حمل و نقل به حساب می‌آیند و با توجه به لزوم برقرار ماندن ارتباط بین مناطق مختلف حادثه دیده و انجام عملیات امداد و نجات پس از وقوع زلزله، توجه به رفتار دینامیکی این سازه‌ها در طی زلزله همواره مهم بوده است. در شرایطی که امتداد مسیرهای عبوری متقاطع یک زاویه قائمه نسازند، به منظور غلبه بر محدودیت‌های مکانی استفاده از پل‌های مورب اجتناب ناپذیر خواهد بود. رفتار لرزه‌ای چنین پل‌هایی در مقایسه با پل‌های مستقیم به خوبی مورد بررسی قرار نگرفته است. پل‌های مورب تخریبات گسترده‌ای را خصوصاً به دلیل دوران عرشه، شکست کلید برشی، بلندشدگی کوله و دریفت پایه ستونی تجربه کرده‌اند. بدین ترتیب هدف این مطالعه بررسی رفتار پل‌های مورب بزرگراهی با و بدون در نظرگیری اثرات اندرکنش خاک و سازه تحت اثر حرکات نزدیک گسل زمین است. مجموعه‌ای از آنالیزهای تاریخچه زمانی غیرخطی با استفاده از هفت رکورد پالس گونه شدید و سه مؤلفه‌ای (دو مؤلفه افقی و یک مؤلفه قائم) بر روی پلی واقع در کالیفرنیا و دارای عرشه شاهتیر جعبه‌ای بتن مسلح پیش تنیده انجام گرفته و به کمک نتایج حاصل، اثر زاویه تورب و نحوه مدلسازی شرایط انتهایی پایه و کوله‌ها بر تقاضاهای گوناگون از جمله جابه‌جایی و دریفت جانبی ستون پایه، دوران عرشه و تغییر شکل کلیدهای برشی ارزیابی شد. دریافت گردید که اکثر تقاضاها به افزایش در زاویه تورب کوله حساس بوده و اغلب روندی افزایشی را با افزایش این زاویه خواهند داشت. از سویی دیگر در نظرگیری اثر اندرکنش خاک و سازه در مدلسازی‌ها در اکثر موارد منجر به کاهش تقاضاها نسبت به شرایط در نظرگیری پایه صلب گردید.

کلمات کلیدی: پل مورب، زاویه تورب، اندرکنش خاک و سازه، زلزله‌های حوزه‌ی نزدیک، پایه صلب

## ۱. مقدمه

رفتار لرزه‌ای پل‌ها عمدتاً تحت تاثیر عواملی همچون خصوصیات مصالح، هندسه پل، شرایط تکیه‌گاهی، راستای بارهای لرزه‌ای و شرایط خاک می‌باشد. حال اگر این عوامل با هندسه‌ای غیرمتعارف که در پل‌های مورب به چشم می‌خورد ترکیب شوند، ممکن است عملکرد پل در طول زمین لرزه را تا حد بیشتری تحت تاثیر قرار دهند. چنین پل‌هایی به کمک زاویه توریشان که به عنوان زاویه بین خط عمود بر محور مرکزی پل و محور مرکزی تکیه‌گاهها (کوله یا پایه) تعریف می‌گردد، شناسایی می‌شوند. پل‌های مورب عمدتاً به منظور قطع سواره‌روها، آبراه‌ها و یا خطوط راه‌آهنی که با پل موازی نیستند به کار می‌روند، لذا در شرایطی که امتداد مسیرهای عبوری متقاطع یک زاویه قائمه نسازند، به منظور غلبه بر محدودیت‌های مکانی استفاده از چنین پل‌هایی اجتناب ناپذیر خواهد بود. این گونه پل‌ها با شدت بیشتری در برابر زمین لرزه پاسخ می‌دهند چرا که هندسه مورب پل مکانیزم انتقال بارهای استاتیکی و دینامیکی را در سیستم پل تحت تاثیر قرار داده و تقاضای نیرو و جابه‌جایی را تغییر خواهد داد. با بررسی زمین لرزه‌های گذشته آشکار شد که این پل‌ها در طول حرکات زمین به شدت در معرض تخریبات گسترده قرار خواهند گرفت. از طرفی پاسخ لرزه‌ای پل‌های دارای کوله‌های مورب اساساً با پل‌های دارای کوله‌های مستقیم به دلیل تمایل