

## Passive Control of an Arch Steel Bridge Under Severe Moving Loads and Strong Ground Motions with Vertical Components

Omid Bahar

Associate Professor, Structural Engineering Research Center  
omidbahar@iiees.ac.ir

Mohammadreza Kazerunian, Mohammad Banan

Bridges are the most important structures of road and rail routes, which always have aesthetic and load-bearing concerns for structural and architectural designers; issues such as magnificent design, correct transfer of different static and dynamic loads, fatigue problem caused by service loads, and control of deformations, especially during severe earthquake motions. The construction and development of the road and railway network of any country is considered as its progress criterion, which allocates an important part of its annual budget every year. The majority of the world's population lives in seismic areas that experience a major earthquake at least once every year. Therefore, in these countries, the maintenance and management system of bridges, including the inspection network, as well as the maintenance and repair of bridge structures, has a very high priority.

In past events, observations show that in earthquake-affected areas, bridges and roads have suffered localized or extensive damage, and sometimes they have been completely destroyed. In such cases, it is very important that the bridges perform their serviceability in order to help people to access the earthquake affected areas. This is especially very important in the early hours of an earthquake, when the access of emergency forces to the area for crisis management, rapid treatment of injured people, taking people out of debris, collecting corpses and most importantly preventing from the spread of infectious diseases, in order to reduce the loss of life in that area.

Preservation and maintenance of road infrastructures, and their continuous repair and improvement is one of the most important budget challenges of many industrialized and semi-industrialized countries. The use of basic separation systems is one of the relatively new solutions that researchers and engineers have provided to meet this important and comprehensive need. But lack of proper attention to the correct principles of design and fail in paying full attention to the real behavior of new and complex systems will result in many problems, so that the minimum risk is the occurrence of damage or even the fall of the bridge deck.

In addition to this issue, one of the important incoming loads on bridges that can have a significant effect on their performance over time is moving loads. In some cases, the continuous passing vehicles over the bridges and the variety

## کنترل غیر فعال یک پل قوسی فلزی در مقابل بارهای متحرک سنگین و جنبش‌های قوی زمین با احتساب مؤلفه قائم زلزله

امید بهار

دانشیار پژوهشکده مهندسی سازه omidbahar@iiees.ac.ir

محمد رضا کازرونیان، محمد بنان

پلها مهم‌ترین سازه‌های مسیره‌های جاده‌ای و ریلی هستند که همواره برای طراحان سازه و معماری، دغدغه‌های زیبایی شناختی و باربری مناسب را دارد؛ مواردی مانند طراحی باشکوه، انتقال صحیح بارهای استاتیکی و دینامیکی مختلف، مشکل خستگی ناشی از بارهای سرویس و کنترل تغییر شکل‌ها به ویژه در هنگام وقوع تحركات شدید زمین لرزه. ساخت و توسعه شبکه راه و راه‌آهن هر کشوری یکی از معیارهای پیشرفت محسوب می‌گردد که هر ساله بخش مهمی از اعتبارات سالانه آن کشور را به خود اختصاص می‌دهد. اکثریت جمعیت جهان در مناطق لرزه خیز زندگی می‌کنند که در هر سال حداقل یک بار یک زلزله بزرگ را تجربه می‌کنند. از این رو، در این کشورها، سیستم نگهداری و مدیریت پلها شامل شبکه بازرسی و همچنین تعمیر و نگهداری سازه‌های پل از اولویت بسیار بالایی برخوردار است.

در رویدادهای گذشته مشاهدات نشان می‌دهد که در مناطق زلزله‌زده، پلها و جاده‌ها دچار آسیبهای موضعی یا گسترده شده‌اند و گاهی به طور کامل تخریب شده‌اند. در چنین مواردی، بسیار مهم است که به منظور کمک به مردم برای دسترسی به مناطق زلزله‌زده، پلها قابلیت سرویس‌دهی خود را انجام دهند. این موضوع به ویژه در ساعات اولیه وقوع زلزله، زمانی که دسترسی نیروهای اضطراری به منطقه مورد نظر برای مدیریت بحران، درمان سریع افراد آسیب دیده، بیرون آوردن افراد از زیر آوار، جمع آوری اجساد و از همه مهم‌تر جلوگیری از شیوع بیماری‌های واگیردار برای کاهش تلفات جانی در آن منطقه، بسیار مهم است.

حفظ و نگهداری زیرساخت‌های راه و تعمیر و بهسازی مستمر آنها یکی از مهم‌ترین چالش‌های بودجه‌ای بسیاری از کشورهای صنعتی و نیمه صنعتی است. استفاده از سیستم‌های جداسازی پایه یکی از راهکارهای به نسبت جدیدی است که محققان و مهندسان برای پاسخگویی به این نیاز مهم و جامع ارائه کرده‌اند. اما عدم توجه مناسب به اصول صحیح طراحی و عدم توجه کامل به رفتار واقعی سیستم‌های جدید و پیچیده، مشکلات زیادی را به همراه خواهد داشت به طوری که حداقل خطر آن، بروز آسیب یا حتی سقوط عرشه پل می‌باشد.

علاوه بر این موضوع، یکی از بارهای وارده مهم بر روی پلها که می‌تواند در طول زمان تأثیر بسزایی در کارایی آنها داشته باشد، بارهای متحرک است. عبور مداوم وسایل نقلیه از روی پلها و تنوع بارهای وارده باعث می‌شود که پلها در برخی موارد خیلی زودتر از پایان عمر مفیدشان خراب شوند. این موضوع به خودی خود باعث کاهش ظرفیت و کارایی سازه پل شده است که در اثر حوادث طبیعی خاص مانند بادهای شدید و زلزله می‌تواند منجر به آسیب جدی و حتی تخریب پل شود. به همین دلیل توجه ویژه به آسیب‌های سازه‌ای، حصول اطمینان از عملکرد بهینه و عدم کاهش ظرفیت سازه پل در زمان مدیریت نگهداری ضروری است. در صورت مشاهده چنین مواردی باید طرح مشخصی

of incoming loads cause the bridges to be damaged much earlier than the end of their useful life. This issue in itself has reduced the capacity and efficiency of the bridge structure, which can lead to serious damage and even destruction of the bridge due to natural events such as strong winds and earthquakes. For this reason, it is necessary to pay special attention to structural damage, ensure optimal performance and not reduce the capacity of the bridge structure during maintenance management. If such cases are observed, a specific plan for the improvement and strengthening of the bridge must be developed and implemented. Also reliable, efficient and affordable methods should be used as much as possible.

This research is focused on the practical application of basic separator systems in engineering and industrial applications, with the aim of showing the detailed design and modeling steps. Nonlinear dynamic time-history responses under different conditions have been investigated, and it has been tried to accurately discuss the challenges faced by design engineers in selecting various types of base isolation systems against seismic loads and also moving loads. Two types of base isolation systems for an arched steel bridge are investigated: lead rubber Bearing (LRB) and friction pendulum system (FPS). The results show that the properly designed system to improve the seismic performance of the bridge may be completely different from the best vibration control system caused by moving loads.

**Keywords:** Arch steel bridge, Passive control, Base isolation, Nonlinear time history analysis, Moving loads, Vertical ground motion

برای بهسازی و مقاوم سازی پل تدوین و اجرا شود. و تا حد امکان از روش های قابل اعتماد، کارآمد و مقرون به صرفه استفاده گردد.

**واژه های کلیدی:** پل قوسی فولادی، کنترل غیرفعال، جداسازی پایه، تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیرخطی، بارهای متحرک مؤلفه قائم جنبش زمین لرزه