



## بهسازی لرزه‌ای پل قوسی بتنی (مطالعه موردی پل آمل)

دکتر علیرضا میرزا گل تبار روشن<sup>۱</sup>، دکتر جواد واثقی امیری<sup>۲</sup>، صالح احمدی مهیار<sup>۳</sup>

۱- استادیار دانشکده عمران دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

۲- دانشیار دانشکده عمران دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد گرایش سازه، دانشگاه پردیسان

Ar-goltabar@nit.ac.ir  
vaseghi@nit.ac.ir  
samahyar@yahoo.com

### خلاصه

پل‌ها از عناصر حیاتی راه‌های هر کشور محسوب می‌شوند، بررسی‌های اقتصادی راه‌سازی نشان می‌دهد که احداث پل‌ها قسمت اعظم هزینه‌های مربوط به راه‌ها به خود اختصاص می‌دهد و به علت ظرافت ساختار، سیستم سازه‌ای آنها از آسیب‌پذیری زیادی برخوردارند. لذا طرح دقیق اجزای مختلف پل باید پیش از پیش‌مورد توجه قرار گیرد. در این میان شکل هندسی پایه و قوس و استفاده از مقاطع مناسب در هر پل نقش بسیار مهمی را در ارتباط با نیروهای مؤثر در طراحی ایفا می‌کند. در این تحقیق تحت اثر عوامل طبیعی زمین از جمله زلزله؛ بهسازی قسمت قوسی پل با استفاده از مدل‌سازی توسط نرم‌افزار SAP2000 مورد مطالعه قرار گرفته و در نهایت الگوی مناسبی از مقاطع هندسی برای شرایط مختلف طراحی ناشی از اثرگذاری عوامل طبیعی و لرزه‌ای و بارهای افقی و قائم معرفی و پیشنهاد گردیده است. به این منظور مدل یک پل قوسی بتنی موجود در کشور که دارای سابقه ساخت طولانی نیز می‌باشد، تحلیل استاتیکی غیرخطی (بارافزون) به روش طیف ظرفیت بصورت سه بعدی شبیه‌سازی گردیده است.

کلمات کلیدی: آسیب‌پذیری، قوس بهسازی لرزه‌ای، پل بتنی، مدل‌سازی

### ۱- مقدمه

زمانی که از بهسازی و مقاوم‌سازی پل‌ها و به طور کلی ابنیه فنی راه و راه آهن در برابر بلایای طبیعی و بارهای سرویس سخن به میان می‌آید اغلب نگاه‌ها متوجه مبحث بازرسی فنی و گزارشات آسیب‌پذیری می‌شود. هر چند مبحث بازرسی فنی و گردآوری اطلاعات مقدمه فرآیند مدیریت یکپارچه پل‌ها می‌باشد لیکن در حوزه‌های عملی و اصولاً سیستم پایه مدیریت پل این بخش تنها بخشی از سیستم محسوب می‌شود که اتفاقاً نسبت به راهبردهای نگهداری کاملاً حساس و تغییر پذیر است.

۱- استادیار دانشکده عمران دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

۲- دانشیار دانشکده عمران دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد گرایش سازه، دانشگاه پردیسان



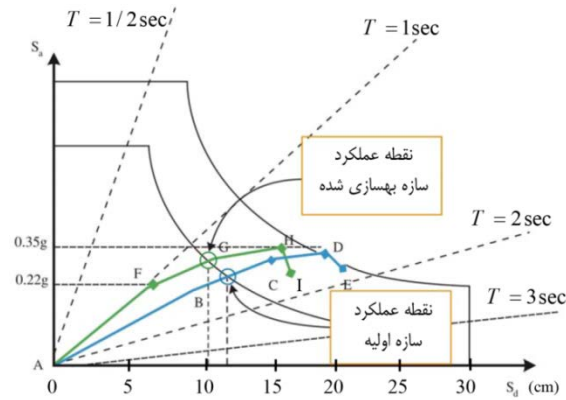
به عبارتی همانگونه که از دیدگاه فن مدیریت اطلاعات یکپارچگی و انسجام اطلاعات در اولویت می‌باشد و یا در جمع آوری و ساماندهی اطلاعات شبکه‌های شریان‌های حیاتی، عکس العمل‌های وابسته آنها را نیز باید مدنظر قرار داد از نگاه مدیریت پل نیز نوع و روش بازرسی متأثر از سیاست کلی معیار ایمنی است.

یکی از اقدامات مهم در جهت رشد و توسعه هر کشور احداث راهها و بزرگراه هاست. در این میان پل‌ها به عنوان عناصر کلیدی در شبکه شریانی راههای یک کشور نقش مهم و منحصر بفردی را به لحاظ اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و نظامی ایفا می‌کنند. مشاهده خسارات ناشی از زلزله‌های اخیر، لزوم تمهیداتی برای طرح مقاوم زلزله و نیز مطالعه و تحقیق بیشتر به منظور درک بهتر رفتار لرزهای پل‌ها را به وضوح بیان می‌کند. زلزله‌های دو دهه‌ی گذشته در ایالات متحده، ژاپن و ترکیه نشان داد که بسیاری از پل‌ها به علت طراحی ضعیف اجزاء حتی با بکارگیری آخرین دستاوردهای تحقیقاتی در این زمینه و آیین‌نامه‌های مدون رفتار نامطلوبی داشته اند [1]. لذا مقاوم سازی لرزهای پل‌ها به دلیل نقش مهم این سازه‌ها در ایجاد ارتباط و امداد رسانی بعد از زلزله از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. عدم کفایت و دقت آیین‌نامه‌های قدیمی، بسیاری از پل‌های موجود را نیازمند به بهسازی لرزهای می‌نماید. ضمن آنکه به جهت وظایفی که سازه‌های مثل یک پل بر عهده دارد به سطح عملکردی فراتر از آنچه در طرح لرزهای در نظر گرفته شده، نیاز می‌باشد. با توجه به اینکه در کشور ما به واسطه شرایط اقلیمی موجود احتمال وقوع زلزله‌های بزرگ وجود دارد، مطالعه و بررسی این سازه‌ها در برابر نیروهای لرزه ای، جایگاه و اهمیت خاصی پیدا می‌کند [۲]

در این مقاله به بررسی رفتار لرزهای و سطح عملکرد یک پل بتنی موجود می‌پردازیم و نقطه عملکرد و سطح عملکرد آن را تعیین می‌کنیم. بدین منظور دهانه قوسی پل به طول کلی ۶۳ متر بر روی تکیه گاه‌های مفصلی بر روی پایه‌های بتنی دیواری و مستطیل شکل به عرض ۲ متر و ارتفاع ۵.۶ متر، واقع در شهرستان آمل، با استفاده از نرم افزار SAP 2000 مدل‌سازی و مورد تحلیل استاتیکی غیر خطی (پوش آور) قرار گرفته و منحنی‌های برش پایه در برابر تغییر مکان مرکز جرم عرشه و طیف ظرفیت سازه تعیین شده اند. پس از تقاطع طیف ظرفیت و طیف نیاز آیین‌نامه، نقطه‌ی عملکرد سازه تعیین و سطح عملکرد آن مورد ارزیابی قرار گرفته است.

## ۲- روش طیف ظرفیت

در این تحقیق برای بدست آوردن تغییر مکان هدف از روش طیف ظرفیت استفاده شده است. روش طیف ظرفیت در آغاز با هدف تهیه یک روش سریع برای ارزیابی سازه‌ها در سال 1975 توسط فریمن معرفی گردید [3]. بعدها از این روش برای ایجاد ارتباط بین حرکات زمین در زلزله و عملکردهای مشاهده شده از ساختمانها توسط شورای تکنولوژی کاربردی (ATC) در سال 1982 استفاده گردید [4] و از آن زمان به عنوان یک روش سریع برای ارزیابی عملکرد سازه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در روش طیف ظرفیت به منحنی حاصل از تحلیل استاتیکی غیر خطی که در حقیقت منحنی بار-جابجایی سازه می‌باشد، منحنی ظرفیت سازه گفته می‌شود. منحنی نیاز لرزهای سازه نیز با توجه به وضعیت غیر ارتجاعی آن تهیه می‌شود. در آیین‌نامه‌های فعلی منحنی نیاز الاستیک سازه‌ها که همان طیف طراحی آیین‌نامه است، ارائه می‌شود. با توجه به اینکه در ناحیه‌ی غیر ارتجاعی به علت افزایش میرایی ناشی از میرایی هیستریزس سازه، نیاز لرزهای کاهش می‌یابد، آیین‌نامه‌ی ATC- بسته به میزان وارد شدن سازه به ناحیه‌ی غیرخطی، ضرایب کاهش طیفی را معرفی می‌کند. پس از به دست آوردن منحنی‌های نیاز و ظرفیت تشریح شده، برای استفاده از روش طیف ظرفیت باید این دو منحنی به یک فرمت مشترک تبدیل شده و با انطباق آنها نقطه‌ی عملکرد محاسبه گردد. فرمت مشترک انتخاب شده برای این دو منحنی، فرمت ADRS (شتاب طیفی- تغییر مکان طیفی) می‌باشد. با انطباق طیف نیاز و طیف ظرفیت می‌توان با سعی و خطا، نقطه‌ی عملکرد را محاسبه نمود. روند کار بدین ترتیب است که یک نقطه‌ی فرضی به عنوان نقطه‌ی عملکرد روی طیف ظرفیت انتخاب می‌کنیم و با توجه به میرایی مؤثر که با استفاده از مساحت محصور منحنی ظرفیت قابل محاسبه است، ضرایب کاهش طیفی محاسبه می‌شوند و این ضرایب کاهش در طیف الاستیک اثر داده می‌شوند تا طیف نیاز کاهش یافته حاصل شود. در طیف نیاز کاهش داده شده با داشتن پیروود سازه مختصات (Sa, Sd) متناظر محاسبه می‌شود. در صورتیکه نقطه‌ی بدست آمده بر نقطه‌ی فرض شده منطبق باشد، نقطه‌ی فرض شده همان نقطه‌ی عملکرد سازه است در غیر این صورت با نقطه‌ی جدید مراحل فوق تکرار می‌شوند و این سیکل تا همگرایی ادامه خواهد یافت. شکل (۱) نمونه‌ای از تلاقی طیف ظرفیت و طیف تقاضا را برای تعیین نقطه‌ی عملکرد نشان می‌دهد.



شکل ۱- محل تلاقی منحنی نیاز با ظرفیت سازه و نقطه عملکرد [۱۲]

### ۳- معرفی مدل مورد بررسی

#### ۳-۱ مشخصات سازه‌ای پل

همانطور که قبلاً اشاره شد در این مقاله یکی از پل‌های بتنی موجود در کشور که در شهرستان آمل واقع شده، مورد ارزیابی لرزه‌ای قرار گرفته است. این پل دارای ۳ دهانه ۱.۶۴+۳.۶+۱.۶۴ متری که دهانه ابتدا و انتها قوسی و دهانه میانی آن مستقیم است و بر اساس ضوابط لرزه ای در سال ۱۳۱۶ طراحی شده است. و برای ارزیابی در حال حاضر از ضوابط لرزه ای این نام AASHTO [۵] و راهنمای بهسازی لرزه ای FHWA استفاده شده است. روسازه پل واقع در قسمت قوسی چهار عنصری بوده و شامل ۵ تیر درجا ریز بتنی و دال به ضخامت ۲۰ CM می‌باشد. همچنین اتصال عرشه به پایه‌های میانی غلطکی و اتصال عرشه به کوله‌ها تکیه گاه مفصلی می‌باشد. و فقط شاهتیرهای اصلی پل وری تکیه گاه قرار دارند و بقیه تیرها بوسیله تیر ابتدایی و انتهایی به ابعاد ۰.۶\*۰.۹ سانتیمتر یکدیگر متصل می‌باشند. در ادامه به اطلاعات مختصری از مشخصات سازه پرداخته می‌گردد:

۱- دهانه‌ها: ۳ دهانه ۱.۶۴+۳.۶+۱.۶۴ متری که فقط دهانه ۱.۶۴ (قوسی) مد نظر می‌باشد.

۲- سیستم سازه‌ای عرشه: عرشه‌ی چهار عنصری با تیرهای درجا ریز بتنی

۳- عرض روسازه: ۸.۵۵ متر

۴- ضخامت دال بتنی: ۲۰ سانتیمتر

۵- تعداد تیرها: ۷ عدد

۶- فاصله‌ی میان تیرها: ۰.۱۶۵ متر

۷- ارتفاع تیرها: ۷۰ سانتیمتر

۸- تکیه گاه: تکیه گاه گهواره ای در محل شاه تیرها

#### ۳-۲ مشخصات مصالح

۱- تمامی میلگردهای مسلح کننده مورد استفاده در طراحی پل از نوع ساده با توجه به قدمت پل مورد استفاده قرار گرفته که ما در مدل سازی از

میلگرد A3 با مقاومت فشاری  $3600 \text{ kg/cm}^2$  می‌باشند.

۲- بتن مصرفی در پل از رده C25 می‌باشد.

#### ۳-۴ مدل سازی پل

به منظور مدل سازی و تحلیل استاتیکی غیر خطی سه بعدی پل از نرم افزار SAP2000 v12-2-2 استفاده شده است. ویژگی‌های غیر خطی اعضای پل با تعریف و اختصاص مفاصل پلاستیک-لنگر خمشی ( $M_3$ ) و نیروی برشی ( $V_3$ ) بر اساس FEMA 356 [۶] به تیرهای طولی مدل معرفی شده‌اند. تیرهای قوسی نیز از نوع FRAME و عرشه پل از نوع SHELL شیبه سازی شده و برای اثر ترک خوردگی اعضا از سختی موثر  $0.7 E_c I_g$  مطابق با دستورالعمل FEMA 356 استفاده شده است. جدول (۱)

جدول 1 - سختی مؤثر اعضای بتن آرمه بر اساس دستورالعمل FEMA 356

Component	Flexural Rigidity	Shear Rigidity	Axial Rigidity
Beams—nonprestressed	$0.5E_c I_g$	$0.4E_c A_w$	—
Beams—prestressed	$E_c I_g$	$0.4E_c A_w$	—
Columns with compression due to design gravity loads $\geq 0.5 A_g f_c$	$0.7E_c I_g$	$0.4E_c A_w$	$E_c A_g$
Columns with compression due to design gravity loads $\leq 0.3 A_g f_c$ or with tension	$0.5E_c I_g$	$0.4E_c A_w$	$E_c A_s$
Walls—uncracked (on inspection)	$0.8E_c I_g$	$0.4E_c A_w$	$E_c A_g$
Walls—cracked	$0.5E_c I_g$	$0.4E_c A_w$	$E_c A_g$
Flat Slabs—nonprestressed	See Section 6.5.4.2	$0.4E_c A_g$	—
Flat Slabs—prestressed	See Section 6.5.4.2	$0.4E_c A_g$	—

خواص مصالح نیز مطابق جدول ۲ به مدل معرفی شده است. شکل ۲ نیز مدل اجزای محدود پل آمل قسمت قوسی در نرم افزار SAP2000 ملاحظه می‌گردد.

جدول 2 - خصوصیات مصالح پل

مصالح نوع	الاستیسیته مدول	پواسون ضریب	چگالی
فولاد	2.1 $* 10^6$	0.3	7.85 $* 10^3$
بتن C25	2.5 $* 10^5$	0.2	$2.5 * 10^3$



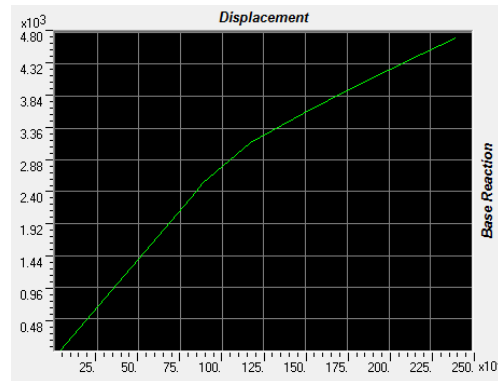
شکل ۲- مدل المان محدود قسمت قوسی پل آمل

##### ۵- تحلیل استاتیکی غیر خطی و تعیین سطح عملکرد

همانطور که قبلاً اشاره شد در این مطالعه برای ارزیابی لرزه ای پل مورد بررسی از تحلیل استاتیکی غیر خطی بار افزون استفاده شده است. در این تحلیل با دنبال کردن تغییرات برش پایه بر حسب تغییر مکان نقطه کنترل، ظرفیت سازه به صورت منحنی ظرفیت بیان می‌گردد. مراحل ترسیم منحنی ظرفیت به تعداد مراحل بارگذاری به صورت گام به گام وابسته است و در هر مرحله با افزایش نیروی جانبی، تعداد تسلیم اعضا تسلیم شده با تشکیل مفاصل پلاستیک در آنها افزایش یافته و در مراحل بعدی، تحلیل بر اساس ماتریس سختی جدید انجام می‌شود. بدین ترتیب یک منحنی نیرو-تغییر مکان افزایشی برای هر یک از نقاط



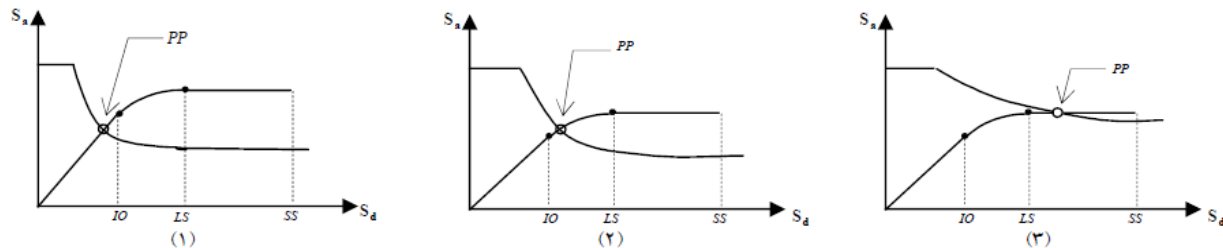
سازه تشکیل می‌گردد. [۷]. در این مطالعه، از منحنی برش پایه در برابر تغییر مکان هدف و نقطه عملکرد استفاده شده است. ضرایب با و احتمال همزمانی ترکیبات برای پل مورد نظر بر اساس آیین نامه بارگذاری پل (نشریه شماره ۱۳۹) در نظر گرفته شده است [۸]. توزیع بار جانبی نیز با توجه به نتایج حاصل از تحلیل مودال پل ( $T = 0.99 < 1$ ) بر اساس دستورالعمل ATC40، توزیع متناسب با شکل مود اول در نظر گرفته شده است. شکل (۳) نمودار برش پایه در برابر تغییر مکان مرکز ثقل عرشه (نمودار ظرفیت) پل در نرم افزار زان نشان می‌دهد.



شکل - 3 نمودار برش پایه در برابر تغییر مکان مرکز ثقل عرشه

#### ۶- تعیین سطح عملکرد

اساس روش طیف ظرفیت بر پایه‌ی یافتن محل تلاقی طیف ظرفیت با طیف پاسخ نیاز مناسی است که به علت اثرات غیر خطی کاهش یافته است. این نقطه‌ی تلاقی که در اصطلاح نقطه‌ی عملکرد 1 نامیده می‌شود بیانگر شرایطی است که در آن شرایط ظرفیت لرزه‌ای سازه برابر با نیازهای لرزه‌ای تحمیل شده به سازه ناشی از یک زمین لرزه‌ی مشخص می‌باشد. جابجایی نظیر این نقطه، بیشترین جابجایی مورد انتظار سازه تحت اثر زلزله مشخص یا به اصطلاح جابجایی نیاز سازه است. با بدست آوردن جابجایی نیاز زلزله در نقطه‌ی عملکرد (PP) می‌توان آنرا با جابجایی سازه در ترازهای مختلف عملکردی مقایسه نمود. این عمل را اصطلاحاً سنجش عملکرد می‌نامند. آنچه در سنجش عملکرد یک سازه مورد توجه قرار می‌گیرد، موقعیت نقطه‌ی عملکرد سازه نسبت به ترازهای عملکرد مختلف می‌باشد. اصولاً در سنجش عملکرد یک سازه، زمانی که سازه دارای نقطه‌ی عملکرد باشد، سه حالت ممکن وجود دارد که در شکل (۴) نشان داده شده است.



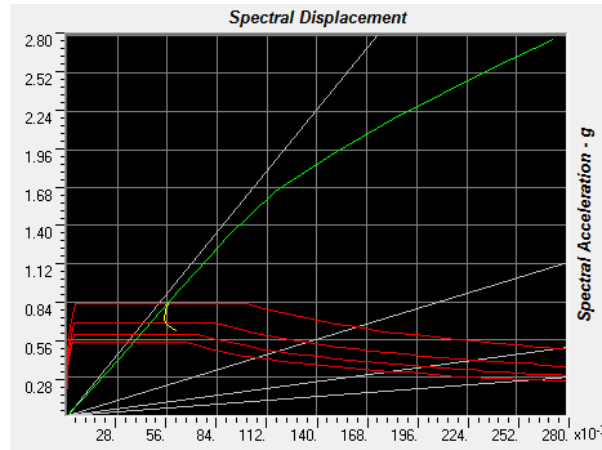
شکل 4- موقعیت نقطه‌ی عملکرد نسبت به سطوح عملکرد

در شکل فوق هر بخش مفهوم خاصی را از نظر ایمنی در بر دارد که در زیر شرح داده می‌شود:

- در حالت 1، جابجایی نقطه‌ی عملکرد از سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه (Immediate Occupancy) کمتر است و به این مفهوم است که سازه تحت زلزله‌ی طرح دارای مقاومت کافی برای عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه می‌باشد.
- در حالت 2، جابجایی نقطه‌ی عملکرد از سطح عملکرد ایمنی جانی (Life Safety) کمتر است و به این مفهوم است که سازه تحت زلزله‌ی طرح دارای مقاومت کافی برای عملکرد ایمنی جانی می‌باشد.
- در حالت 3، جابجایی نقطه‌ی عملکرد از سطح عملکرد ایمنی جانی بیشتر است و به این مفهوم است که سازه تحت زلزله‌ی طرح دارای مقاومت کافی برای عملکرد ایمنی جانی نبوده و در آستانه‌ی فروپاشی قرار دارد و دارای عملکرد پایداری سازه (Structural Stability) می‌باشد.



به منظور سنجش عملکرد پل مورد بررسی این مطالعه، منحنی ظرفیت حاصل از آنالیز استاتیکی غیر خطی و منحنی نیاز کاهش یافته برای چند میرایی متفاوت نقطه عملکرد را بدست آوردیم. طیف نیاز مورد بررسی این مطالعه، برای زمین نوع ۳ با پهنه‌ی خطر نسبی خیلی زیاد و با در نظر گرفتن شتاب مبنای طرح  $A=0.35g$  آمده است [9]. در شکل (۵) طیف ظرفیت، طیف نیاز، طیف نیاز کاهش یافته و نقطه‌ی عملکرد پل نشان داده شده است.



شکل 5- طیف ظرفیت، طیف نیاز، طیف نیاز کاهش یافته و نقطه‌ی عملکرد پل

همانطور که از نتایج این منحنی در نرم افزار ملاحظه گردید برش پایه برابر  $0.1570 \times 52$  در تغییر مکان  $0.051$  متر مشاهده گردید.

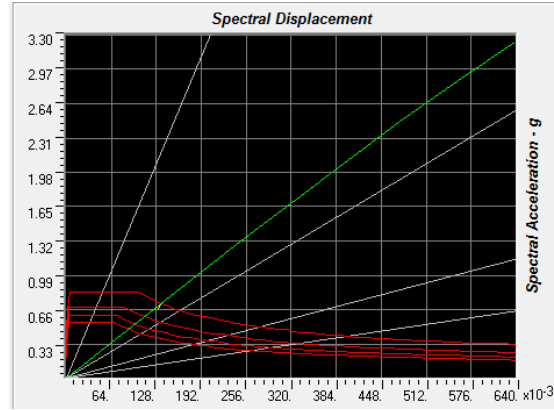
#### ۷- مقاوم سازی اعضا پل

هدف مقاوم سازی عبارت است از دستیابی به شرایط مورد انتظار سازه در سطح بهره برداری دلخواه برای یک شدت زلزله بخصوص از لرزش زمین، که برای دستیابی به این هدف هرگونه اقدامات اصلاحی مشتمل بر سخت کردن یا مقاوم سازی سازه، افزودن اجزای موضعی برای حذف بی نظمی ها، بستن اجزای سازه به یکدیگر، کاهش تقاضای زلزله در سازه از طریق روش جداسازی و یا جذب انرژی و یا جرم سازه را، می توان در قالب روشهای مقاوم سازی برای حصول پایداری و مقاومت سازه در برابر بار جانبی ناشی از زلزله به عنوان تکنیکها و روشهای کاهش خطر در نظر گرفت. آیین نامه‌های مقاوم سازی با توجه به مطالعات قدیمی بر روی رفتار ساختمانها در برابر زلزله و مطالعات جامع و تحلیل‌های غیر خطی رفتار سازه‌ها با ایجاد حداقل مزاحمت در کاربری آنها و با رعایت اصول ایمنی و مسائل اقتصادی می‌باشد، این آیین نامه‌ها برای اولین بار با مطرح کردن سطوح بهره برداری و ترکیب آن با معیارهای لرزش زمین، دیدگاهی جدید در خصوص مقاوم سازی ساختمان‌های غیر مقاوم در برابر زلزله ایجاد می‌نمایند. [۱۱]

پس از تحلیل بار افزون در گام‌های زمانی هفتم و هشتم مفاصل پلاستیک در نواحی نزدیک تکیه‌گاه‌ها ایجاد گردید. همچنین در تیرهای قوسی در گام‌های زمانی یازدهم و دوازدهم در ۱۰ متری از ابتدای قوس مفاصل تشکیل یافته و در گام‌های زمانی بیشتر امکان تخریب سازه در سطح عملکرد آستانه فرو ریزش قابل مشاهده شد. لذا با سعی و خطا در انتخاب بهترین مقطع برای مقاوم سازی در تیرهای طولی از  $3IPB400 + 2PL70 \times 1.5$  و برای تیرهای قوسی تا ۱۰ متری ابتدای قوس روی قوس از  $2PL1200 \times 120 \times 5.5$  میلیمتر و از نوع ST52 استفاده گردیده است. در شکل (۶) نتایج حاصل از مقاوم سازی با نرم افزار يدست آمده است.



هشتمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، بابل  
۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ماه ۱۳۹۳



همانطور که از نتایج این منحنی در نرم افزار ملاحظه گردید برش پایه برابر  $۸۲.۱۷۵۶۰$  تن مشاهده گردید.



## ۸- نتیجه گیری

۱- نتایج حاصل از ارزیابی لرزه‌ای پل قوسی بتنی آمل حاکی از ارضای سطح عملکرد ایمنی جانی در برابر زلزله‌ی سطح خطر (۱) می‌باشد. لذا با توجه به اینکه پل مورد نظر بر اساس ضوابط لرزه‌ای آیین نامه‌ی AASHTO طراحی شده است و هدف طراحی در این آیین نامه تأمین سطح عملکرد ایمنی جانی در برابر زمین لرزه‌ی سطح خطر (۱) است، در این پل هدف طراحی محقق شده است.

۲- مقایسه‌ی مقادیر جابجایی طیفی متناظر نقطه‌ی عملکرد و سطوح عملکرد، بیانگر عدم وجود ضریب اطمینان کافی در تأمین عملکرد ایمنی جانی است و با توجه به وظایفی که سازه‌ای مثل یک پل بر عهده دارد به سطح عملکردی فراتر از آنچه در طرح لرزه‌ای در نظر گرفته شده، نیاز می‌باشد، لذا انجام مطالعات

بیشتر جهت تعیین نقاط آسیب پذیر پل و ارائه‌ی راهکارهای مناسب مقاوم سازی به منظور رسیدن به ضریب اطمینان مناسب در عملکرد ایمنی جانی این پل، امری ضروری است.

## ۹- مراجع

1. Basoz, Nesrin I. (Feb. 1999) , “ *Statistical analysis of bridge damage data from the 1994 Northridge, CA, earthquake*”, Earthquake Spectra, Vol. 15, No. 1, pp. 25-54, Northridge.
2. Wilson, J. C. (Nov. 2003) , “*Repair of new long – span bridges damaged by the 1995 Kobe earthquake*” , Journal of Performance of Constructed Facilities”, Vol. 17, No. 4, pp. 196-205.
3. Sigmund A. Freeman. (1991) , “ *Developed and use of capacity spectrum method*” , Proceeding 6th U. S. National Conference on Earthquake Engineering.
4. Applied Technology Council. (Nov 1996) , “ *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*” , ATC-40, Redwood City, California, USA.
5. AASHTO (2000), “*Standard Specification for Highway Bridges*”, 16th ed. , American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D. C.
6. FEMA 356 (Nov 2000), “*Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings*”, Federal Emergency Management Agency, Washington D. C.
7. Priestley, M. J. N. , and F. Seible. (1994), “ *Seismic assesment of existing bridges*”, Proceeding of Second International Workshop of Earthquake Engineering, Queenstown, New Zealand.

۸. نشریه‌ی شماره 139 معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری. ، (۱۳۸۴)، «آیین نامه بارگذاری پلها»، معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها، ویرایش دوم.

۹. استاندارد ۲۸۰۰ «آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله»، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ویرایش سوم.

۱۰. سارا. عباسی- دکتر مرتضی حسنعلی بیگی- دکتر کاظمی «ارزیابی عملکرد پل قوسی آمل»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، ۱۳۸۴.

۱۱. «بررسی روشهای مختلف مقاوم سازی ساختمانهای بتنی متعارف و ارائه شیوه تقویت برای آنها»، پایان نامه کارشناسی ارشد، حسین مجد، دانشگاه علوم و فنون مازندران، زمستان ۱۳۷۷.

۱۲. نشریه ۵۲۴ «راهنمای روش‌ها و شیوه‌های بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و جزئیات اجرایی»-معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس

جمهوری-۱۳۸۹



Surf and download all data from SID.ir: [www.SID.ir](http://www.SID.ir)

Translate via STRS.ir: [www.STRS.ir](http://www.STRS.ir)

Follow our scientific posts via our Blog: [www.sid.ir/blog](http://www.sid.ir/blog)

Use our educational service (Courses, Workshops, Videos and etc.) via Workshop: [www.sid.ir/workshop](http://www.sid.ir/workshop)