فصلنامه مهندسی عمران و سازه

دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷

مقاله پژوهشی

پاسخ دینامیکی پل ها به حرکات زمین در حوزۀ دور و نزدیک و با راستاداری پیشرونده

علیرضا بیدار[۱]، محمد علی مهندسی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش سازه، دانشکدۀ فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، ساوه، ایران

۲- استادیار، دانشکده، دانشکدۀ فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، ساوه، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخچه

دریافت: ۸ اردیبهشت ۱۳۹۷

پذیرش: ۲ تیر ۱۳۹۷

کلید واژگان:

پاسخ دینامیکی پل

حرکات زمین

حوزه دور و نزدیک گسل

راستاداری پیشرونده

چکیده

در این تحقیق به بررسی عملکرد پل بتنی تحت بار دینامیکی زلزله در حوزۀ دور و نزدیک گسل پرداخته شده است. با توجه به داده های موجود و نشان دادن اثرات عوامل و متغیرهای کلیدی حرکات زمین در زلزله‌های حوزه نزدیک گسل، به عملکرد پل پرداخته شده است. مدل سازی پل دو دهانه به صورت سه بعدی در نرم افزار CSI Bridge صورت گرفته و تحلیل تاریخچه ی زمانی بر روی مدل های ایجاد شده و تحت ۶ رکورد از زلزله های گذشته در دو حالت با و بدون راستاداری پیشرونده در حوزۀ نزدیک به گسل، صورت گرفت که با بررسی نتایج مشاهده شد که این زمین‌لرزه‌ها نسبت به زمین لرزه‌های غیر FDGM تغییرمکان‌های شدیدی را تولید می‌کنند. پل‌های جداسازی شده با استفاده از جداگرهای لرزه‌ای، نسبت به زلزله‌های دور از گسل پاسخ بسیار مناسبی دارند. بدین معنی که با جدا نمودن این پل‌ها میزان شتاب وارده بر عرشه، برش پایه و همچنین جابه‌جایی نسبی عرشه نسبت به پل جدا نشده کاهش می‌یابد. این موضوع در پاسخ این پل‌ها نسبت به زلزله‌های نزدیک گسل دیده نمی‌شود. با بررسی رکورد زمین لرزه‌های نزدیک گسل مشاهده شد که این زمین لرزه‌ها نسبت به زمین لرزه‌های دور از گسل تغییرمکان های شدیدی را تولید می‌کنند که می‌تواند سیستم جداسازی را به شرایط بحرانی ببرد، لذا برای جلوگیری از این رخداد لازم است از سیستم مضاعفی (FDGM) جهت اصلاح پاسخ پل‌هایی که تحت این زمین لرزه‌ها قرار می‌گیرند استفاده نمود.

نویسنده مسئول: علیرضا بیدار

پست الکترونیکی: irezomran@yahoo.com

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-26]

[DOI: 10.21859/JCES.2.2.25]

۱- مقدمه

موضوع زمین لرزه‌های نزدیک گسل از موضوعات نسبتاً جدید مطرح در مهندسی سازه و زلزله است. در ناحیه نزدیک گسل حرکات زمین در یک منطقه خاص به میزان قابل توجهی توسط مکانیسم گسیختگی و جهت گسیختگی نسبی به منطقه و همچنین جابجائی دائمی زمین در منطقه ناشی از حرکات تکتونیکی تحت تاثیر قرار می گیرند. با توجه به دو عامل اول، حرکات زمین در منطقه نزدیک به گسل می تواند عواقب دینامیکی "در جهت رو به جلو" ، "در جهت خنثی" و "در جهت رو به پشت" را نشان دهد. با توجه به فاکتور آخر، حرکات زمین نزدیک به گسل سطحی ممکن است جابه جایی استاتیکی قابل توجه ی داشته باشد که در اصطلاح به آن مرحله (Fling) می‌گویند که نیازهای درونی محدود به سازه های بلند را القا می کند. از سوی دیگر حرکات زمین که تحت تاثیر اثرات در جهت رو به جلو قرار می گیرند میتوانند نسبت به سازه‌ها بسیار مخرب باشند. اثرات رو به جلو زمانی مشاهده می شوند که جهت گسیختگی با جهت لغزش هم‌تراز باشد و گسیختگی از سمت جلو به سمت محل مشخص شده حرکت می کند. این شرایط به آسانی در زلزله های لغزه ای رخ می‌دهد که گسیختگی به صورت افقی به سوی منطقه ارائه شده منتشر می شود. شرایط در جهت رو به جلو همچنین برای گسل شیب لغز در مناطق واقع در نزدیک به سطح طراحی گسل مواجه می شوند. در حالیکه در زلزله های لغزه ای اثرات رو به جلو می‌توانند در همه موقعیت‌ها در راستای دور از مرکز کانونی زلزله مشاهده شوند. در زلزله‌های شیب-لغزش اثرات رو به جلو در یک منطقه محدود بالای شیب از کانون متمرکز شده اند. FDGM ها معمولا شامل تعداد بسیار کمی دوره های طولانی و فرکانس های حرکت زمین با شدت بالا می‌باشند که در تاریخچه زمانی سرعت، به بهترین نحو مشاهده می شوند. به دلیل الگوی تابش گسل این فرکانس‌ها به طور معمول با جهت عادی گسل هم‌تراز هستند با این حال، فرکانس های قوی نیز ممکن است در راستای گسل باشند. این حرکات به طور معمول دارای دوره کوتاهی با دامنه بزرگ تر نسبت به حرکات عمومی گسل و با گرایش ترجیحی در بعد زمان هستند.

اثرات FDGM ها بر سازه ها برای اولین بار در ۱۹۷۰ به رسمیت شناخته شد. با این حال مهندسین سازه تا حد زیادی FDGM ها را در طرح سازه ای پس از زلزله نورتریج در سال ۱۹۹۴ نادیده گرفتند از آن زمان تعدادی از مطالعات در جهت اثر حرکات زمین نزدیک گسل در پاسخ سازه ای با تجدید نظر روش های طراحی هدایت شدند. در عملکردهای حاضر اثرات جهت گیری گسیختگی به طور کلی با اصلاحات طیف پاسخ شتاب ارتجاعی در همه حالات با ۵٪میرایی در نظر گرفته می شود.

با این حال تحقیق اخیر نشان داده است که بازنمایی طیف پاسخ گذشته به طور کافی نیاز به میزان بالایی از جذب انرژی ارائه شده توسط فرکانس های نزدیک گسل را تامین نمی کند به طور خاص تر زمانی که سطوحی با شدت بالا از این حرکات سازه ای با دامنه غیر خطی تحریک می‌شود فرضیه خطی الاستیکی زمین، مفهوم طیف پاسخ می‌باشد.

اگرچه FDGM تهدید قابل توجهی را برای سازه مطرح می کند این تهدید برای همه سازه ها برابر نیست برای مثال انطباق سازه و دوره فرکانس به طور مستقیم به بزرگترین پاسخ سازه ای برای زلزله مورد نظر منجر می‌شود. با این دوره سازه و دوره فرکانس به طور قابل توجهی می تواند متفاوت باشد. دوره فرکانس FDGM باشد شدت زلزله متناسب است و با افزایش شدت زلزله امتداد پیدا می کند. در نتیجه آسیب ناشی از زمین لرزه با شدت کمتر می تواند برای سازه های دوره کوتاه، نسبت به زمین لرزه هایی با بزرگی و شدت بیشتر قابل ملاحظه تر باشد. زیرا دوره فرکانس نزدیک گسل به دوره پریود سازه در زمین لرزه با شدت کمتر نزدیک تر است این با شهود مهندسی متعارف که به طور مستقیم با آسیب نهایی با شدت زلزله در ارتباط است، تناقض دارد. بنابراین یک روش منحصر به فرد برای ارزیابی بالقوه آسیب سازه ای ناشی از FDGM ها را به طور برجسته نشان می دهد. فرکانس نزدیک گسل می تواند به عنوان یک متیغر آسیب اضافی برسازه ها را اعمال کند. تغییر شکل های بزرگ باقی مانده هر چند فقط شامل چند دوره را شامل می شوند،

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-26]
[DOI: 10.21859/JCES.2.2.25]

فرکانس‌ها می‌تواند رانش غیر الاستیک زیادی برسازه ها اعمال کند و به تغییر شکل دائم و قابل توجه منجر شوند. نه تنها شاخص متداول نظیر جابجایی حداکثر و جذب انرژی بلکه سایر جایگزین ها از قبیل باقیمانده انرژی نیز برای ارزیابی پاسخ سازه ها ضروری اند. در این مقاله سعی بر آن است که مقایسه جابه جایی و تغیر مکان در حوزه دور و نزدیک گسل با در نظر گرفتن جداساز لرزه‌ای و میراگر و یا ترکیبی از آنها اثرات زلزله‌های نزدیک FDGM بر آنها ارزیابی گردد.

۲- سوابق تحقیق

از جمله مهمترین کارهایی که توسط دانشمندان و محققان که به بررسی اثر زلزله‌های نزدیک گسل بر روی رفتار سازه‌ها انجام شده است می توان به بررسی رفتار ساختمانها در اثر حرکات زمین نزدیک منبع زلزله دارای ضربان که توسط برترو و آندرسون (۱۹۸۷) [۱] انجام شده است، اشاره کرد و همچنین لیو (۲۰۰۰) [۲] رفتار دینامیکی یک پل بتنی پنج دهنه را در اثر زلزله های نزدیک و دور از گسل بررسی کرده است. هانسن[1] (۲۰۱۵) [۳] به پژوهشی با عنوان ارزیابی تقاضا و ظرفیت برشی لرزه‌ای پلهای بتنی تحت تحریک زلزله های نزدیک گسل پرداخت و در آن بیان نمود که زلزله های نزدیک به گسل به دلیل برخورداری از مولفه شتاب قائمی در حد مولفه افقی شتاب یا حتی از آن بیشتر باعث ایجاد نیروهای قابل توجه در اعضای سازه می شوند. حضور مولفه قائم نیروی زلزله اثرات قابل ملاحظه ای در میزان مقاومت برشی ستون‌های بتن مسلح دارد. مولفه قائم نیروی زلزله باعث ایجاد نیروهای محوری قابل توجه در ستون‌های اعضای سازه می گردد که این تأثیر مستقیمی روی کاهش ظرفیت برشی ستون‌های بتن مسلح دارد. وجود مولفه قائم باعث ایجاد نیروی محوری زیاد و در مواردی ایجاد نیروی کششی در ستون‌های بتنی می گردد. با توجه به اهمیت پل به عنوان شریان حیاتی در مهندسی زلزله در این تحقیق اثر زلزله نزدیک گسل روی پل‌های بتنی تک ستونه و دو ستونه بتنی بررسی شده است. میزان برش در پایه ها و نیروی محوری در راس ستون و همچنین پای ستون محاسبه می‌گردد. با توجه به میزان مولفه قائم برش در پایه ها بسیار زیاد بوده و از حد ظرفیت آیین نامه ها فراتر می‌رود. این عامل ضعف آیین نامه ها را بیان می کند. هدف از این تحقیق بررسی میزان برش پایه ها در حوزه نزدیک به گسل بوده و همچنین بررسی میزان ظرفیت بیان شده در آیین نامه ها و بررسی عملکرد دو نوع پل بتنی در حوزه نزدیک به گسل می باشد. اسماعیل‌پور (۱۳۹۱) [۴] به تحقیقی با عنوان "بررسی لرزه‌ای پایه های پل تحت اثر حرکات نیرومند زمین در حوزه نزدیک گسل" پرداخت و در آن چند ستون پل با ارتفاعات متفاوت مدلسازی و رفتار دینامیکی این ستونها ، مورد بحث و بررسی قرار میگیرد تا در نهایت به پاسخ مناسبی در خصوص رفتار این ستونها، تحت این نوع بارگذاری دست یافت. مطالعات صورت گرفته نشان داد که صدمات وارده به سازه ها از جمله پلها علاوه برنواقص آیین نامه ای لرزه ای دارای مشکلات عمده ای در نحوه عملکردی بودند. در نتیجه موضوع اثرات زمین لرزه های نزدیک و دور از گسل بر روی رفتار اعضای پلها از جمله ستونها و بررسی اثرات رفتار محلی این المانها از جمله مواردی است که در حال حاضر به آن توجه ویژه ای نشان داده می شود. عرب (۱۳۹۴) [۵] به بررسی خود با عنوان آنالیز دینامیکی پلهای تخت در اثر زلزله‌های حوزه دور و نزدیک پرداخت و در آن اشاره کرد: در بررسی خرابی‌های به وقوع پیوسته در زلزله‌های گذشته خسارت‌های ناشی از زلزله نزدیک گسل یکی از مهمترین دلایل آسیب-دیدگی پل‌های تخریب شده می‌باشد. مشخصات زلزله‌های نزدیک گسل به دلیل خواص امواج برشی و تجمع آثار این امواج در جلوی مسیر گسیختگی تفاوت‌هایی با مشخصات زلزله‌های دور از گسل دارند. وجود پریود بلند ابتدای رکوردها و تغییر مکان‌های بزرگ از خصوصیات این نوع از زلزله‌ها می‌باشد. ولی با این شرایط در آئین‌نامه‌های موجود ضوابط خاصی ارائه نشده است. در این پروژه پل-های فولادی تخت در دو حوزه دور و نزدیک به روش تحلیل دینامیکی تاریخچه‌زمانی غیرخطی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند. بدین منظور از پنج شتابنگاشت در حوزه دور و پنج شتابنگاشت در حوزه نزدیک استفاده شده است به کمک نرم‌افزار سایزموسیگنال شتابنگاشت‌ها اصلاح می‌شوند. این

[1] Hansen

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-26]
[DOI: 10.21859/JCES.2.2.25]

شتابنگاشت‌ها در نرم‌افزار sap2000 به پل مدل شده معرفی می‌شود. به کمک مقادیر جابجایی، جابجایی نسبی، مفصل پلاستیک، سطح عملکرد، سرعت، شتاب و نیرو این مقایسه صورت گرفت. بزرگتر بودن مولفه عمود بر جهت گسل نسبت به مولفه موازی گسل، تجمع انرژی و انتقال آن در مدت زمان کوتاه، اعمال نیروی ضربه گونه بر سازه‌های موجود در مسیر پیشرو گسیختگی، نسبت بیشینه سرعت به بیشینه شتاب بالا و وجود بیشینه شتاب وسرعت و جابجایی بالاتر از تفاوت‌های حایز اهمیت رکوردهای نزدیک گسل شده‌اند. پاسخ سازه‌های نزدیک گسل اساسا متفاوت از پاسخ در برابر رکورد-های دور از گسل می‌باشد.

۳- روش تحقیق و معرفی مدل‌های مورد بررسی

سازه‌های جداسازی شده هنگامی‌که تحت تحریک نزدیک گسل با پالس سرعت قرار می‌گیرند آسیب‌پذیرتر از تحریک دور از گسل نرمال می‌باشند و برش پایه و تغییرشکل‌ها بزرگتر است. زیرا میرایی هیستریزیس مفصل پلاستیک، یا یک جداساز مانند LRB، در استهلاک انرژی در اولین ضربه که سازه درحال حرکت است، موثر نمی‌باشد. این پاسخ نزدیک گسل را می‌توان با استفاده از تجهیزات الحاقی، مانند میراگرهای غیرفعال لزج و یا تجهیزات نیمه فعال و فعال کاهش داد. تاثیرات نزدیک گسل شناخته شده توسط پالس سرعتی به عنوان فرکانس پایین شناخته می‌شوند که سازه‌های با پریود طبیعی طولانی مانند پل‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد. عوامل زیادی خصوصیات و مشخصات زمین لرزه‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهند. اما تاثیر بعضی از عوامل روی زلزله‌های نزدیک منبع بسیار و بیشتر و مهم تر است. برخی از پارامترهای کلیدی حرکات زمین که در رفتار سازه‌ها نقش بسیار مهمی ایفا می کنند عبارتند از: دامنه‌های زلزله، مدت زمان لرزه قوی و محتوای فرکانسی. هنگام وقوع زلزله، خصوصیات ارتعاشی هر یک از نقاط زمین تابع عوامل مختلفی به شرح زیر است:

الف) بزرگای زلزله

ب) فاصله منطقه از مرکز رها شدن انرژی

پ) خصوصیات زمین شناختی (اثرساختگاه)

زلزله‌های حوزه نزدیک به نقاطی از زمین اطلاق می شود که فاصله آنها از مرکز سطحی زلزله کمتر از یک حد معین است. بعضی از محققین از جمله اکی این فاصله را ۵۰ کیلومتر می‌دانند و برخی دیگر این فاصله را ۱۵ کیلومتر در نظر می گیرند [۴].

برخی مطالعات نشان می‌دهد که رکوردهای زلزله های نزدیک را می توان به دو بخش، با ضربان و بدون ضربان تقسیم بندی کرد که در بعضی مواقع، پدیده ضربان در تاریخچه شتاب، سرعت و تغییر مکان یکی از ویژگی‌هایی است که زلزله حوزه نزدیک را از زلزله حوزه دور متمایز می‌کند [۵].

در این تحقیق برای دستیابی به نتایج ابتدا باید حرکت زمین انتخاب شود:

انتخاب حرکت زمین شامل تعیین جفت های R و MW است که با اکثر خطرات لرزه ای برای RP انتخاب شده مطابقت دارند. زمانیکه دامنه های شدت و فاصله تعیین شد همه حرکات زمین که این نیازها را ارضا می کنند برای تجزیه و تحلیل بیشتر از پایگاه داده های PEER انتخاب شدند.

پس از انتخاب حرکات زمین تطابق طیفی با استفاده از طیف مصرف کسب شده از UHS انجام شد. پس از اینکه تطابق طیفی بتواند انجام شود. USGS UHS باید به دوره های ۲ تا ۵ ثانیه گسترش پیدا کند. این کار باید در محاسبات PSHA انجام شود. اما گسترش

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-26]
[DOI: 10.21859/JCES.2.2.25]

USGS PSHA خارج از دامنه ی این پروژه بود. گسترش VHS با استفاده از رابطهٔ میرایی طیفی، برای دوره های بیشتر از 2S با شدت و مسافت بکار برده شده مربوط به منطقه انجام شد.

زمانیکه VHS گسترش داده شد، RSPMATCH به منظور تطابق طیف حرکت زمین PSHA برای مناطق پل استفاده شد. RSPMATCH طیف پاسخ را با استفاده از توابع تنظیم جهت اصلاح تاریخچهٔ زمانی مرجع در دامنهٔ زمانی اصلاح می کند. RSPMATCH برای سه تا چهار مسیر اجرا می شود. برای این پروژه، هر مسیر از ۱۰ تکرار تشکیل شده است. برای مسیر اول، از مدل ۶، تابع کسینوسی مخروطی، استفاده شد. مدل ۱، عکس تابع نوسانگر، در همهٔ مسیرهای بعدی مورد استفاده قرار گرفت. مقیاس تاریخچه زمانی فقط یکبار در شروع مسیر اول اندازه گیری می شود. هیچ تعیین مقیاسی برای مسیرهای بعدی به کار برده نشد. هر حرکت زمین زمانی انجام شد که خطای بین طیف هدف و طیف تطبیق شده کمتر از ۵ درصد باشد.

جدول ۱. پارامترهای FDGM انتخاب شده توسط پارامترهای تجزیه و تحلیل

ردیف	رکورد انتخابی	زمان وقوع زلزله	ایستگاه	بزرگی زلزله	فاصله از گسل(کیلومتر)	بیشینه شتاب			نسبت V/H
						طولی	عرضی	قائم	
۱	Sun Valley	۱۹۹۴/۰۱/۱۷	Northridge	۶,۷	۱۰/۰۵	۰,۳۴۴	۰,۳۰۸	۰,۵۲۲	۱,۶۰۵
۲	BAM	۲۰۰۳/۱۲/۲۶	BAM	۶,۶	کمتر از یک	۰,۸۱۵	۰,۶۴۹	۱,۰۰۸	۱,۲۳۷
۳	imperial valley	۱۹۷۹/۰۶/۲۰	BAM	۷,۳۷	۱۲,۵۶	۰,۵۱۵	۰,۴۹۶	۰,۵۳۸	۱,۰۴۵
۴	CHICHI	۱۹۹۹/۰۹/۲۰	CHI080	۷,۶	۲۰,۹۵	۰,۹۶۸	۰,۹۰۲	۰,۷۲۴	۰,۷۴۸
۵	moqorogue	۱۹۹۸/۱۱/۰۴	PERU	۸,۴	۲۱,۲۲	۰,۶۶۸	۰,۵۸۵	۰,۶۹۶	۱,۰۴۲
۶	Northridge	۱۹۹۴/۰۱/۱۷	Artela	۶,۷	۲۵,۱۲	۰,۳۵۵	۰,۳۱۸	۰,۵۱۵	۱,۴۵۰

برای طراحی جداسازی لرزه‌ای نیز همان ضریب شتاب A مقرر شده برای طراحی معمولی (بدون جداسازی لرزه‌ای) به‌کار می‌رود. لیکن مقدار A نباید کوچکتر از ۰/۱ درنظر گرفته شود.ضریب ساختگاه برای طراحی جداسازی لرزه‌ای، S_i ، که اثرات شرایط ساختگاه را بر روی ضریب پاسخ الاستیک اعمال می‌کند، در جدول ۴-۱ ارائه شده است.

جدول ۲. مشخصات خاک زیر پل

	نوع پروفیل خاک			
	I	II	III	IV
S_i	۱/۰	۱/۵	۲/۰	۲/۷

ضریب اصلاح پاسخ برای همه قسمت‌های زیرسازه باید نصف مقادیر ارائه شده در حالت طراحی معمولی (بدون جداسازی) باشد. لیکن مقدار R نباید کوچکتر از ۱/۵ درنظر گرفته شود. سیستم جداسازی باید یک ضریب ایمنی حداقل برابر ۳ برای بارهای قائم (بار مرده به

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-26]
[DOI: 10.21859/JCES.2.2.25]

اضافه بار زنده لرزه‌ای) در حالت بدون تغییرشکل جانبی فراهم کند. همچنین باید طوری طراحی شود که تحت ۱/۲ برابر بار مرده به اضافه هر بار قائم حاصل از باز زنده لرزه‌ای به اضافه واژگونی در یک تغییرمکان افقی برابر تغییرمکان افقی (تغییرمکان جانبی جداگر به اندازه یک واحد ناشی از خزش، انقباض و ۵۰ درصد تغییرمکان حرارتی) به علاوه ۱/۱ برابر تغییرمکان کل طراحی برای حداکثر زلزله باورنکردنی (MCE)، یا تغییرمکان کل طراحی برای زلزله با دوره بازگشت ۴۷۵ سال با شتاب‌های بزرگتر از ۰/۱۹g یا ۲ برابر تغییرمکان کل طراحی برای زلزله با دوره بازگشت ۴۷۵ سال با شتاب‌های کوچکتر یا مساوی ۰/۱۹g پایدار بماند.

ظرفیت دورانی طراحی واحد جداسازی باید شامل اثرات بار مرده، بار زنده و اجرای غلط (امتداد غلط در ساخت) باشد. در هیچ موردی نباید دوران طراحی برای اجرای غلط کمتر از ۰/۰۰۵ رادیان باشد.

در این مقاله عملکرد لرزه‌ای سه مدل پل دارای مشخصات سازه‌ای مشابه ولی با شرایط مختلف نیز مورد بررسی قرار گرفت. پل اول پلی ساده به طول ۶۶ متر متشکل از سه پایه میانی و هشت تکیه‌گاه بر روی کوله می‌باشد. پل دوم همان مشخصات پل اول را دارد با این تفاوت که تکیه‌گاه‌ها و پایه‌های آن توسط جداسازهای لرزه‌ای (LRB) جداسازی شده‌اند. پل سوم علاوه بر مشخصات پل دوم، دارای میراگرهای الحاقی بر روی کوله‌ها می‌باشد. هرکدام از این پل‌ها تحت شش زلزله دور و نزدیک گسل تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی شدند (۳ زلزله در شرایط خاک نرم و ۳ زلزله در خاک سخت).

برای مدل‌کردن جداگرها از المان‌های غیرخطی Nlink استفاده می‌شود که چون جداگر به‌صورت الاستومتری درنظر گرفته شده، در مدل جداگرها از المان rubber isolator استفاده گردیده است. این المان‌ها حین یک تحلیل تاریخچه زمانی قادر به ارائه رفتار غیرخطی از خود می‌باشند. برای مدل کردن جداگرهای الاستومتری، رفتار آن‌ها به‌صورت مدل ایده‌آل هیسترتیک دوخطی درنظر گرفته می‌شود که دارای خصوصات غیرخطی در درجات آزادی برشی افقی (جهات طولی و عرضی پل) و خصوصیات خطی در سایر درجات آزادی می‌باشد.

می‌توان به اختصار فرضیات صورت گرفته در تحلیل دینامیکی سیستم پل‌های جداسازی شده را در این موارد خلاصه کرد:

۱. پل‌ها به صورت سه‌بعدی مدل شده‌اند.

۲. روسازه پل و پایه در حین زلزله در محدوده الاستیک باقی می‌مانند. این یک فرض معقول می‌باشد، زیرا جداسازی لرزه‌ای می‌کوشد تا نیروهای زلزله را به نحوی کاهش دهد که سازه در محدوده الاستیک باقی بماند. البته صحت این فرض با محاسبه تنش‌ها در اجزای پل بررسی می‌شود.

۳. پایه‌های پل در سطح پی، گیردار فرض می‌شوند و از اثرات اندرکنش خاک- سازه صرف‌نظر شده است. کوله‌های پل، به علت داشتن پشت‌بند و دیوار برگشتی صلب فرض می‌شوند.

۴. پل در معرض زلزله‌های افقی طولی و عرضی به‌صورت همزمان قرار داده شده است.

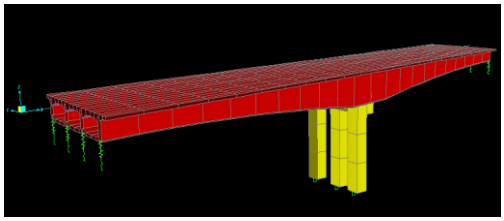
۵. جداگرها در تراز روی تیر سرستون یا روی کوله و زیر عرشه قرار داده می‌شوند.

در ادامهٔ روند انجام تحقیق شتاب نگاشت‌های معرفی شده، مقیاس می‌شوند. در بررسی انجام شده سعی بر آن بود که عملکرد پل ها را در زمین‌های با خاک نرم و سخت به طور مجزا بررسی کنیم. لذا هفت زلزله در خاک نرم و هفت زلزله در خاک سخت را به سازه اعمال کرده و با استفاده از تحلیل تاریخچه زمانی پاسخ‌های مورد نظر را استخراج نمودیم. ضرایب مقیاس برای هر زلزله به صورت زیر می‌باشند:

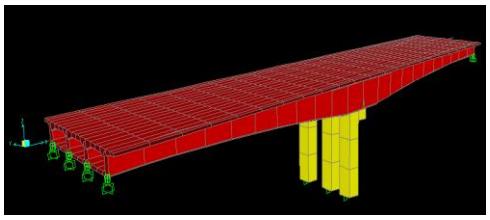
[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-26]
[DOI: 10.21859/JCES.2.2.25]

جدول ۳. ضرایب مقیاس شتاب نگاشت

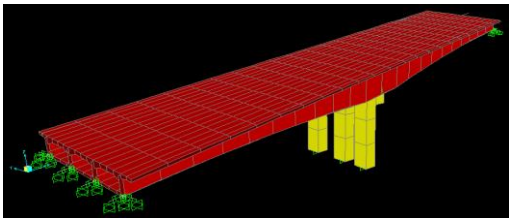
ضریب مقیاس	زمین لرزه	ضریب مقیاس	زمین لرزه
۱,۷۳	MQ	۰,۹۹	CHI
۱,۷۹	BAM	۰,۸۳	SN
۱,۱۴	IV	۱,۸۰	BAM
۰,۴۵	NR	۰,۹۳	NR
۰,۴	SN	۱,۴۷	MQ
۰,۶	CHI	۱,۶۱	IV



شکل ۱. پل ساده



شکل ۲. پل جداسازی شده



شکل ۳. پل جداسازی شده به همراه میراگر

۴- نتایج تحلیل

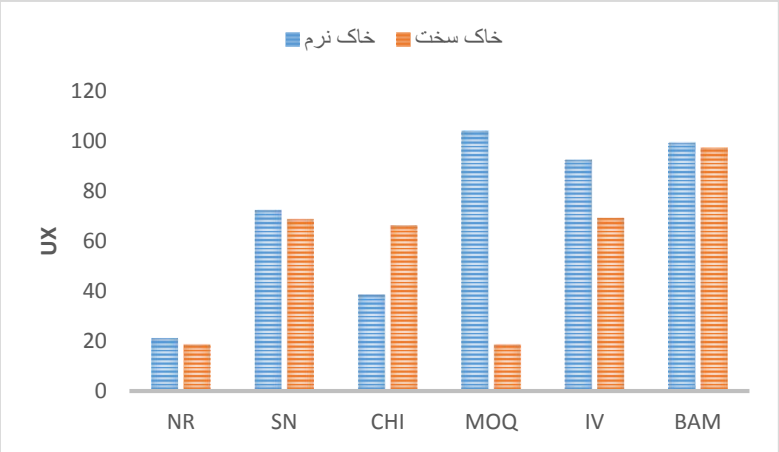
جهت محاسبه شتاب وارد بر عرشه، نقطه‌ای روی سطح فوقانی عرشه که دقیقاً بر روی جداگر قرار داشته باشد را انتخاب نمودیم (Joint 345). شتاب وارد بر این نقطه را در هر دو جهت افقی (Ux , Uy) مورد بررسی قرار دادیم.

جدول ۴. نتایج زلزله های دور و نزدیک از لحاظ جابجایی‌های افقی و قائم در پل ساده

SIMPLE BRIDGE					
خاک نرم			خاک سخت		
	U_X	U_Y		U_X	U_Y
NR	21.2	57.3	NR	68.8	57.2
SN	72.4	97.9	SN	66.4	67
CHI	38.7	59	CHI	18.8	44.6
MOQ	104	206	MOQ	97.3	134
IV	92.5	103	IV	69.3	130
BAM	99.3	150	BAM	137	185

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-26]

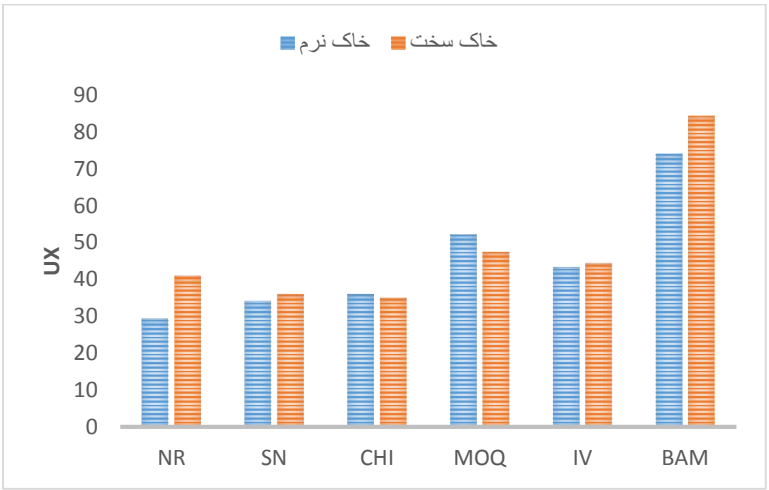
[DOI: 10.21859/JCES.2.2.25]



شکل ۴. مقایسهٔ جابجایی افقی در پل ساده در خاک‌های سخت و نرم

جدول ۵. نتایج زلزله های دور و نزدیک از لحاظ جابجایی‌های افقی و قائم در پل با جداساز

LRB BRIDGE					
خاک نرم			خاک سخت		
	UX	UY		UX	UY
NR	29.5	37.6	NR	41	28.1
SN	34.2	35.3	SN	36	39
CHI	36.1	43.5	CHI	35	52.1
MOQ	52.2	52	MOQ	47.4	41.8
IV	43.4	42.5	IV	44.4	23
BAM	74	74.8	BAM	84.2	91.2

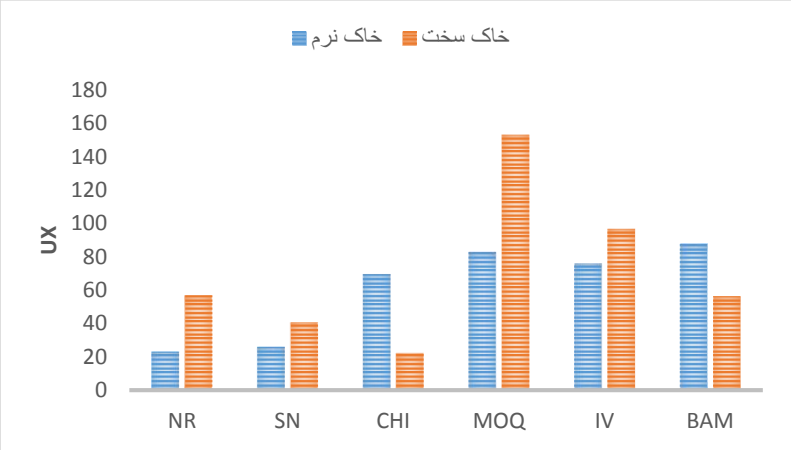


شکل ۵. مقایسهٔ جابجایی افقی در پل با جداساز در خاک‌های سخت و نرم

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-26]
[DOI: 10.21859/JCES.2.2.25]

جدول ۶. نتایج زلزله های دور و نزدیک از لحاظ جابجایی‌های افقی و قائم در پل با جداساز و میراگر

LRB BRIDGE + DAMPER					
خاک نرم			خاک سخت		
	UX	UY		UX	UY
NR	23.1	60.1	NR	56.9	82.5
SN	26	158	SN	40.7	165
CHI	69.6	199	CHI	22.3	62.3
MOQ	82.9	28	MOQ	153	200
IV	76	153	IV	96.7	144
BAM	87.8	70.3	BAM	56.3	113



شکل ۶. مقایسهٔ جابجایی افقی در پل با جداساز و میراگر در خاک‌های سخت و نرم

۵- نتیجه‌گیری

جداگرهای الاستومتری شامل لایه‌های متناوب لاستیک و صفحات فلزی می‌باشند. این جداگرها در جهت قایم بسیار سخت و در جهت افقی بسیار انعطاف‌پذیر می‌باشند. انعطاف‌پذیری افقی با افزایش زمان تناوب و مشخصه‌های میرایی بالشتک‌ها با ارتقای استهلاک انرژی زلزله، اثرات مطلوب جداسازی در سیستم را فراهم می‌کنند. کارآیی آن‌ها به‌طور قابل ملاحظه‌ای تحت تاثیر سختی و میرایی آن‌ها می‌باشد. بنابراین باید این پارامترها را به دقت در نظر گرفت و در مدل وارد کرد.

موقعیت قرار گیری جداگرها در پل‌ها، تراز روی تیر سرستون یا روی کوله و زیر شاه‌تیرهای عرشه می‌باشد، که موجب می‌شود به‌واسطه عمل جداسازی، اثر نیروی جانبی زلزله که به علت تمرکز جرم سیستم پل در عرشه، در این تراز وارد می‌شود، به زیرسازه (پایه‌های میانی و کوله‌ها) کاهش یابد و در نتیجه به اجزاء زیرسازه، نیروی لرزه‌ای کمتری وارد شود. نقش دیگر جداسازی لرزه‌ای متعادل کردن پاسخ نیرویی بین پایه‌ها و کوله‌ها می‌باشد که در این حالت مزیت جداسازی لرزه‌ای این است که پاسخ نیرویی شدید وارد بر اجزاء سخت‌تر زیرسازه را کاهش داده و نیروهای زلزله را بین همه المان‌های زیرسازه تقسیم می‌نماید.

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-26]
[DOI: 10.21859/JCES.2.2.25]

با مطالعه بر روی اثرات زلزله‌های حوزهٔ دور و نزدیک گسل طبق شکل و نمودار فصل چهارم به این نتیجه دست می‌یابیم که اثرات زلزله‌های حوزهٔ نزدیک بر جابجایی سازه نسبت به حوزهٔ دور بیشتر می‌باشد که این اختلاف قابل ملاحظه و چشمگیر می‌باشد که اثرات زلزله‌های حوزهٔ نزدیک به گسل بر پارامترهای لرزه‌ای مخرب تر از حوزهٔ دور می‌باشد. با اعمال جداگرهای لرزه‌ای پاسخ‌های جابه‌جایی کل سازه به‌خاطر جابه‌جایی‌های غیر الاستیک جداگرها افزایش می‌یابد، ولی جابه‌جایی جانبی نسبی وسط عرشه و سرستون‌ها در پایه‌های میانی در حالت جداسازی شده کاهش قابل ملاحظه‌ای دارد، این وضعیت بسته به نوع پل و نوع شتاب‌نگاشت متغیر است. هرقدر پل دارای پایه‌های میانی بلندتری باشد، این میزان کاهش کمتر می‌شود.

مراجع

[1] Anderson, J. C, BertroV. V., (1987) “Uncertainties in Establishing Design Earthquake” J. Sbrch. Eng. ASCE 113 (8): 1709-1724.

[2] Lio W.I, Loh. C. H, Wan. S., Jean. W.Y, & chai J.F., (2000) “Dynamic Responses of Bridges Subjected to near fault Ground Motins”. Journal of the Chinese Institute of engineers. 23 (3) 455-464.

[3] Hansen, J. B.2015, “Evaluation of seismic shear capacity of concrete bridges by stimulating demand and near earthquake faults”, Danish Earthquake Institute, Copenhagen, Bul., No. 28, 2015.

[۴] اسماعیل پور، میترا، ۱۳۹۱، بررسی لرزه های پایه های پل تحت اثر حرکات نیرومند زمین در حوزه نزدیک گسل، موسسه آموزش عالی غیر انتفاعی و غیر دولتی شمال - آمل - دانشکده فنی ، پایان نامه کارشناسی ارشد.

[۵] عرب، محمدرضا، ۱۳۹۴، آنالیز دینامیکی پلهای تخت در اثر زلزله‌های حوزه دور و نزدیک، دانشگاه آزاد شاهرود، دانشکده فنی مهندسی، پایان نامه کارشناسی ارشد.

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-26]

[DOI: 10.21859/JCES.2.2.25]

Journal of Civil Engineering and Structures ISSN (Online): 2588-3283

Research Paper

Dynamic response of bridges to near and far fault and fault forward directivity ground motions

Alireza Bidar [1], Mohammadali Mohandesi [2]

ARTICLEINFO

Article history
Received 28 April, 2018
Accepted 23 June, 2018

Key words:
Dynamic response
Ground motions
Near fault
Far fault

ABSTRACT

In this study the performance of concrete bridge has been under dynamic load near-fault earthquake in the area. According to available data showing the effects of the key uncertainties in earthquake ground motions near field fault, the performance of the bridge near the earthquake fault is investigated Two openings for three-dimensional modeling of a bridge taken in the application CSI Bridge And for evaluating the ability of a structure under earthquake near an earthquake fault area away from the fault, was assessed. Time history analysis based on models created under 7 record of past earthquakes on both far and near to a fault, was Through examining the record of near-fault earthquakes was observed that these earthquakes to produce a strong Tghyyrmkanhay far-fault earthquakes. Bridges isolated using seismic isolators, compared to far-fault earthquakes are a very good response this means By removing the bridges, the acceleration acting on the decks, cutting the base as well as the relative displacement uncut deck of the bridge reduced This is in response to the bridges near-fault earthquakes there. By examining the record of the earthquake was near an earthquake fault than the fault displacement away from strong earthquakes produce Which can enhance separation system in crisis situations, it is necessary to prevent this event The double system (FDGM) to modify call bridges that are used by the earthquake Change location near a fault code and the effect of taking away from the fault area will be more progressive So that for different ratios of distance to fault, whatever the value of this ratio is less, shift more and the maximum cutting force up to the bridge piers will be.

Corresponding author: Alireza Bidar
E-mail addresses: irezomran@yahoo.com

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-06-26]

[DOI: 10.21859/JCES.2.2.25]