



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد و اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)

بررسی تاثیر مولفه قائم زلزله بر پاسخ لرزه ای پلهای فلزی جدا سازی شده با ایزولاتور هسته سربی

* مجید پاسبانی خیاوی^۱، رضا اشراقی^۲

چکیده

سلامتی یک پل در هنگام وقوع زلزله دارای اهمیت زیادی می باشد و لازم است هنگام طراحی پل به پایداری لرزه ای آن توجه ویژه شود. شکست احتمالی یک پل تمامی سرمایه گذاری انجام شده برای احداث آن را نابود کرده و خسارات مالی و جانی فوق العاده ای را سبب می شود. بنابراین توجه به تحلیل لرزه ای پلها در مناطق زلزله خیزی مانند ایران از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده و لازم است که در هنگام طراحی آن، تاثیر عوامل مختلف در تحلیل لرزه ای مورد توجه قرار گیرد. یکی از پارامترهای مهمی که می تواند در تحلیل دینامیکی پل اهمیت داشته باشد مولفه قائم زلزله است که در بیشتر تحقیق های صورت گرفته قبلی، از تاثیر آن صرف نظر شده است. در این مقاله پاسخ لرزه ای پلهای فلزی مقاوم سازی شده با ایزولاتور هسته سربی تحت اثر زلزله مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور مدل پل مورد بحث، برای دو حالت اعمال توام مولفه های افقی و قائم زلزله و مولفه های افقی تنها، مورد تحلیل قرار گرفته است. برای انجام آنالیز از نرم افزار Ansys و برای تحلیل دینامیکی از روش Newmark استفاده شده است. همچنین تاثیر وجود ایزولاتور هسته سربی بر پاسخ لرزه ای پلها هنگام اعمال توام مولفه افقی و قائم زلزله و مولفه افقی تنها در مدل در نظر گرفته شده است. نتایج حاصل نحوه تاثیر مولفه قائم زلزله را بر افزایش پاسخ لرزه ای پلهای فلزی مقاوم سازی شده با ایزولاتور هسته سربی را نشان می دهد.

کلمات کلیدی

پلهای فلزی، مولفه قائم زلزله، ایزولاتور، تاریخچه زمانی

* ۱. استادیار گروه عمران، دانشکده فنی، دانشگاه محقق اردبیلی، pasbani@uma.ac.ir

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران - زلزله، دانشکده فنی، دانشگاه محقق اردبیلی، riza_eshraghi@yahoo.com



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد و اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)

۱- مقدمه

برای سازه‌هایی نظیر پلهای ارتباطی بهره برداری پس از وقوع زلزله امری ضروری می باشد. در طراحی این ساختمان‌ها باید روش سنتی را با روش‌های نوین ترکیب و راه‌حلهای مناسبی انتخاب نمود. در روش‌های نوین طراحی، سازه اصلی در برابر بارهای ثقل مانند یک سازه معمولی طراحی می شود و برای مقاومت در برابر زلزله وسایل دیگری به آن اضافه می گردد. این وسایل کاهنده و یا تلف کننده انرژی هستند و پاسخ لرزه ای بهینه را برای سازه فراهم می کنند. یکی از چنین وسایلی کاهنده انرژی که در سالهای اخیر بیشتر مورد توجه محققین قرار گرفته است، استفاده از جدا ساز پی می باشد که اساس آن جدا کردن سازه از زمین به نحوی است که حرکات ناشی از زلزله خیلی به آن منتقل نشده و به مقدار زیادی کاهش یابد. استفاده از چنین سیستمی باعث می شود که نیروهای اینرسی وارد بر سازه که متناسب با شتاب هستند، کاهش یابد. این امر سبب مقاومت بیشتر سازه در برابر تحریکات زلزله می گردد. برای ارزیابی لرزه ای پل‌های فلزی جدا سازی شده با ایزولاتور هسته سربی لازم است که مدل سازی کاملی برای سیستم پل انجام گرفته و تحلیل دینامیکی برای مدل صورت گیرد. مناسب ترین روش برای انجام تحلیل دینامیکی، آنالیز در حوزه زمان می باشد که برای فائق آمدن به محدودیت‌های روش طیف پاسخ، محاسبه پاسخ وابسته به زمان سازه و نیز نمایش بهتر اثرات اندرکنش سازه اصلی با سیستم جداساز به کار می رود. ورودی‌های زلزله برای آنالیز در حوزه زمان، معمولاً به شکل تاریخچه زمانی شتاب می باشد که نسبت به خیلی از مشخصه‌های حرکت لرزه ای زمین از قبیل تداوم و فرکانس خیلی دقیق می باشد. آنالیز تاریخچه زمانی همچنین تنها روش مناسب برای تخمین معیار آسیب است. در این روش، پاسخ در دامنه زمان با استفاده از انتگرال گیری عددی گام به گام محاسبه می شود [۱، ۲]. یکی از موارد مهمی که در تحقیقات گذشته در زمینه تحلیل پل‌های جدا سازی شده خیلی به آن به صورت شفاف پرداخته نشده است، بحث تاثیر مولفه قائم زمین لرزه بر پاسخ می باشد، که معمولاً از آن صرف نظر کرده یا به صورت تقریبی به مدل اعمال می کنند. در حالیکه برای دستیابی به پاسخ مطمئن لازم است که اثرات زلزله به صورت کامل و با در نظر گرفتن مولفه قائم به مدل مورد نظر تحمیل شود.

در این مقاله به بررسی رفتار لرزه ای پلهای فلزی جدا سازی شده با ایزولاتور هسته سربی پرداخته می شود. برای این منظور مدل سازی دقیقی با استفاده از نرم افزار عناصر محدود Ansys انجام شده و تحلیل کاملی در حوزه زمان برای مدل صورت گرفته است. برای این منظور شتاب نگاشت‌های زلزله السنترو به مدل اعمال شده و نتایج مربوط به تاثیر ایزولاتور بر پاسخ لرزه ای و نیز تاثیر مولفه قائم بر پاسخ استخراج شده است. برای بررسی تاثیر مولفه قائم زلزله بر پاسخ لرزه ای، مدل با در نظر گرفتن ایزولاتور، برای دو حالت اعمال شتاب افقی تنها و اعمال توام شتاب افقی و قائم مورد تحلیل قرار گرفته است.

۲- معرفی مدل و مشخصات سازه

مدل مورد نظر برای بررسی و تحلیل، یک پل فلزی دو دهانه به طول کلی ۴۰ متر با ستون‌های دایره ای شکل به قطر ۱۰۰ سانتی متر و ارتفاع ۹ متر، در نظر گرفته شده است. روسازی پل از سه عدد شاهتیر فلزی I شکل با ارتفاع ۱۲۰ سانتی متر و ضخامت ۲ سانتی متر و دال بتنی به ضخامت ۲۰ سانتی متر تشکیل شده است. اتصال عرشه به ستونها گیردار و به کوله‌ها به صورت غلتکی بوده و طول، عرض و ارتفاع پی به ترتیب ۱۱، ۳ و ۱/۵ متر می باشد [۳]. مشخصات مصالح استفاده شده در مدل مطابق جدول (۱) می باشد:



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد و اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)

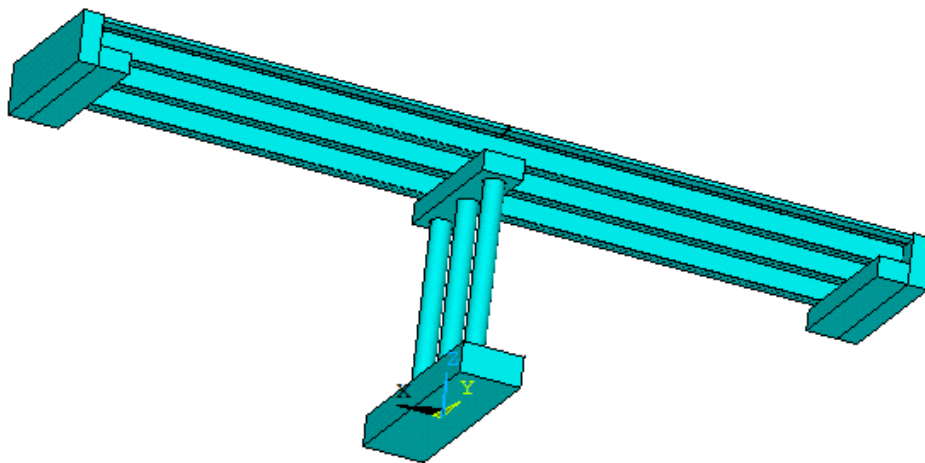


جدول (۱): مشخصات مصالح استفاده شده در مدل

ضریب پواسون	مدول الاستیسیته (گیگا پاسکال)	چگالی (کیلوگرم بر متر مکعب)	مصالح
۰/۱۵	۲۰	۲۴۰۰	بتن
۰/۳	۲۰۰	۷۸۵۰	فولاد
۰/۴۴	۱۶	۱۱۴۰۰	سرب
۰/۲	۱	۹۸۱	لایه لاستیک

۳- آنالیز مدل

برای آنالیز لرزه ای مدل مورد نظر از نرم افزار Ansys استفاده شده است. این نرم افزار قابلیت آنالیز لرزه ای با در نظر گرفتن هندسه نامنظم دامنه ها و اثرات اندرکنش را دارا می باشد. مشخصات هندسی مدل مورد نظر در شکل (۱) نشان داده شده است.



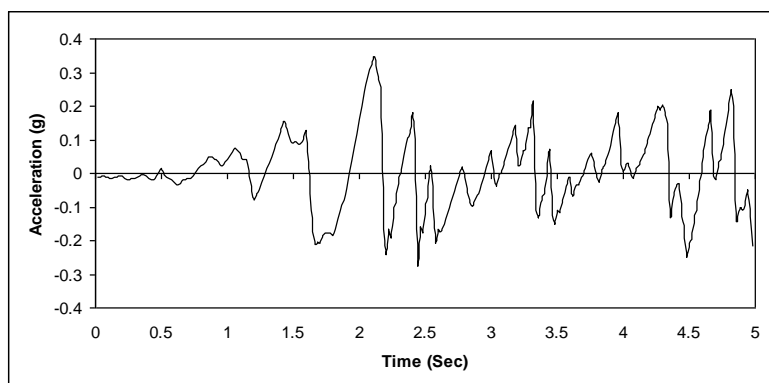
شکل ۱: هندسه مدل

به منظور آنالیز دینامیکی مولفه های زلزله السترو انتخاب شده است. شکل های (۲) تا (۴)، ۵ ثانیه اول شتاب نگاشت های زمین لرزه السترو را که در سال ۱۹۴۰ رخ داد، نشان می دهد. حداکثر شتاب افقی این زلزله $g = 0.34$ می باشد. برای انتگرال گیری عددی از روش Newmark استفاده شده که پارامترهای آن به صورت $\beta = 0.25$ و $\gamma = 0.5$ و گام زمانی برابر

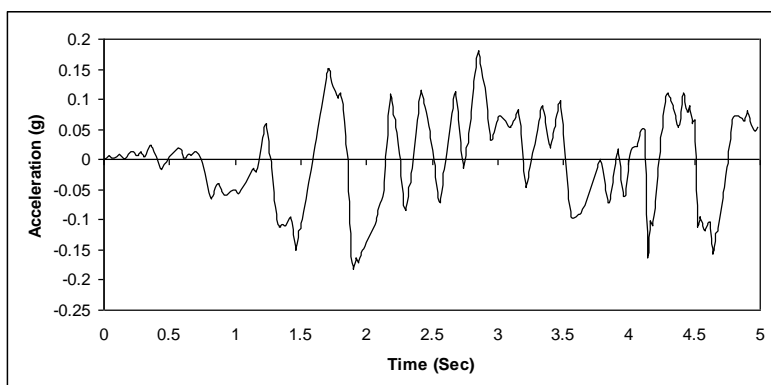


سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد و اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)

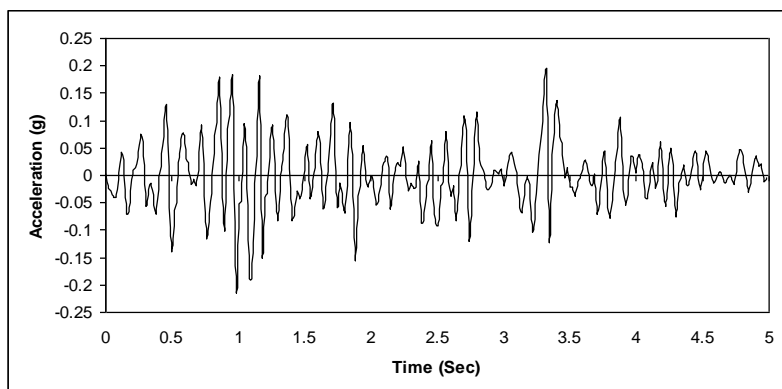
$\Delta t = 0.02$ انتخاب شده است. برای بررسی تاثیر مولفه قائم زلزله بر پاسخ، مدل تهیه شده یکبار با اعمال مولفه های افقی زلزله و بار دیگر با اعمال توام مولفه های افقی و قائم زلزله مورد تحلیل قرار گرفته است.



شکل ۲: مولفه امتداد شمال- جنوب زمین لرزه السترو



شکل ۳: مولفه امتداد شرق- غرب زمین لرزه السترو



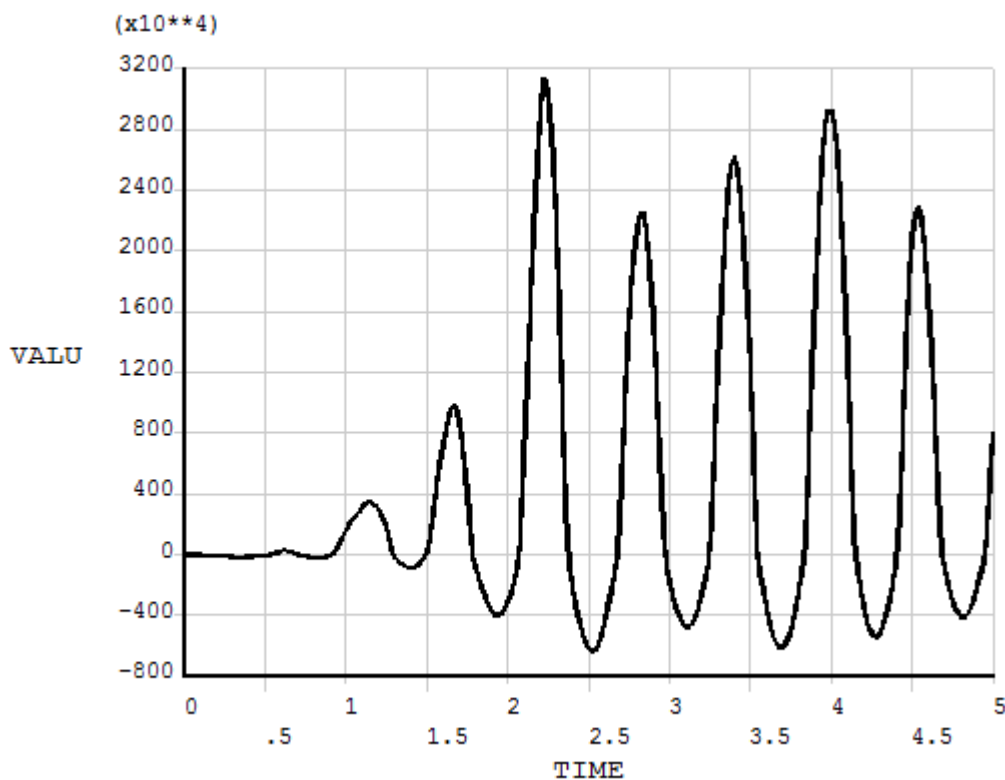
شکل ۴: مولفه امتداد قائم زمین لرزه السترو



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد و اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



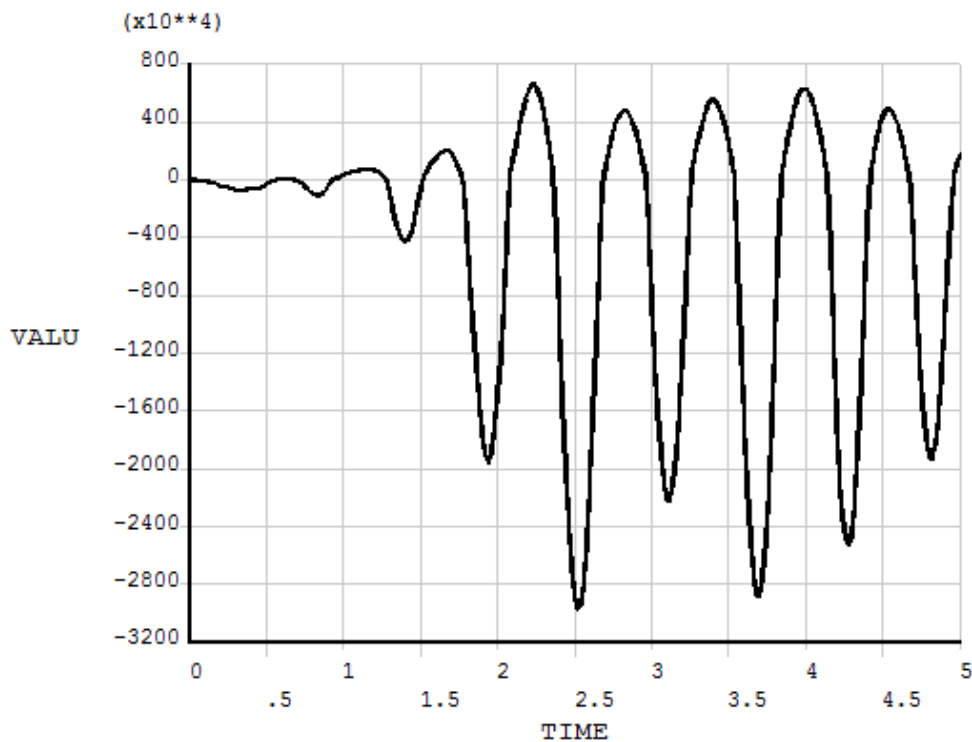
با آنالیز مدل، نتایج حاصل برای تنش‌ها و تغییر مکان پل، با اعمال شتاب نگاشت‌های جهت شمال-جنوب و شرق-غرب زمین لرزه السترو به دست آمده است. شکل‌های (۵) تا (۸) تاریخچه زمانی تنش‌های اصلی را برای پل بدون ایزولاتور و پل مقاوم سازی شده با ایزولاتور نشان می‌دهد. در منحنی‌ها، محور افقی زمان بر حسب ثانیه و محور قائم تنش اصلی بر حسب پاسکال می‌باشد. لازم به ذکر است که محل اتصال شاهتیر میانی به کوله به عنوان نقطه بحرانی برای ارزیابی تنش‌ها انتخاب شده است.



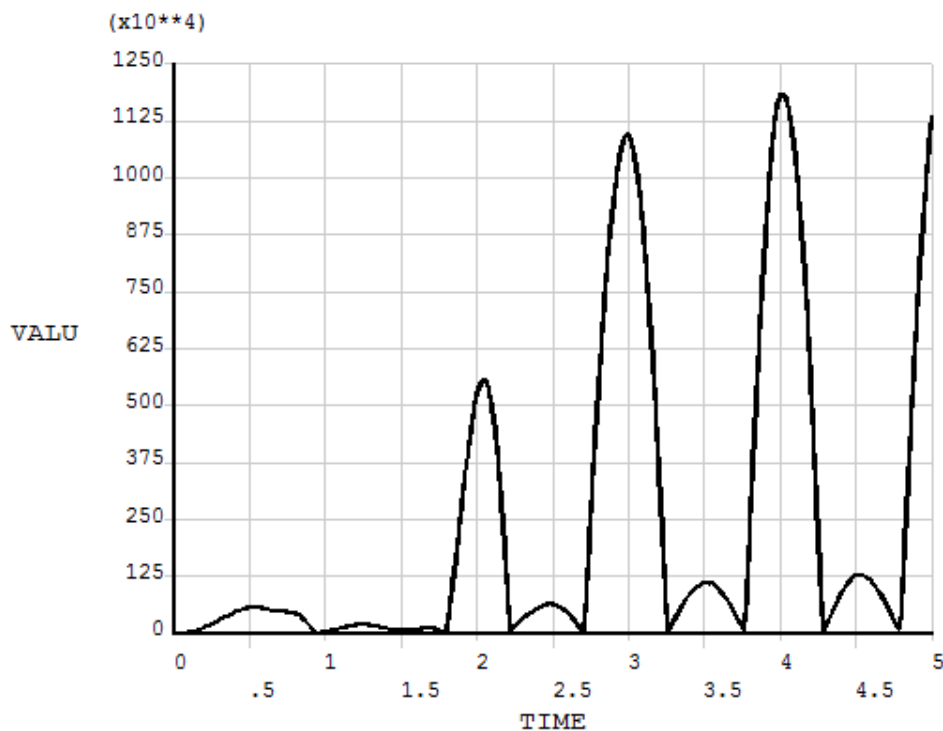
شکل ۵: تاریخچه زمانی تنش اصلی کششی در محل اتصال شاهتیر میانی به کوله تحت اثر مولفه افقی زلزله (مدل بدون جداگر)



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد و اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



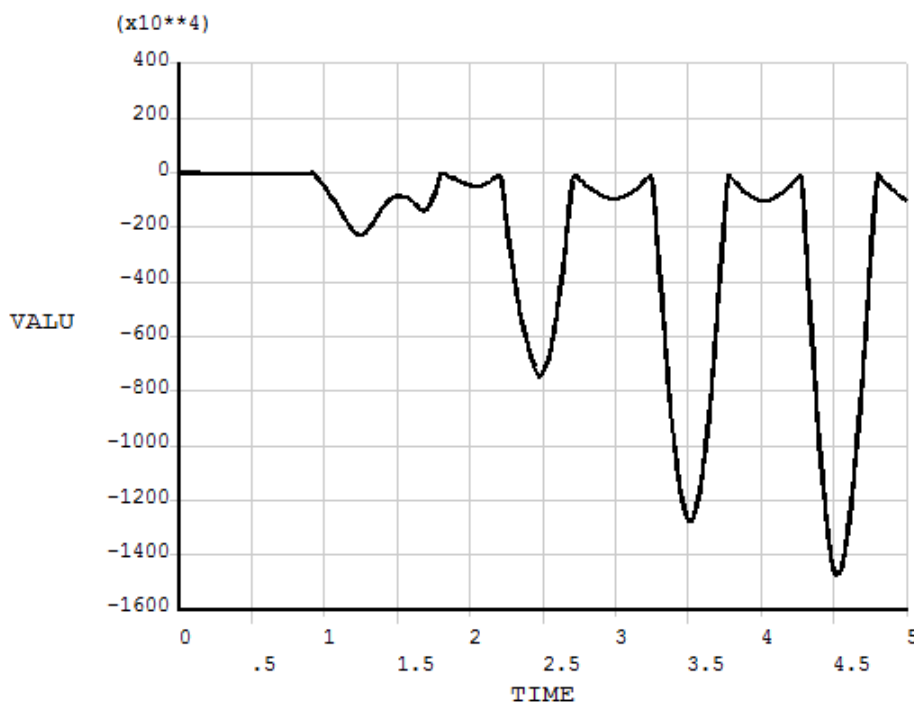
شکل ۶: تاریخچه زمانی تنش اصلی فشاری در محل اتصال شاهتیر میانی به کوله تحت اثر مولفه افقی زلزله (مدل بدون جداگر)



شکل ۷: تاریخچه زمانی تنش اصلی کششی در محل اتصال شاهتیر میانی به کوله تحت اثر مولفه های افقی زلزله (مدل با جداگر)



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد و اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



شکل ۸: تاریخچه زمانی تنش اصلی فشاری در محل اتصال شاهتیر میانی به کوله تحت اثر مولفه های افقی زلزله (مدل با جداگر)

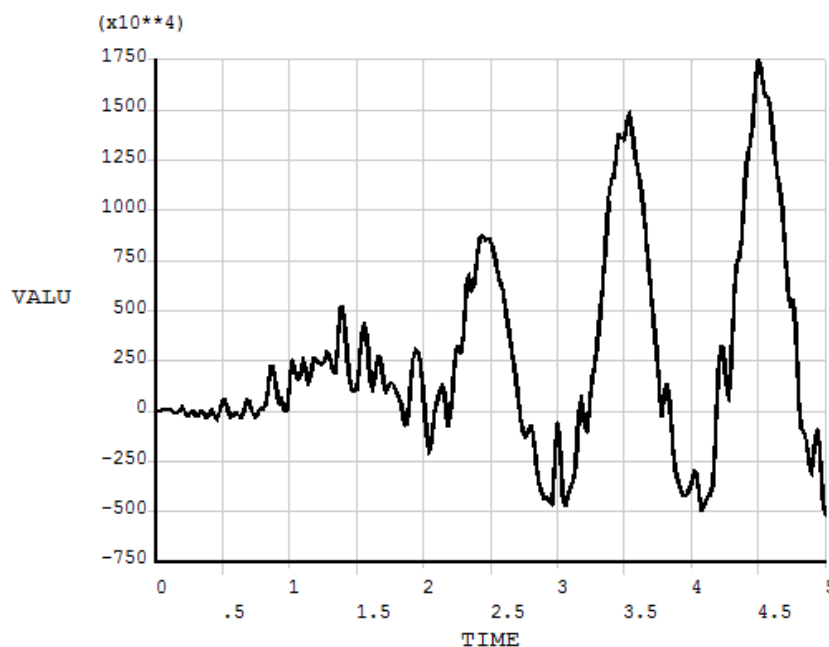
با توجه به منحنی می توان به کاهش تنش در نقاط بحرانی به دلیل استفاده از ایزولاتور پی برد. مقایسه منحنی ها، کاهش قابل ملاحظه تنش های اصلی را در محل اتصال شاهتیرها به کوله که از جمله نقاط بحرانی برای بررسی تنش می باشد، نشان می دهد. این امر به دلیل انتقال کم نیروهای ناشی از زلزله از پی به بدنه به علت جداسازی بدنه پل از ستونها می باشد.

۴- تاثیر مولفه قائم زلزله

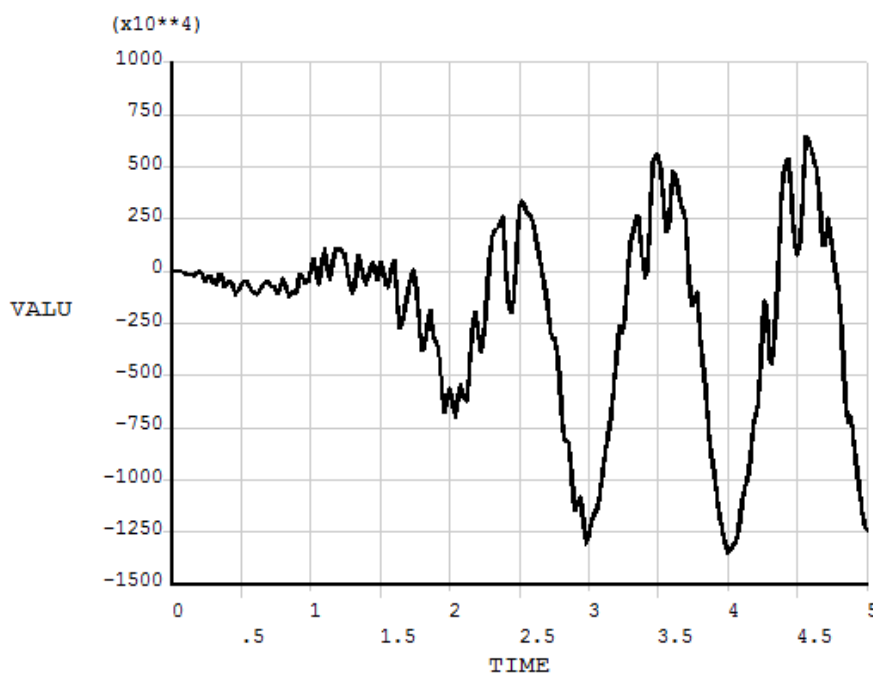
برای بررسی تاثیر مولفه قائم زلزله بر پاسخ لرزه ای پل مقاوم سازی شده با ایزولاتور هسته سربی، مدل با در نظر گرفتن مولفه قائم علاوه بر مولفه های افقی زلزله الاسترو، تحلیل شده است. برای مقایسه تنش ها، نقطه وسط ستون میانی به عنوان نقطه بحرانی و آسیب پذیر، انتخاب شده است. شکل های (۹) و (۱۰) نتایج حاصل را برای این شرایط نمایش می دهند.



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد و اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



شکل ۹: تاریخچه زمانی تنش اصلی کششی در محل اتصال شاهتیر میانی به کوله تحت اثر مولفه های افقی و قائم زلزله (مدل با جداگر)



شکل ۱۰: تاریخچه زمانی تنش اصلی فشاری در محل اتصال شاهتیر میانی به کوله تحت اثر مولفه های افقی و قائم زلزله (مدل با جداگر)



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد و اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



با توجه به منحنی‌ها می‌توان افزایش قابل ملاحظه تنش‌ها را هنگام تاثیر مولفه قائم زلزله مشاهده نمود. مقایسه شکل‌های (۷) و (۹) نشان می‌دهد که هنگام تاثیر مولفه قائم زلزله، حداکثر تنش اصلی کششی ۴۸ درصد افزایش می‌یابد.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله آنالیز دینامیکی پلهای فلزی جدا سازی شده با ایزولاتور هسته سربی مورد بحث و بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از مدل تاثیر جداسازی با ایزولاتور را در بهبود پاسخ لرزه ای پلهای نشان می‌دهد. با توجه به نتایج حاصل از مدل می‌توان به کاهش تنش‌های به وجود آمده در مدل پل هنگام استفاده از ایزولاتور پی برد. دلیل این امر انتقال کم نیروهای زلزله از پی به بدنه پل به دلیل استفاده از ایزولاتورها می‌باشد. همچنین نتایج حاصل از مدل، افزایش پاسخ را هنگام در نظر گرفتن مولفه قائم زلزله نشان می‌دهد. در نظر گرفتن مولفه قائم زلزله سبب بیشتر شدن نیروی اعمال شده بر روی پل و در نتیجه بالا رفتن تنش‌های به وجود آمده در مدل می‌شود. بنابراین در طراحی دقیق پل‌ها لازم است به اثرات مولفه قائم توجه شود.

مراجع

- [1] O.C. Zienkiewicz, and R.L. Taylor, The Finite Element Method, Butterworth-Heinemann, 1994.
- [2] K. J. Bathe, Finite element procedure, by: prentice-Hall, Inc., 1996.
- [3] Z. Tafheen and K. M. Amanat, Modeling and analysis of three spaned concrete deck girder bridge under seismic loading, International journal of civil and structural engineering, VOLUME 2, No. 2, 2011, PP. 604-613.