بسم الله الرحمن الرحیم

۱۱۵۱۷۶

دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده فنی مهندسی

گروه مهندسی عمران

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد عمران گرایش سازه

ارزیابی رفتار لرزه‌ای پل کلدان با استفاده از تحلیل استاتیکی غیرخطی

استاد راهنما:

دکتر رضا رهگذر

مولف:

رسول نساجی

۱۳۸۸/۲/۲۱

اسفند ماه ۱۳۸۷

تهیه مدارک

۱۱۵۱۷۶

دانشگاه شهید باهنر کرمان

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد به

بخش مهندسی عمران
دانشکده فنی و مهندسی
دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی‌شود.

نام و نام خانوادگی | امضاء

دانشجو: رسول نساجی

استاد راهنما: دکتر رضا رهگذر

داور۱: دکتر حسین ابراهیمی

داور۲: دکتر سعید شجاعی

نماینده تحصیلات تکمیلی: دکتر حسین باقری‌پور

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.

دانشگاه شهید باهنر کرمان
اداره تحصیلات تکمیلی

تقدیم به پدر و مادر عزیزم:

که وجودم برایشان همه رنج بود

وچون وجودشان برایم همه مهر بود

توانشان رفت تا به توانایی رسم

و مویشان سپیدی گرفت، تا رو سپید جانم

آنان که فروغ نگاهشان

گرمی کلامشان و روشنی چشمانشان

سایه‌های جاودان زندگی‌ام هستند

تقدیر و تشکر:

منت خدای را عزوجل که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید نعمت.

حمد و ثنای بی پایان بر یگانه بی همتای عالم را که هر چه داریم از اوست و توان بهره مندی مان از دنیای بی کران علم از او می باشد.

پروردگار مهربان، که نعمت اندیشیدن و نگاشتن را بر من ارزانی داشت، تا پیوسته مشتاق بهره گیری از دنیای بیکران علم و دانش باشم و در سایه لطف بی پایانش توان و توفیق ادامه تحصیل و نگارش این پایان نامه را به بنده عطا فرمود.

درود بر پیامبران الهی که معلمان بزرگ بشریتند و سپاس معلمین بزرگوار و اساتید ارجمند را که چراغ علم و معرفت فرا رویم افروخته و با تلاشی عاشقانه و خستگی ناپذیر دریچه های باغ دانش را به رویم گشودند. خاضعانه در برابر یکایک آنها سر تعظیم فرود می آورم و بر دست های توانمندشان بوسه می زنم. در اینجا بر خود واجب می دانم که از رهنمودهای ارزشمند و زحمات استاد ارجمند جناب آقای دکتر رضا رهگذر که در انجام این تحقیق به عنوان استاد راهنما روشنگر راهم بوده اند، صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم.

چکیده

در سال‌های اخیر مطالعات و تحقیقات گسترده‌ای در زمینه بازبینی ضوابط و معیارهای حاکم بر طرح لرزه‌ای سازه‌ها انجام گرفته است که تاکید آن‌ها عمدتاً بر کنترل رفتار و عملکرد سازه در هنگام زلزله می‌باشد. این تلاش‌ها منجر به ارائه فلسفه جدیدی در طراحی به نام ((طراحی بر اساس عملکرد)) شده است. که مبنای آن طراحی در حالت حدی می‌باشد و روش‌های مختلفی که در این حیطه مطرح می‌شود عمدتاً بر مبنای آنالیزهای غیرخطی استوار است.

تعیین سطح عملکرد و مقاوم‌سازی سازه‌ها، به عنوان روشی موثر در طراحی شناخته شده‌اند و انتظار می‌رود که در آینده‌ای نزدیک جزئی از آیین‌نامه‌ها به شمار روند. چنین روش‌هایی به ابزار و شیوه‌هایی موثر برای انجام تحلیل نیازمندند. تحلیل استاتیکی غیرخطی (پوش‌آور)، که در سال ۱۹۹۷ توسط دستورالعمل FEMA273 معرفی شد را می‌توان به عنوان روشی کارآمد در تعیین سطح عملکرد سازه‌ها بکار برد. در این دستورالعمل روش ضرایب تغییرمکان، آن هم فقط در مورد ساختمان‌ها ارائه شده است. روش طیف ظرفیت نیز که توسط ATC معرفی شده است، روش تحلیل استاتیکی غیرخطی را فقط در مورد ساختمان‌ها مورد استفاده قرار داده است.

در این تحقیق پل فلزی کلدان در استان کرمان، با توجه به اینکه در منطقه‌ای با خطر لرزه‌خیزی بالا و اهمیت زیاد اجتماعی و اقتصادی واقع شده است و همچنین دارای بزرگترین دهانه در میان پل‌های استان می‌باشد، مورد ارزیابی لرزه‌ای قرار گرفته و سعی شده است قابلیت کاربرد تحلیل استاتیکی غیرخطی با دو روش ضرایب تغییرمکان و روش طیف ظرفیت در پل مورد بررسی قرار گیرد. همچنین برای بررسی دقت نتایج، تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی نیز بر روی پل انجام شده

است. از سه شتاب‌نگاشت برای انجام تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی و از سه الگوی بار جانبی برای تحلیل استاتیکی غیرخطی استفاده شده است.

تغییرمکان هدف، برش‌پایه و تغییرشکل‌های پلاستیک حاصل از روش تحلیل استاتیکی غیرخطی با نتایج حاصل از روش تاریخچه زمانی غیرخطی مقایسه شده‌اند و مقایسه نتایج، توافق نزدیکی بین جواب‌های حاصل از دو روش می‌دهد. بطور کلی هنگامیکه سازه به مقدار زیادی وارد ناحیه غیرخطی می‌شود، اختلاف نتایج دو روش افزایش می‌یابد و روش ضرایب تغییرمکان، جواب‌های بهتری نسبت به روش طیف ظرفیت می‌دهد و روش بهتر و قابل استفاده‌تری در مورد پل‌ها می‌باشد. اگر چه از روش طیف ظرفیت نیز می‌توان در مورد پل‌ها نیز بهره گرفت ولی با اندکی نقایص که البته در اصول کلی خود روش وجود دارد و در هنگام تعیین سطح عملکرد ساختمان‌ها نیز با آن‌ها مواجه می‌شویم.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

۱-۱- اهمیت بررسی آسیب‌پذیری پل‌های موجود ۲

۱-۲- هدف از انجام تحقیق ۳

۱-۳- روش انجام تحقیق ۴

۱-۴- نحوه فصل‌بندی و ارائه مطالب ۴

فصل دوم: اصول تحلیل استاتیکی غیرخطی

۲-۱- مقدمه ۷

۲-۲- مبانی تئوری تحلیل پوش‌آور ۷

فصل سوم: مروری بر تحقیقات انجام شده

۳-۱- مروری بر تحقیقات انجام شده در تحلیل استاتیکی غیرخطی ۱۷

۳-۲- تحقیقات انجام شده در ایران ۲۲

فصل چهارم: سطوح عملکرد و روش‌های تحلیل استاتیکی غیرخطی

۴-۱- مقدمه ۲۵

۴-۲- تعاریف سطوح عملکردی ۲۶

۴-۲-۱- سطوح عملکرد پل‌ها ۳۰

۴-۲-۱-۱- ارزیابی عملکرد لرزه‌ای پل‌ها براساس تحقیقات UCSD ۳۰

۴-۳- ارزیابی غیرخطی عملکرد سازه‌ها ۴۰
۴-۳-۱- تحلیل دینامیکی غیرخطی ۴۱
۴-۳-۲- تحلیل استاتیکی غیرخطی ۴۲
۴-۴- روش‌های تحلیل پوش‌آور ۴۳
۴-۴-۱- روش طیف ظرفیت ۴۴
۴-۴-۱-۱- تبدیل منحنی ظرفیت به طیف ظرفیت ۴۷
۴-۴-۱-۲- تهیه طیف نیاز در فرمت ADRS از طیف طرح الاستیک ۴۸
۴-۴-۱-۲-۱- تبدیل طیف طرح الاستیک به فرمت ADRS ۴۸
۴-۴-۱-۲-۱- تخمین میرایی ویسکوز معادل ۴۹
۴-۴-۲- روش ضرایب تغییرمکان ۵۷
۴-۴-۲-۱- مدل رفتار دو خطی نیرو- تغییر مکان سازه ۵۷
۴-۴-۲-۲- محاسبه زمان تناوب اصلی موثر سازه ۵۸
۴-۴-۲-۳- محاسبه تغییرمکان هدف ۵۹
۴-۴-۳- تفاوت محاسبه تغییرمکان هدف به روش ضرایب تغییرمکان و طیف ظرفیت ۶۲
۴-۴-۳-۱- تبدیل سیستم چند درجه آزادی به سیستم یک درجه آزادی ۶۲
۴-۴-۳-۲- تبدیل منحنی ظرفیت به صورت دوخطی ۶۲
۴-۴-۳-۳- شیوه بدست آوردن تقاضای زلزله ۶۳
۴-۴-۴- الگوی بار جانبی ۶۳

۴-۵- سطوح زلزله طرح ۶۶

۴-۶- رفتار اجزای سازه ۶۶

فصل پنجم: مدل‌سازی و ملاحظات خاص لرزه‌ای

۵-۱- مقدمه ۷۰

۵-۲- معرفی پل ۷۰

۵-۲-۱- روسازه پل ۷۱

۵-۲-۲- زیرسازه پل ۷۲

۵-۲-۲-۱- پایه‌های میانی ۷۳

۵-۲-۲-۲- پایه‌های کناری ۷۳

۵-۳- مدل‌سازی پل ۷۳

۵-۴- تحلیل دینامیکی طیفی پل ۷۳

۵-۵- تحلیل استاتیکی غیرخطی پل ۷۴

۵-۵-۱- تعریف نقطه کنترل ۷۵

۵-۵-۲- تهیه منحنی ظرفیت ۷۷

۵-۵-۳- تعیین تغییرمکان هدف ۷۹

۵-۶- تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی ۸۱

فصل ششم: ارائه نتایج

۶-۱- مقدمه ۸۵

۶-۲- نتایج تحلیل ۸۶

۶-۲-۱- نتایج تحلیل پل در امتداد طولی ۸۸

۶-۲-۱-۱- سطح خطر ۱ ۸۹

۶-۲-۱-۲- سطح خطر ۲ ۹۲

۶-۲-۱-۳- بحث در نتایج ۹۵

۶-۲-۱-۴- بررسی سطح عملکرد پل در امتداد طولی ۹۶

۶-۲-۲- نتایج تحلیل پل در امتداد عرضی ۹۷

۶-۲-۲-۱- سطح خطر ۱ ۹۷

۶-۲-۲-۲- سطح خطر ۲ ۱۰۳

۶-۲-۲-۳- بحث در نتایج ۱۰۹

۶-۲-۲-۴- بررسی سطح عملکرد پل در امتداد عرضی ۱۱۰

فصل هفتم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۷-۱- جمع‌بندی ۱۱۲

۷-۲- نتیجه‌گیری ۱۱۴

۷-۳- پیشنهادات برای تحقیقات آینده ۱۱۴

۷-۴- مراجع ۱۱۶

فهرست شکل‌ها

شکل (۴-۱)- مراحل انجام تحلیل طیف ظرفیت ۴۶

شکل (۴-۲)- طیف تقاضا در فرمت استاندارد (S_a-T) و فرمت ADRS (S_a-S_d) ۴۹

شکل (۴-۳)- تشکیل منحنی دو خطی از روی طیف ظرفیت ۵۰

شکل (۴-۴)- نحوه تشکیل منحنی هیسترزیس ایده‌آل و مقادیر E_D و E_{so} ۵۲

شکل (۴-۵)- روش گام به گام تعیین نقطه عملکرد به روش طیف ظرفیت با روش A ۵۶

شکل (۴-۶)- منحنی ساده شده نیرو – تغییرمکان برای تعیین تغییر مکان هدف ۵۸

شکل (۴-۷)- منحنی رفتار عضو شکل‌پذیر ۶۷

شکل (۴-۸)- منحنی رفتار عضو نیمه‌شکل‌پذیر ۶۸

شکل (۴-۹)- منحنی رفتار عضو شکننده ۶۸

شکل (۵-۱)- نمایی از پل کلدان در استان کرمان ۷۰

شکل (۵-۲)- نمایی از پل کلدان در استان کرمان ۷۱

شکل (۵-۳)- مقطع پل ۷۲

شکل (۵-۴)- نمایی از پایه‌های میانی پل ۷۲

شکل (۵-۵)- شتاب‌نگاشت زلزله السنترو ۸۲

شکل (۵-۶)- شتاب‌نگاشت زلزله ناغان ۸۳

شکل (۵-۷)- شتاب‌نگاشت زلزله طبس ۸۳

شکل (۶-۱)- تغییرشکل پل در مود اول ۸۷

شکل (۶-۲)- تغییرشکل پل در مود دوم ۸۷

شکل (۶-۳)- نحوه شماره‌گذاری گره‌ها ۸۸

شکل (۶-۴)- تغییرمکان نقطه‌کنترل در امتداد طولی با استفاده از تحلیل غیرخطی ۹۰

شکل (۶-۵)- برش‌پایه در امتداد طولی با استفاده از روش‌های مختلف تحلیل غیرخطی ۹۱

شکل (۶-۶)- چرخش مفاصل پلاستیک با استفاده از روش‌های مختلف تحلیل غیرخطی ۹۱

شکل (۶-۷)- تغییرمکان نقطه‌کنترل در امتداد طولی با استفاده از تحلیل غیرخطی ۹۳

شکل (۶-۸)- برش‌پایه در امتداد طولی با استفاده از روش‌های مختلف تحلیل غیرخطی ۹۴

شکل (۶-۹)- چرخش مفاصل پلاستیک با استفاده از روش‌های مختلف تحلیل غیرخطی ۹۴

شکل (۶-۱۰)- تغییرشکل پل در جهت عرضی (نمای بالا از عرشه پل) ۹۷

شکل (۶-۱۱)- تغییرمکان پل در امتداد عرضی با استفاده از روش ضرایب تغییرمکان ۱۰۰

شکل (۶-۱۲)- تغییرمکان پل در امتداد عرضی با روش طیف ظرفیت (رفتار نوع A) ۱۰۰

شکل (۶-۱۳)- تغییرمکان پل در امتداد عرضی با روش طیف ظرفیت (رفتار نوع B) ۱۰۱

شکل (۶-۱۴)-تغییرمکان نقطه‌کنترل در امتداد عرضی با روش‌های مختلف تحلیل غیرخطی ۱۰۲

شکل (۶-۱۵)- برش‌پایه در امتداد عرضی با استفاده از روش‌های مختلف تحلیل غیرخطی ۱۰۲

شکل (۶-۱۶)- چرخش مفاصل پلاستیک با استفاده از روش‌های مختلف تحلیل غیرخطی ۱۰۳

شکل (۶-۱۷)- تغییرمکان پل در امتداد عرضی با استفاده از روش ضرایب تغییرمکان ۱۰۶

شکل (۶-۱۸)- تغییرمکان پل در امتداد عرضی با روش طیف ظرفیت (رفتار نوع A) ۱۰۶

شکل (۶-۱۹)- تغییرمکان پل در امتداد عرضی با روش طیف ظرفیت (رفتار نوع B) ۱۰۷

شکل (۶-۲۰)- تغییرمکان نقطه‌کنترل در امتداد عرضی با استفاده از تحلیل غیرخطی ۱۰۷

شکل (۶-۲۱)- برش‌پایه در امتداد عرضی با استفاده از روش‌های مختلف تحلیل غیرخطی ۱۰۸

فهرست جدول‌ها

جدول (۴-۱)- ترازهای عملکردی متفاوت در آیین‌نامه‌های مختلف ۲۸

جدول (۴-۲)- معیار عملکرد لرزه‌ای پل کالیفرنیا ۳۲

جدول (۴-۳)- شرح کیفی ترازهای عملکردی و خسارات ۳۴

جدول (۴-۴)- ارزیابی ترازهای عملکردی ۳۶

جدول (۴-۵)- مقادیر ضریب اصلاح k برای انواع رفتار سازه‌ای ۵۳

جدول (۴-۶)- انواع رفتارهای سازه‌ای ۵۴

جدول (۴-۷)- حداقل مقادیر SR_A و SR_V ۵۵

جدول (۴-۸)- مقدار ضریب C_0 ۵۹

جدول (۴-۹)- مقادیر ضریب C_m ۶۰

جدول (۴-۱۰)- مقادیر ضریب C_2 ۶۱

جدول (۵-۱)- مشخصات شتاب‌نگاشت‌های انتخابی ۸۲

جدول (۶-۱)- زمان تناوب طبیعی و نسبت مشارکت جرمی در دو امتداد طولی و عرضی ۸۶

جدول (۶-۲)- نتایج تحلیل پل در امتداد طولی در سطح خطر(۱) (الگوی بار جانبی مودال) ۸۹

جدول (۶-۳)- نتایج تحلیل پل در امتداد طولی در سطح خطر(۱) (الگوی بار جانبی طیفی) ۸۹

جدول (۶-۴)- نتایج تحلیل پل در امتداد طولی در سطح خطر(۱) (بار جانبی یکنواخت) ۹۰

جدول (۶-۵)- نتایج تحلیل پل در امتداد طولی در سطح خطر(۲) (الگوی بار جانبی مودال) ۹۲

جدول (۶-۶)- نتایج تحلیل پل در امتداد طولی در سطح خطر(۲) (الگوی بار جانبی طیفی) ۹۲

جدول (۶-۷)- نتایج تحلیل پل در امتداد طولی در سطح خطر(۲) (بار جانبی یکنواخت) ۹۲

جدول (۶-۸)- نتایج تحلیل استاتیکی غیرخطی پل با استفاده از روش ضرایب تغییرمکان ۹۸

جدول (۶-۹)- نتایج تحلیل استاتیکی غیرخطی پل با استفاده از روش طیف ظرفیت ۹۸

جدول (۶-۱۰)- مقایسه نتایج تحلیل به روش تاریخچه زمانی غیرخطی و استاتیکی غیرخطی ۹۹

جدول (۶-۱۱)- نتایج تحلیل استاتیکی غیرخطی پل با استفاده از روش ضرایب تغییرمکان ۱۰۴

جدول (۶-۱۲)- نتایج تحلیل استاتیکی غیرخطی پل با استفاده از روش طیف ظرفیت ۱۰۴

جدول (۶-۱۳)- مقایسه نتایج تحلیل به روش تاریخچه زمانی غیرخطی و استاتیکی غیرخطی ۱۰۵

فصل اول

مقدمه

۱-۱- اهمیت بررسی آسیب‌پذیری پل‌های موجود

زلزله پدیده‌ای ویرانگر است که هر ساله جان هزاران نفر را در جهان می‌گیرد و خسارات مالی فراوانی را به بار می‌آورد. در سالیان گذشته این سانحه طبیعی در کشور ما نیز بارها جان هموطنان را گرفته و ویرانی‌های زیادی را موجب شده است که زلزله‌های رودبار و منجیل (۱۳۶۹)، خراسان (۱۳۷۵)، نائین (۱۳۷۶) و بم (۱۳۸۲) از جمله آنهاست. بنابراین بررسی عملکرد لرزه‌ای شریان‌های حیاتی که شامل راه‌ها و ابنیه فنی آن‌ها، خطوط و تاسیسات انتقال آب و... می‌باشند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، چرا که علاوه بر خسارات ناشی از آسیب‌دیدگی این دسته از سازه‌ها، خسارات غیرمستقیم مالی و جانی که بر اثر مختل شدن عملکرد این شریان‌ها وارد خواهد شد به مراتب بزرگ‌تر و وسیع‌تر خواهد بود.

پل‌ها مهمترین و بحرانی‌ترین اجزای یک بزرگراه هستند که تحت تاثیر زلزله قرار می‌گیرند. آسیب دیدن یک پل تحت زلزله، باعث مختل شدن ترافیک عبوری از بزرگراه می‌شود. بسته شدن یک پل در اثر زلزله باعث صدمات اقتصادی زیادی در آن ناحیه شده و همچنین عملیات امداد و نجات پس از زلزله را با مشکل مواجه می‌کند. زلزله‌های اخیر به ویژه لوماپریتا[1] (۱۹۸۹) و نورث‌ریج[2] (۱۹۹۴) در کالیفرنیا و زلزله کوبه[3] (۱۹۹۵) در ژاپن باعث تخریب و نابودی پل‌های زیادی شدند. این اتفاق بحث‌هایی را درباره فلسفه طرح لرزه‌ای پل‌ها و چگونگی ارزیابی و بهسازی آن‌ها بوجود آورد.

با توجه به اینکه در طراحی تعداد زیادی از پل‌های موجود اثرات تخریبی زمین‌لرزه در نظر گرفته نشده است و یا اینکه دانش طراحی لرزه‌ای در زمان ساخت این پل‌ها ناکافی بوده است، بروز

1 - Loma Prieta 2- Northridge 3- Kobe

خسارات وسیع در پل‌های موجود بر اثر وقوع یک زلزله نسبتاً شدید، دور از انتظار نخواهد بود. با توجه به مطالب فوق، بهسازی لرزه‌ای پل‌های موجود را می‌توان از جمله اقدامات بسیار موثر در کاهش هزینه‌ها و تلفات ناشی از زلزله در نظر گرفت. هدف طراحی لرزه‌ای، طراحی سازه‌ای است که بتواند یک سطح زلزله مورد نظر را بدون آسیب قابل ملاحظه‌ای پشت‌سر گذارد. هدف طرح لرزه‌ای آیین‌نامه‌های موجود، تامین سطح ایمنی جانی ساکنین سازه در هنگام بروز زلزله می‌باشد و این آیین‌نامه‌ها فاقد مکانیزم لازم جهت کنترل سازه‌ها در سطوح عملکرد متفاوت می‌باشند.

۱-۲- هدف از انجام تحقیق

طراحی بر اساس عملکرد در سال‌های اخیر با استقبال زیادی روبرو شده است و انتظار می‌رود که در آینده‌ای نزدیک جزئی از آیین‌نامه‌های طراحی قرار گیرد. تعیین سطح عملکرد سازه‌ها بدون استفاده از روش‌های غیرخطی، کاری غیرعملی می‌باشد و از آنجایی که روش تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی روشی پیچیده و وقت‌گیر است، روش استاتیکی غیرخطی به عنوان جایگزینی مناسب مورد استفاده قرار گرفته است. روشهای مختلفی برای انجام تحلیل استاتیکی غیرخطی ارائه شده است که همه این روش‌ها اساساً برای تعیین سطح عملکرد ساختمان‌ها ارائه شده‌اند، اگر چه مهندسین و محققین پل‌سازی مفاهیم و روش‌های مشابهی را در تعیین سطح عملکرد پل‌ها ارائه کرده‌اند[۱].

هدف اصلی این تحقیق ارزیابی قابلیت کاربرد روش‌های ضرایب تغییرمکان و طیف ظرفیت در تحلیل استاتیکی غیرخطی پل‌ها می‌باشد. با توجه به طبیعت پل‌ها که بر خلاف ساختمان‌ها بصورت افقی گسترش پیدا کرده‌اند، سعی شده ملاحظات خاصی در مورد کاربرد روش‌های مختلف تحلیل استاتیکی غیرخطی در مورد پل‌ها اعمال شوند که عبارتند از:

۱- تعریف نقطه‌کنترل

۲- الگوی بار جانبی

۳- تغییرمکان مورد تقاضا (تغییرمکان هدف)

۱-۳- روش انجام تحقیق

تحلیل استاتیکی غیرخطی، یک ابزار قدرتمند برای بررسی عملکرد سازه‌های در معرض زلزله می‌باشد. این روش نه تنها در مورد پل‌های ساخته شده کاربرد دارد، بلکه می‌توان از آن برای کنترل طراحی پل‌های جدید نیز استفاده کرد. با استفاده از این روش، پاسخ غیرخطی سازه در سطوح مختلف زلزله با تشکیل مفاصل خمیری در اعضای مختلف سازه نمایان می‌شود.

در این تحقیق پل کلدان در محور جیرفت - دلفارد در استان کرمان، مورد ارزیابی لرزه‌ای قرار گرفته است. برای انجام تحلیل استاتیکی غیرخطی از دو روش ضرایب تغییرمکان و روش طیف ظرفیت همراه با سه الگوی بار جانبی استفاده شده است. همچنین برای بررسی صحت نتایج، تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی با انتخاب سه شتاب‌نگاشت بر روی پل انجام شده است. در پایان مقایسه‌ای بین نتایج حاصل از روش‌های مذکور بین پارامترهای برش‌پایه، تغییرمکان و چرخش مفاصل پلاستیک صورت گرفته است.

۱-٤- نحوه فصل بندی و ارائه مطالب

تحقیق حاضر از هفت فصل تشکیل شده است. در فصل اول اهمیت بررسی آسیب‌پذیری پل‌ها و نحوه انجام تحقیق شرح داده شده است. در فصل دوم اصول و مبانی تئوری تحلیل استاتیکی غیرخطی و در فصل سوم تحقیقات انجام شده مرور شده است. در فصل چهارم به برخی از

روشهای انجام تحلیل استاتیکی غیرخطی و تعاریف سطوح عملکرد پرداخته شده است. در فصل پنجم پل مورد مطالعه معرفی شده و برخی از ملاحظات خاص لرزه‌ای بررسی شده‌اند. در فصل ششم نتایج تحلیل ارائه و در فصل هفتم به نتیجه‌گیری از تحقیق پرداخته شده است.