وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه تفرش

دانشکده مهندسی عمران- سازه

بهسازی لرزه ای پل های با پایه های بتنی وزنی با بکارگیری فناوری پس تنیدگی

پایان نامه کارشناسی ارشد

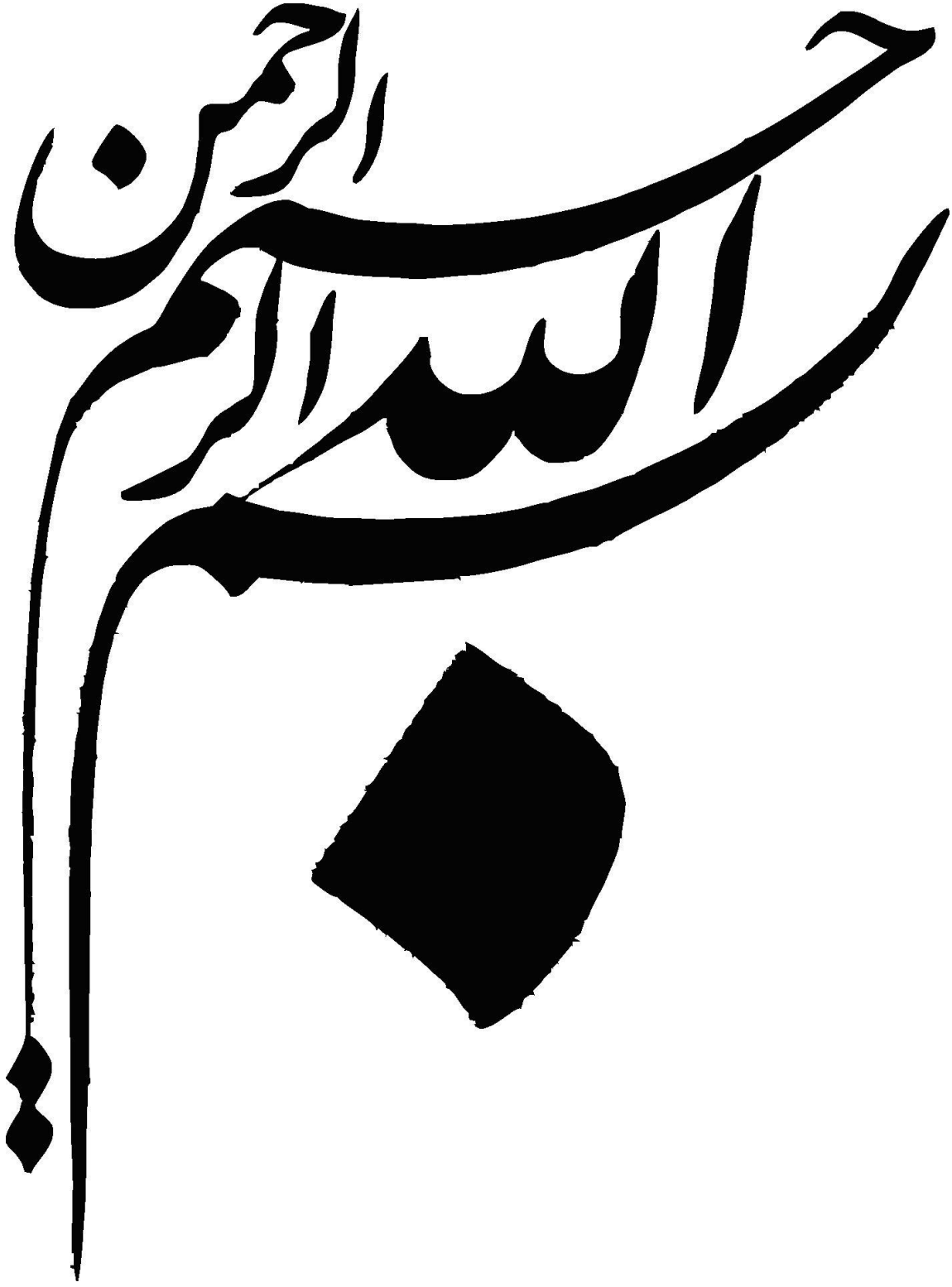
در رشته مهندسی عمران گرایش سازه

رضا باغبانی جم

استاد راهنما :

دکتر افشین مصلحی تبار

۱۳۸۹


بسم الله الرحمن الرحیم

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه تفرش

دانشکده مهندسی عمران- سازه

بهسازی لرزه ای پل های با پایه های بتنی وزنی با بکارگیری فناوری پس تنیدگی

پایان نامه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران گرایش سازه

رضا باغبانی جم

استاد راهنما :

دکتر افشین مصلحی تبار

۱۳۸۹

چکیده

بکارگیری پایه های حجیم وکم فولاد پیشنهادی آیین نامه های راه آهن در دهه های ۵۰ و ۶۰ در ایران امری متداول بوده است، با توجه به عدم وجود مطالعات لرزه شناسی و فولادگذاری نامناسب، این پایه ها مقاومت قابل قبولی به نسبت حجم و توان باربری ثقلی خود در برابر بارهای جانبی نداشته اند. در این پایه ها بدلیل عدم بکارگیری میلگرد و استفاده از پروفیل های فولادی برای فولادگذاری شاهد عملکردی متفاوت از عملکرد مورد انتظار از بتن مسلح در این پایه ها هستیم. این پایه ها بدلیل فولادگذاری ناکافی و نیز فاصله زیاد بین پروفیل و سطح خارجی بتن موسوم به کاور به شدت در خطر شکست خمشی ترد هستند؛ همچنین نبود میلگرد های برشی موسوم به خاموت نیز احتمال شکست برشی این پایه ها را فزونی می بخشد، هرچند ممکن است به دلیل حجم عظیم پایه و عملکردی شبیه دیوارهای برشی در آن خطر شکست خمشی بیشتر است. نظر به اهمیت شریانهای ارتباطی در زمانهای بحران، بهسازی لرزه ای پایه های فوق امری مهم تلقی می شود. در این پایان نامه کوشیده ایم روشی جدید با اقتباس از فلسفه طراحی بر پایه اجتناب از خرابی برای بهسازی این پایه ها ارائه کرده و عملکرد این پایه ها را در جهت ضعیف قبل و پس از بهسازی با این روش با هم مقایسه کنیم. در روش پیشنهادی از کابلهای پیش تنیده جهت دوختن پایه در ارتفاع و نیز اعمال تنش خودمختاری به پایه استفاده کرده ایم. این روش با اعمال میزان قابل قبولی تنش فشاری اولیه در پایه و نیز به کارگیری کابل در حین اعمال بار جانبی، مانع از ایجاد ترک در ناحیه کششی و نیز عملکرد مناسب تر پایه پس از آغاز ترک کششی در بتن می گردد. مطالعات ما بر روی مدل اجزا محدود سه بعدی پایه، حاکی از بهبود قابل قبول باربری جانبی پایه و نیز تغییر رفتار ترد پایه به رفتار شکل پذیر است. در این پایان نامه به بررسی نحوه عملکرد و میزان بهبود حاصل از تکنیک بهسازی پیشنهادی بر روی مدل های سه بعدی اجزا محدود از پایه خواهیم پرداخت.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول : مقدمه و بررسی منابع

۱-۱ مقدمه ۱
۱-۲ روند تکاملی آیین نامه های طراحی لرزه ای ۳
۱-۳ مفهوم بهسازی لرزه ای ۵
۱-۴ طرح بهسازی ۶
۱-۵ مروری بر بهسازی لرزه ای در پلها ۷
۱-۵-۱ انواع خرابی پلها ۷
۱-۵-۱-۱ خرابی عمده پلها هنگام زلزله ۸
۱-۵-۱-۲ خرابی پلهای طرح شده با روش طرح الاستیک ۹
۱-۵-۱-۳ خرابی پلها ناشی از گسیختگی پایه ها ۱۰
۱-۵-۱-۳-۱ گسیختگی خمشی و عدم شکل پذیری خمشی ۱۰
۱-۵-۱-۳-۲ گسیختگی برشی ۱۱
۱-۵-۲ روشهای مقاوم سازی و بهسازی لرزه ای معمول در پایه پل ها ۱۲
۱-۵-۲-۱ مقاوم سازی پایه ها با غلاف فولادی ۱۲
۱-۵-۲-۲ مقاوم سازی پایه ها با غلاف بتنی ۱۴
۱-۵-۳ شیوه های نوین مقاوم سازی پل ها ۱۵
۱-۵-۳-۱ جداگرها ۱۵
۱-۵-۳-۲ میراگرها ۱۶
۱-۵-۳-۳ بهسازی لرزه ای با استفاده از فوم پلی استایرن (EPS) ۱۷
۱-۵-۳-۴ مقاوم سازی با FRP ۱۸
۱-۶ فلسفه طراحی ۲۰
۱-۶-۱ سازه های گهواره ای ۲۰
۱-۶-۲ سازه های گهواره ای و کابلهای پیش تنیده بدون قید ۲۳
۱-۶-۳ طراحی بر پایه فلسفه اجتناب از خسارت (DAD) ۲۴
۱-۷ مروری بر تنیدگی در بتن ۲۷
۱-۷-۱ افت ها در نیروهای پیش تنیدگی ۲۹
۱-۸ نمونه ای از طرح های مشابه ۳۰
۱-۸-۱ بهسازی لرزه ای دیوارهای بنایی غیرمسلح به کمک کابل ۳۰
۱-۸-۲ بررسی رفتار قاب های فولادی با مهاربند طراحی شده با فلسفه اجتناب از خرابی ۳۲

۱-۸-۳ بررسی عملکرد پایه های شکل پذیر و پایه های گهواره ای پلها
تحت بار لرزه ای در راستای هر دو محور ۳۴
۱-۸-۴ تاثیر غلاف گذاری فولادی بر ستونهای بتنی پل ۳۶
فصل دوم : روش تحقیق
۲-۱ طرح مسئله ۳۸
۲-۲ روش بهسازی پیشنهادی ۳۹
۲-۳ نحوه ارزیابی عملکرد نمونه ها ۴۱
۲-۳-۱ آنالیز استاتیکی غیرخطی ۴۱
۲-۳-۱-۱ خلاصه‌ی روند تحلیل استاتیکی غیرخطی ۴۲
۲-۳-۲ ضریب کاهش نیرو و ضریب شکل پذیری ۴۳
۲-۳-۳ محاسبه تغییرمکان هدف ۴۴
۲-۳-۳-۱ مدل ساده شده نیرو- تغییر مکان سازه (مدل دو خطی) ۴۴
۲-۳-۳-۲ زمان تناوب اصلی موثر (T_e) ۴۵
۲-۳-۳-۳ تغییر مکان هدف ۴۵
۲-۳-۴ متغیرهای مورد مطالعه ۴۷
۲-۴ نرم افزار اجزا محدود مورد استفاده ۴۸
فصل سوم : مدلسازی
۳-۱ هندسه مدل ۵۰
۳-۲ خواص و مشخصات مصالح ۵۴
۳-۳ مونتاژ قطعات ۵۵
۳-۴ مراحل تحلیل ۵۶
۳-۵ تماس ها و اتصالات ۵۷
۳-۶ اعمال شرایط مرزی و بارگذاری ۵۸
۳-۷ مش بندی مدل ۶۰
۳-۸ المان ها ۶۱
۳-۸-۱ المان خرپا (Truss) ۶۱
۳-۸-۲ المان تیر (Beam) ۶۲
۳-۸-۳ المان سه بعدی با کاربرد عمومی ۶۳
۳-۸-۴ اتصالات عرضی به کمک المان اتصالگر (Connector) ۶۴
فصل چهارم : نتایج
۴-۱ مقدمه ۶۵
۴-۲ نتایج مدل قبل از بهسازی ۶۶
۴-۳ نتایج مدل بهینه یابی میزان تنیدگی ۶۷

۴-۴ سنجش میزان بهبود عملکرد در مدل بهینه یابی تنیدگی **۷۵**
۴-۵ کانترهای تنش مدلهای بهینه یابی میزان تنیدگی **۷۷**
۴-۶ نتایج مدل بهینه یابی جانمایی **۹۹**
۴-۷ سنجش میزان بهبود عملکرد در مدل بهینه یابی جانمایی **۱۰۶**
۴-۸ سنجش عملکرد مدل بهسازی شده تحت بارهای دوره ای **۱۰۷**
فصل پنجم : جمع بندی و پیشنهادها
۵-۱ مقدمه **۱۰۹**
۵-۲ جمع بندی **۱۱۰**
۵-۳ پیشنهادها **۱۱۱**

فهرست منابع

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

فصل اول : مقدمه و بررسی منابع

شکل ۱-۱ شکست خمشی پایه های پل هانشین در زلزله ۱۹۹۵ کوبه **۱۰**

شکل ۱-۲ شکست برشی پایه پل فوآکی و نمونه ای از ایجاد ترک مورب در بتن **۱۱**

شکل ۱-۳ نمایی از یک پایه قبل در حین و پس از غلاف گذاری **۱۳**

شکل ۱-۴ نمایی از پایه هایی محصور با غلاف بتنی **۱۴**

شکل ۱-۵ نمودار هیسترزیس ستون دایروی قبل و بعد از بهسازی با FRP **۱۹**

شکل ۱-۶ نحوه تاب خوردن پایه **۲۰**

شکل ۱-۷ شمایی از تاب خوردن بلوک صلب **۲۱**

شکل ۱-۸ مدل تجربی دیوار بهسازی شده **۳۰**

شکل ۱-۹ نمودار هیسترزیس و بار ـ جابجایی مدل تجربی **۳۱**

شکل ۱-۱۰ نمودار بار ـ جابجایی مدل اجزا محدود **۳۱**

شکل ۱-۱۱ نمونه ساخته شده از قاب فولادی گهواره ای **۳۳**

شکل ۱-۱۲ میزان بالا آمدگی پای پایه **۳۳**

شکل ۱-۱۳ نمونه های ساخته شده **۳۴**

شکل ۱-۱۴ نمونه ساخته شده DAD (راست) و نمونه منطبق بر آئین نامه نیوزلند (چپ)

از بالا به پایین تحت دریفتهای ۱ و ۱/۵ و ۲ درصد **۳۵**

شکل ۱-۱۵ مدل پل درای وش **۳۶**

شکل ۱-۱۶ نتایج پوش آور پل درای وش **۳۷**

فصل دوم : روش تحقیق

شکل ۲-۱ نماهایی از پایه مورد مطالعه **۴۰**

شکل ۲-۲ ضرائب مورد نیاز برای محاسبه R **۴۳**

شکل ۲-۳ معادل سازی رفتار غیر خطی سازه با یک مدل دو خطی ساده **۴۴**

فصل سوم : مدلسازی

شکل ۳-۱ نمایی از پایه های پل مورد مطالعه **۵۱**

شکل ۳-۲ صفحه اتصال مدل شده **۵۲**

شکل ۳-۳ پروفیل INP 300 ..... **۵۲**

شکل ۳-۴ کابل A1 ..... **۵۳**

شکل ۳-۵ نمودار تنش کرنش کابل (راست) و نمودار تنش کرنش بتن (چپ) **۵۴**
شکل ۳-۶ نمای روبرو از قطعات پس از مونتاژ **۵۵**
شکل ۳-۷ اجزای با عملکرد یکپارچه در مدل **۵۷**
شکل ۳-۸ میلگرد های متصل کننده عرضی صفحات **۵۷**
شکل ۳-۹ بارگذاری اعمال شده و تکیه گاههای مدل **۵۸**
شکل ۳-۱۰ بارهای بهره برداری **۵۹**
شکل ۳-۱۱ مش بندی مدل در آغاز (راست) و مش بندی دوباره مدل در حین تحلیل (چپ) ... **۶۰**
شکل ۳-۱۲ شمای کلی از پر کاربرد ترین المانها **۶۱**
شکل ۳-۱۳ شمای کلی مقطع Truss **۶۱**
شکل ۳-۱۴ شمای کلی مقطع جدار نازک دلخواه تیر (Beam) **۶۲**
شکل ۳-۱۵ شمای پروفیل I شکل با مقطع Beam **۶۲**
شکل ۳-۱۶ نمونه هایی از المانهای چند گرهی سه بعدی **۶۳**
شکل ۳-۱۷ المان سه بعدی بکار رفته برای مدل پایه **۶۴**
شکل ۳-۱۸ شمای اتصالگرمحوری **۶۴**

فصل چهارم : نتایج

شکل ۴-۱ نمودار بار ـ جابجایی حالت قبل از بهسازی **۶۶**
شکل ۴-۲ نمودار بار ـ جابجایی برای تنیدگی ۱۰ تن به ازای هر کابل **۶۷**
شکل ۴-۳ نمودار بار ـ جابجایی برای تنیدگی ۷۰ تن به ازای هر کابل **۶۸**
شکل ۴-۴ نمودار بار ـ جابجایی برای تنیدگی ۱۱۰ تن به ازای هر کابل **۶۹**
شکل ۴-۵ نمودار بار ـ جابجایی برای تنیدگی ۱۶۰ تن به ازای هر کابل **۷۰**
شکل ۴-۶ نمودار بار ـ جابجایی برای تنیدگی ۲۰۰ تن به ازای هر کابل **۷۱**
شکل ۴-۷ نمودار بار ـ جابجایی برای تنیدگی ۲۵۰ تن به ازای هر کابل **۷۲**
شکل ۴-۸ نمودار بار ـ جابجایی برای تنیدگی ۳۰۰ تن به ازای هر کابل **۷۳**
شکل ۴-۹ مقایسه نمودارهای بار - جابجایی در مدل بهینه یابی میزان تنیدگی **۷۴**
شکل ۴-۱۰ مقایسه مقادیر فاکتور کاهش نیرو در مدل بهینه یابی میزان تنیدگی **۷۶**
شکل ۴-۱۱ مقایسه مقادیر ضریب شکل پذیری در مدل بهینه یابی میزان تنیدگی **۷۷**
شکل ۴-۱۲ کانترهای تنش فشاری قبل از اعمال تغییرمکان تحمیلی **۷۸-۸۰**
شکل ۴-۱۳ کانترهای تنش فشاری پس از تحمیل تغییر مکان ۱ سانتی متری **۸۱-۸۳**
شکل ۴-۱۴ کانترهای تنش فشاری در زمان ناپایدار شدن مدل قبل از بهسازی **۸۴-۸۶**
شکل ۴-۱۵ کانترهای تنش فشاری در زمان ناپایدار شدن اولین مدل بهسازی شده **۸۷-۸۹**
شکل ۴-۱۶ کانترهای تنش کششی پس از تحمیل تغییر مکان ۱ سانتی متری **۹۰-۹۲**
شکل ۴-۱۷ کانترهای تنش کششی در زمان ناپایدار شدن مدل قبل از بهسازی **۹۳-۹۵**
شکل ۴-۱۸ کانترهای تنش کششی در زمان ناپایدار شدن اولین مدل بهسازی شده **۹۶-۹۸**

شکل ۴-۱۹ تغییر جانمایی کابلها با دو پارامتر a و b **۹۹**
شکل ۴-۲۰ نمودار بار ـ جابجایی برای جانمایی ۴۵۰ و ۷۵۰ ..... **۱۰۰**
شکل ۴-۲۱ نمودار بار ـ جابجایی برای جانمایی ۹۰۰ و ۹۰۰ ..... **۱۰۱**
شکل ۴-۲۲ نمودار بار ـ جابجایی برای جانمایی ۷۰۰ و ۷۰۰ ..... **۱۰۲**
شکل ۴-۲۳ نمودار بار ـ جابجایی برای جانمایی ۴۵۰ و ۶۵۰ ..... **۱۰۳**
شکل ۴-۲۴ نمودار بار ـ جابجایی برای جانمایی ۶۵۰ و ۹۵۰ ..... **۱۰۴**
شکل ۴-۲۵ مقایسه نمودارهای بار - جابجایی در مدل بهینه یابی جانمایی **۱۰۵**
شکل ۴-۲۶ مقایسه مقادیر ضریب کاهش نیرو **۱۰۶**
شکل ۴-۲۷ نمودار بار دوره ای برای پس تنیدگی ۱۶۰ تن برای هر کابل
با بازه ۱ سانتی متری رفت و برگشتی **۱۰۷**
شکل ۴-۲۸ نمودار بار دوره ای برای پس تنیدگی ۲۰۰ تن برای هر کابل
با بازه ۱ سانتی متری رفت و برگشتی **۱۰۸**

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

فصل اول : مقدمه و بررسی منابع

جدول ۱-۱ مقایسه حد خرابی در مدل تجربی و اجزا محدود **۳۲**

جدول ۱-۲ مقایسه حد آغاز ترک در مدل تجربی و اجزا محدود **۳۲**

فصل سوم : مدلسازی

جدول ۳-۱ مشخصات بتن **۵۴**

جدول ۳-۲ بارگذاری روسازه **۵۹**

فصل چهارم : نتایج

جدول ۴-۱ نتایج حاصل از تحلیل پوش آور برای حالت قبل از بهسازی **۶۶**

جدول ۴-۲ نتایج حاصل از تحلیل پوش آور برای تنیدگی هر کابل ۱۰ تن **۶۷**

جدول ۴-۳ نتایج حاصل از تحلیل پوش آور برای تنیدگی هر کابل ۷۰ تن **۶۸**

جدول ۴-۴ نتایج حاصل از تحلیل پوش آور برای تنیدگی هر کابل ۱۱۰ تن **۶۹**

جدول ۴-۵ نتایج حاصل از تحلیل پوش آور برای تنیدگی هر کابل ۱۶۰ تن **۷۰**

جدول ۴-۶ نتایج حاصل از تحلیل پوش آور برای تنیدگی هر کابل ۲۰۰ تن **۷۱**

جدول ۴-۷ نتایج حاصل از تحلیل پوش آور برای تنیدگی هر کابل ۲۵۰ تن **۷۲**

جدول ۴-۸ نتایج حاصل از تحلیل پوش آور برای تنیدگی هر کابل ۳۰۰ تن **۷۳**

جدول ۴-۹ مقایسه نتایج تحلیل استاتیکی غیرخطی در مدل بهینه یابی میزان تنیدگی **۷۴**

جدول ۴-۱۰ مقایسه ضریب شکل پذیری و فاکتور کاهش نیرو در مدل بهینه یابی میزان تنیدگی **۷۶**

جدول ۴-۱۱ نتایج حاصل از تحلیل پوش آور برای جانمایی ۴۵۰ و ۷۵۰ ..... **۱۰۰**

جدول ۴-۱۲ نتایج حاصل از تحلیل پوش آور برای جانمایی ۹۰۰ و ۹۰۰ ..... **۱۰۱**

جدول ۴-۱۳ نتایج حاصل از تحلیل پوش آور برای جانمایی ۷۰۰ و ۷۰۰ ..... **۱۰۲**

جدول ۴-۱۴ نتایج حاصل از تحلیل پوش آور برای جانمایی ۴۵۰ و ۶۵۰ ..... **۱۰۳**

جدول ۴-۱۵ نتایج حاصل از تحلیل پوش آور برای جانمایی ۶۵۰ و ۹۰۰ ..... **۱۰۴**

جدول ۴-۱۶ مقایسه نتایج حاصل از تحلیل پوش آور **۱۰۵**

فصل اول

مقدمه و بررسی منابع

۱-۱- مقدمه

بهسازی لرزه ای در علم نوین مهندسی عمران به معنای بهبود عملکرد و رفتار سازه در برابر بارهای لرزه ای محتمل می باشد که الزاما به معنای افزایش مقاومت سازه و هم معنی با مقاوم سازی نیست. قبل از اینکه به بحث مشروح و مفصل در مورد بهسازی لرزه ای پایه های کم فولاد بتنی پل ها بپردازیم ابتدا مختصری در مورد پل ، لزوم بهسازی و دلایل آن می پردازیم.

پل ساختمانی است که امکان عبور از روی دره ، رودخانه ، راه و ... را فراهم می آورد ، پل ها را می توان بر حسب طرزکار (طرز استفاده) ، شکل هندسی و یا سیستم باربری به انواع گوناگون تقسیم کرد ، طراح نیز بسته به شکل هندسی ، نوع استفاده و مصالح مورد نظر نوع پل مورد نیاز را انتخاب خواهد کرد. پلسازی تاریخچه ای به قدمت راهسازی دارد. در طراحی پل از زمانهای دور تاکنون از مصالح گوناگونی نظیر چوب ، طناب (و امروزه کابل) ، فولاد ، بتن و مصالح بنایی (سنگ و آجر) استفاده می شده است.

امروزه در اکثر پلهای در حال بهره برداری شاهد حضور بتن هستیم ، ماده ای با مقاومت فشاری بالا و بسیار پرکاربرد سادگی تهیه وساخت بتن و در دسترس بودن مصالح اولیه آن ، مقاومت بالای بتن در برابر آب بر خلاف چوب و فلز و نیز سهولت شکل دادن به بتن استفاده از این مصالح ساختمانی را در پل ها و به خصوص در پایه های پل ها به شدت افزایش داده است. امروزه معمول است بتن به همراه میلگردهای درون آن که سبب جبران ضعف هایی نظیر کم بودن مقاومت کششی (میلگردهای طولی) و مقاومت برشی گاها نا کافی آن (خاموت ها) به کار برود و بتن مسلح نامیده شود. هرچند در دهه های اخیر استفاده از پروفیل فولادی به جای میلگردهای طولی در بتن نیز معمول بوده و امروزه به دلایل مشکلات عدیده

روشی منسوخ به شمار می رود. نگاهی اجمالی به پل ها در کشور ما و مخصوصا پل های راه آهن بدلیل زمان ساخت راه آهن سراسری ایران نشانگر استفاده بسیار زیاد و تیپ وار از پل های با پایه های بتنی کم فولاد مسلح شده با پروفیلهای فولادی است. این پل ها به طور گسترده ای در سراسر خطوط ریلی کشور پراکنده اند و بدلیل عدم تکامل علم زلزله شناسی و نبود آئین نامه های مربوط به بحث زلزله در زمان ساخت آنها صرفا برای تحمل بارهای ثقلی طراحی شده و پتانسیل بالای آسیب پذیری را در خطوط ریلی کشور پس از زلزله های محتمل پدید می آورند. مقوله بهسازی لرزه ای این پل ها به دلیل نقش مهم و استراتژیک این سازه ها در ایجاد ارتباط و نیز امداد رسانی پس از زلزله از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

ایران یکی از مناطق لرزه خیز جهان به شمار می رود که هر چند وقت یک بار شاهد وقوع زمین لرزه هایی به بزرگی بیش از ۵ درجه در مقیاس ریشتر میباشد. باوجود اینکه از وقوع زمین لرزه های گذشته گزارش کاملی در دست نیست ولی مراجعه به اسناد و مدارک موجود آمار وحشتناکی از تلفات جانی و مالی ارائه میدهند. در زمین لرزه شمال بجنورد درسال ۱۳۰۲ که به بزرگی ۷/۳ ریشتر بود، ۳۲۰۰۰ نفر از هموطنانمان در زیر آوار جان خود را از دست دادند. همچنین زمین لرزه ۱۳۴۲ بوئین زهرا با بزرگی ۷/۲ ریشتر ۱۲۲۰۰ نفر کشته بر جای گذاشت و زمین لرزه ۱۳۴۷ دشت بیاض با ۷/۴ ریشتر موجب نابودی قسمت اعظم دشت بیاض گردید .

زمین لرزه سال ۱۳۵۷ طبس با بزرگی ۷/۳ ریشتر ، ۱۸۰۰۰ نفر را به کام مرگ کشید ، اما مهیب ترین آنها زمین لرزه سال ۱۳۶۹ منجیل - رودبار بود که با بیش از ۳۵۰۰۰ کشته موجب به وجود آمدن خسارات جانی و مالی جبران ناپذیری بر پیکر کشور شد. [۱] در تمامی این رخداد ها شاهد ایجاد مشکل در خطوط ارتباطی و راههای مواصلاتی اعم از راههای شوسه یا آسفالت و خطوط ریلی و حتی فرودگاه ها بوده ایم که سبب کند شدن کمک رسانی شده است. این آمار نشان دهنده اهمیت بررسی توانایی سرویس دهی راههای مواصلاتی در حین و پس از زلزله می باشد . با توجه به این که برخی از پل ها از کمند زلزله های خفیف تر نیز نرهیده اند و زمین لرزه های با بزرگی حدود ۵ ریشتر نیز باعث ویرانی پل ها در مسیرهای منتهی به مناطق روستایی گردیده است . مثلا زلزله سال ۱۳۰۲ کج درخت با بزرگی ۵/۸ ریشتر موجب مرگ ۷۸۰ نفر گردیده است ، یا زمین لرزه گیسک کرمان در سال ۱۳۵۶ با بزرگی ۵/۷ چند روستا را نابود کرده و چند پل ارتباطی را تخریب کرده است و موجب مرگ ۶۶۵ نفر گردید. [۲] و بزرگترین زلزله سال های اخیر نیز مربوط به زلزله سال ۱۳۸۲ بم می شود که موجب از دست رفتن جان بیش از ۳۰۰۰۰ تن از هموطنان گردید .

با توجه به موارد مذکور ، ارائه راهکارهای عملی و ساده برای بهسازی پل های موجود در راههای ارتباطی ، باعث تسریع عملیات امداد و نجات پس از وقوع زلزله های محتمل و نیز سبب کاهش تلفات مالی ناشی از زلزله خواهد شد.

در این پایان نامه به بررسی نقاط ضعف و علل آسیب پذیری پل های با پایه های بتنی کم فولاد با تمرکز بر روی پایه های آنها پرداخته و روشهایی برای بررسی و تحلیل عملکرد آنها قبل و بعد از فرآیند بهسازی ارائه خواهد شد و روش پس تنیدگی خارجی پایه های بتنی وزنی توسط کابل که اقتباسی از فلسفه طراحی اجتناب از خرابی است، به عنوان روشی موثر و کم خرج برای بهبود عملکرد لرزه ای این پل ها معرفی و تشریح خواهد شد.

۱-۲- روند تکاملی آیین نامه های طراحی لرزه ای

آیین نامه های ساختمانی به اشکال مختـلف از هزاران سـال پیش وجود داشته اند . حمورابی ، پادشاه بابل در قرن ۱۸ قبل از میلاد ، اولین مقررات ساختمانی شناخته شده را وضع کرد . آیین نامه حمورابی در حقیقت مجموعه ای از قوانین جزایی بود و نه قوانین طراحی ساختمان. این آیین نامه هیچ دستور کاری برای نحوه ساخت بنا نداشت ، ولی در صورت وقوع حادثه ، برای سازنده مجازت سختی در برداشت. مثلاً اگر ساختمانی فرو می ریخت و موجب مرگ صاحبخانه می شد ، برای سازنده مجازات مرگ در نظر گرفته شده بود. سابقه آیـن نامه های طراحی لرزه ای ساختمان ها چندان طولانی نیست. چون فقط در دهه های اخیر در مورد ماهیـت نیروهای زلزله و اثر آن روی سـازه ها آگاهی های دقیقی کسب شده است. [۳]

در بیشتر آیین نامه های طراحی لرزه ای سازه ها ، لازم است که ساختمان ها برای مقابله با یک نیروی استاتیکی جانبی که مقدار آن به مشخصه های سازه در برابر زلزله خیزی منطقه بستگی دارد ، طراحی شوند . البته در نظر گرفتن نیروهای استاتیکی درمراحل طراحی به مراتب ساده تر از نیروهای دینامیکی است.

در بسیاری از آیین نامه ها ، نیروهای قائم زلزله مورد توجه قرار نمی گیرند ، چون ضوابط مربوط به نحوه در نظر گرفتن بارهای گرانشی همراه با ضرایب ایمنی متداول ، برای مقابله با اثرات مولفه قائم زلزله کافی هستند . اما مسئله نیروهای جانبی کاملاً متفاوت است . چرا که در شرایط معمولی شتاب وارد در جهت افقی برابر صفر است . در حالی که مقدار شتاب قائم وارد برابر با شتاب ثقلی است.

از نخستین آیین نامه هایی که برای طراحی مقاوم ساختمان در برابر زلزله ارائه شده اند ، یکی آیین نامه ایتالیاست که پس از زلزله مسینا - رجیو در سال ۱۹۰۸ تدوین شد. بعد ازمطالعه و بررسی قاب های چوبی ساختمان هایی که در این زلزله با خرابی های جزئی یا کلی رو به رو شدند ، کمیسیونی در سال ۱۹۰۹ مقرر کرد که ساختمان ها باید قادر به تحمیل نیروی جانبی برابر با ۱/۱۲ وزن خود باشند. سه سال بعد ، این دستورالعمل به این گونه اصلاح شد که طبقه همکف ساختمان باید قادر به تحم ل نیرویی جانبی برابر بات ۱/۱۲ وزن بالای خود و طبقات دوم و سوم باید قادر به تحمل نیرویی جانبی برابر با ۱/۸ وزن بالای خود باشند . همچنین ساختمان ها محدود به حداکث ـر سه طبقه شدند . این قانون براساس رابطه نیرو برابر حاصل ضرب جرم در شتاب ، پایه گذاری شده بود و برای تیپ های مختلف ساخت ، یکسان اجرای می شد ضابطه استف ـاده از شتاب بزرگ تـراز طراحـی در طبقات بالا ، با رفتار دینامیکـی ساختمان به هنگام زلزله سـازگار اسـت. [۳]

در ژاپن بعد از زلزله ۱۹۲۳ کانتو ، که مناطق وسیعی توکیو و یوکاهاما را تخریب کرد ، ادارت شهرسازی ضریب زلزله ای برابر با ۱/۱۰ را برای ساختمـــان ها در نظر می گرفتند ، به این معـنا که همه ساختمانهایی که پس از آن زلـزلـه طراحـــی می شدند مقاومت لازم را در هر ترازی ، در برابر یک نیروی افقی به میزان ۱/۱۰ وزن سقف های بالای آن ، داشته باشند.

مقررات طراحی لرزه ای در آمریکا ، همان طور که انتظار می رفت ، عمدتاً در ایالت کالیفرنیا پیشرفت کرد . شهر سانفرانسیسکو پس از زلزله مخرب سال ۱۹۰۶ ، طبق این آیین نامه ها که نیروی بادی برابر با $30\ lb/ft^2$ را برای ایجاد مقاومت کافی سازه در برابر بارهای ناشی از زلزله و باد در نظر می گرفت ، بازسازی شد. تعدادی از مهندسین ، جرم سازه را در محاسبات خویش ملحوظ کردند ، در حالی که آیین نامه شهر سانفرانسیسکو آن را الزامی نکرده بود. [۳]

انجمن معماران کالیفرنیا ، با عهده دار شدن مسئولیت تامین ایمنی مدارس دولتی پس از زلزله مخرب لانگ بیچ در سال ۱۹۳۳ ، مقرراتی تدوین کرد که براساس آن ساختمان های مدارس دولتی باید برای تحمل یک نیروی جانبی برابر با درصد معینی از بارهای مرده و بخشی از بار زنده طراحی می شدند . این مقدار برابر با ۱۰٪ برای ساختمان های بنایی بدون قاب و بین ۲٪ تا ۵٪ برای سایر ساختمان ها بود که بستگی به ظرفیت باربری پی ساختمان داشت.

از سال ۱۹۳۰ آیین نامه UBC بیشتر از هر کد طراحی لرزه ای دیگر آمریکا ، مورد استفاده قرار گرفته است ، این آیین نامه اهدافش را به صورت زیر بیان می کند :

« هدف این آیین نامه فراهم آوردن حداقل استاندارد لازم برای حفاظت از حیات ، سلامتی ، اموال و آسایش عمومی ، از طریق تنظیم و کنترل طراحی ، اجرا ، کیفیت مصالح ، بهره برداری و اسکان ، محل یابی ، و نگهداری از تمام سازه ها و ساختمان های مربوط به قلمرو این آیین نامه و نیز تجهیزات خاصی است که در آن ذکر شده است » .

آیین نامه ساختمانی یکنواخت ، UBC ، نخستین بار در کنفرانس بین المللی مراجع ساختمانی در اکتبر ۱۹۲۷ شکل قانونی به خود گرفت و تقریباً هر سه سال تجدید نظرهایی در آن انجام پذیرفته است.

معیارهای طراحی لرزه ای برای پل ها به کمک تجارب حاصل از زلزله ها طی سال های گذشته و به مرور زمان تکمیل شده اند. در ایالات متحده تا قبل از زلزله ۱۹۷۱ سان فرناندو طراحی لرزه ای جداگانه ای برای پل ها وجود نداشت و طراحی پلها بر پایه بارهای جانبی پیشنهاد شده توسط استانداردهای ساختمانی که به طور معمول مقداری در حدود ۲ تا ۶ درصد بار مرده را به عنوان بار جانبی پیشنهاد می داد انجام می شد. پس از این زلزله تمام ایالت ها دست به انجام مطالعاتی بر روی تاثیر زلزله زدند همانگونه که وزارت فدرال راه (FHWA) نیز تغییراتی اساسی در مقررات مربوط به راه سازی را اعمال کرد. [۴]

در سال ۱۹۷۳ دپارتمان حمل و نقل کالیفرنیا (CalTrans) معیارهای جدیدی برای طراحی لرزه ای پل ها بر اساس موقعیت مکانی ، نوع پاسخ خاک به بارهای لرزه ای و مشخصات دینامیکی پل ها پیشنهاد کرد. انجمن ملی راه و حمل و نقل آمریکا (AASHTO) نیز معیارهای پیشنهادی این دپارتمان را با انکی تغییر به عنوان مقررات موقت به تصویب رساند.

شورای فناوری های کاربردی آمریکا (ATC) راهنمای (ATC-6) را در سال ۱۹۸۱ برای طراحی لرزه ای پل ها پیشنهاد کرد.[۵] در سال ۱۹۸۳ AASHTO این راهنما را به عنوان راهنمای کلی پل سازی تائید کرده و در سال ۱۹۹۱ آنرا در مشخصات استاندارد پل ها گنجاند. [۶]

پس از زلزله ۱۹۸۹ لوما پرتیا در کالیفرنیا تحقیقات وسیعی در زمینه طراحی لرزه ای و بهسازی پل ها در آمریکا صورت گرفت. [۷]

طراحی بر اساس عملکرد به عنوان روشی برای طراحی پروژه های خاص و مهم پلسازی در سال ۱۹۹۶ توسط ATC پیشنهاد شد ؛[۸] و CalTrans نیز مقررات جدید پیشنهادی خود را طبق روش طراحی بر پایه عملکرد در سال ۱۹۹۹ منتشر کرد. [۹]

۱-۳- مفهوم بهسازی لرزه ای

« مقاوم سازی » در مهندسی عمران به معنای بالا بردن مقاومت یک سازه در برابر نیروهای وارده می باشد . امروزه از این اصطـلاح بیشتر در مورد بارهای ناشی از زلزله و انفجار استفاده می شود . از دیدگاه علـمی ، مقاوم سـازی واژه ی کاملاً درسـتی برای این منظور نیسـت چرا که منظور از مقاوم سازی فقط بالا بردن مقاومت اعضای سازه در برابر نیروی وارده نیست . به همین دلیل اصـطلاح بهسـازی و در حالت خاص برای نیـروی زلزله ، « بهسازی لرزه ای » مناسب تر است .

در بحث بهسازی آنچه که باید مورد توجه قرار گیرد ، تفاوت واژه های « مقاومت » و « عملکرد » در طراحی سازه است . هفتاد سال پیش ، در دوره ای که محاسبـات مربوط به مقاومت لـرزه ای در آیین نـامـه ها الزامی شـد ، مفاهیم « مقاومت » و « عملکرد » مترادف یکدیگر بود ؛ اما در ۲۵ سال گذشته با علم بر این حقیقت که افزایش مقاومت لزوماً منجزر به افزایش ایمنی و یا کاهش خرابی نمی شود ، این طرز نگرش تغییر کرده است . توسعه اصول ظرفیت در نیوزلند در دهه ی ۱۹۷۰ بیان کنند این واقیعت بود که توزیع مقاومت در کل ساختمان مهمتر از مقدار کل برش پایه طراحی می باشد. [۱۰]

در هر مورد که عملکرد مورد نظر از سازه در برابر زلزله برآورده نگردد ، نیاز به بهسازی محرز است عملکرد مطلوب سازه های مختلف برحسب کاربری سازه متفاوت است . به عنوان مثال آن چه که از رفتار لرزه ای یک ساختمان مسکونی در برابر زلزله انتظار می رود مشابه آن چیزی نیست که از رفتار لرزه ای یک ساختمان حساس همچون بیمارستان و یا شریان های ارتباطی حیاتی و یا دیگر ساختمان های عمومی انتظار می رود. لذا در تشخیص نیاز به بهسازی یک سازه ، تشخیص و تعریف عملکرد مطلوب مورد نظر از سازه در برابر یک زلزله مشخص اهمیت بسزایی دارد.

با توجه به آنچه که گفته شد ، می توان نتیجه گرفت که هر گاه آیین نامه لرزه ای مورد استفاده در طراحی یک سازه (با توجه به مقتضـیات دانش زمان) نتواند عملکرد مطلـــوب را برای یک سازه تعریف و ضوابط خاصـی را برای رسـیدن به آن معرفـی نماید ، سازه مورد نظر به طور حتم نیاز به ارزیابی لرزه ای و به احتمال زیاد نیز به بهس ـازی خواهد داشت ؛ همچنین در مواردی که طراحی سازه مربوط به زمانی باشد که آیین نامه های لرزه ای موجود دارای کاستی های قابل توجهی بود اند ، نیاز به ارزیابی لرزه ای و احتمالاً بهسازی محرز است . در حال حاضر سیاست موجود در کشور امر ارزیابی و بسازی لرزه ای ، اولویت را به سازه های با اهمیت بالا همچون بیمارستان ها ، خطوط حمل و نقل ، مدارس و ساختمان های مهم دولتی می دهد . [۱۱]

۱-۴- طرح بهسازی

در ارائه یک طرح مناسب بهسازی ، تشخیص نقاط ضعف سازه از اهمیت بالایی برخوردار است. تشخیص نقاط ضع ـف سازه ، گاه با انجام مطالعات تحلیلی بر روی مدل سازه (ارزیـابی کـمی) و گاه با مشاه ـده (ارزیـابی کیـفی) از وضعیت ساختمان موجود امکان پذیر است . به همین جهت مراج ـع موجود در زمینه ارزیـابی و بهسـازی لـرزه ای در کنار پرداختن به اصول ارزیابی کمی به مهندسین ، جداول مختلفی را برای ارزیابی کیفی سازه ارائه داده اند . [۱۲]

تجربه ، تبحر و آگاهی مهندس محاسب از مفاهیم طراحی می تواند به وی در تشخیص سریع و موث ـق نقاط ضعف سـازه یاری دهد. بسته به نقاط ضعف هر سازه روش های مختلفی برای بهسـازی قابل استفـاده است . در انتخاب روش بهینـه از بین گزینه های ممکن توجه به مسائلی همچون ملاحظات اقتصادی ، عدم اختلال در کاربری ساختمان ، زیبایی طرح شرایـط اقلیمی و نوع لرزه خیزی منطقه ضروری است. روش های بهسازی لرزه ای پل های موجود عبارتند از : [۱۳]

- اضافه کردن سیستم های باربر جانبی
- افزایش مقاومت و یا جایگزین کردن اعضا و المانهای ضعیف سازه
- استفاده از سیستم های جدا ساز لرزه ای
- استفاده از سیستم های فعال و غیرفعال اتلاف انرژی

پس از انتخاب روش ، سازه بهسـازی شده باید مجدداً مورد ارزیابـی قرار گیرد و برآورده شدن « مقصود عملکرد » مورد نظر کنترل گردد . در صورتی که شرایط مورد نظر تأمین شده باشد طرح پیشنهادی از نظر مهندسی قابل قبول است ، در غیر این صورت باید طرح بهسازی دیگر مورد بررسی قرار گیرد.

۱-۵- مروری بر بهسازی لرزه ای در پل ها

آسیبی که زلزله به یک پل وارد می کند می تواند تبعات زیادی داشته باشد ، به وضوح قابل بیان است که خرابی یک پل می تواند اشخاصی را که در روی پل و یا در زیر آن در تردد هستند را در معرض یک خطر جدی قرار دهد و همچنین این پل در صورت تخریب بایستی پس از زلزله جایگزین شود ، مگر اینکخ مسیر دیگری به جای آن برای تردد انتخاب شود.

آسیب های گفته شده شاید چندان دردناک و دراماتیک به نظر نرسد اما آسیب وارده به یک پل چندان هم بی اهمیت نیست حتی اگر پلی استراتژیک و مهم نباشد ، خرابی پل باعث ایجاد مشکل در شریانهای حمل ونقل خواهد شد. در عملیات امداد و نجات پس از یک زلزله یک پل می تواند یک گذر حیاتی برای عملیات امداد باشد ، حتی در صورت وجود دسترسی های جایگزین تاخیر ناشی از افزوده شدن بار ترافیکی یک مسیر به مسیری دیگر باعث کندی ملیات امداد و افزایش تلفات خواهد شد.

در این بخش تلاش خواهیم کرد تا انواع آسیب هایی را که یک پل ممکن است ب آن مواجه شود و دلایل آن را معرفی و به صورت اجمالی مورد بررسی قرار دهیم. این آسیب ها الزاما تنها نوع آسیب های وارده نیستند ؛ در اکثر موارد نیز تخریب یک پل ناشی از مخلوطی از این آسیب ها می تواند باشد.

در بسیاری از پل ها چنین بحث کلی در مورد آسیب ها راه گشا نخواهد بود ، ونیاز مبرمی به تحیل دقیق و با جزئیات برای تعیین نوع شکست لازم است که بسته به متغی های متعددی است که در هر پلی متفاوت بوده ، از مکان پل و سایت پلان آن تا جزئیات ظریف در روسازی ممکن است نقش مهمی در تخریب پل داشته باشند.

۱-۵-۱- انواع خرابی پل ها

خرابی پل ها می تواند ناشی از خرابی مصالح ، خرابی هیدرولوژی ، خرابی سازه ای و یا خرابی ژئوتکنیکی باشد به عنوان نمون ـه یکی از خرابی های متداول در پـل ها خرابی ناشی از سولفـات ها در پایه های پل می باشد که جهت مقابله با آن از روشهای هیدرولیکی ، کاهش شیب رودخانه و رادیه و برید کمک گرفته می شود.

خرابی های سازه ای می تواند ناشی از طراحی و محاسبات ، عدم کیفیت مصالح مصرفی ، بارگذاری بیش از حد طراحی ، ضعف های اجرایی ، تنش های بیش از حد و جابجایی های پی ها و پایه ها باشد خرابی ژئوتکنیکی میتواند ناشی از نشست پی های سطحی و یا نشست ناشی از روانگریی باشد . [۱۴]

پلها در برابر اندرکنش خاک و سازه نیز حساس تر از ساختمان هستند ملاحظات ژوتکنیکی در طراحی پلها بسیار ضروری و مهم به نظر می رسد ، زیرا محل بنای پلها رودخانه ای که معمولاً روی آبراها و مسیل ها با خاک های با پتانسیل روانگرایی می باشد و پلهای جاده ای و ریلی گاهی خطوط گسل های فعال را قطع می کنند که این پدیده منجر به جابجایی نسبی پایه ها به میزان زیادی میگردد و نیز ارتعاش ناهمفاز پایه های پلها به ویژه در پلهای با دهانه زیاد بسیار محتمل است . [۱۵]

خرابیه ـای دیواره ها و کول ـه ها ، باز ش ـدگـی درز انبس ـاط و آب بردگـی کف پـل ها نیز از خرابیه ـای عمده در پـل ها محس ـوب می شون ـد.

مطالعات دقیق بر روی آسیب های وارده به پل ناشی از زلزله و راهکارهای پیشگیری از آن به طور جدی از دهه ۷۰ میلادی و پس از زلزله ۱۹۷۱ سان فرناندو در ایالات متحده آغاز شد.

روند این نوع مطالعـــات بر پایه بررسی انواع آسیب های ناشی از زلزله طی ســـالیان متمـادی در مناطق مختلف جهـان تحت زلـزلـه های گوناگون استوار است.

در نهایت این مطالعات منجر به طبقه بندی آسیب های وارده به یک پل ناشی از زلزله در دو دسته زیر می شود : [۶]

- آسیب های اولیه : که ناشی از تکانها و بارهای ناشی از زلزله در حین وقوع آن است و باعث ایجاد ترکها ، تغییر شکلهای ماندگار و آسیب به اجزای پل می شود.
- آسیب های ثانویه : که ناشی از تغییر الگوی بارگزاری پس از زلزله ، تغییر مسیر انتقال نیرو ، کاهش درجات نامعینی و کاهش تعداد تکیه گاهها بوده که با ایجاد بارهای خارج از توان سازه و پیش بینی نشده منجر به تخریب کلی و خارج شدن پل از حالت بهره برداری می شود.

در این پایان نامه هدف بررسی آسیب های اولیه و پیش گیری از ایجاد آسیب ای اولیه و به طبع آن جلوگیری از تخریب کلی سازه پل است ، هر چند در اکثر موارد نمی توان مرز دقیق و ثابتی برای جدا سازی این دو نوع آسیب از هم تعیین و معرفی کرد.

۱-۵-۱-۱- خرابی های عمده پل ها هنگام زلزله

فلسفه حاکم بر طراحی پلهای جدید و مقاوم سازی پلهای موجود یکی است و هر دو منتهی بر اساس طراحی عملکردی بوده ولی متدولـوژی و راهکاره ـای طراح ـی برای رسیدن به هدف مذکور در هر کدام متفـاوت است . شناسایی نقاط ضعف پـلها در برابر زلـزله در تدوین دستورالعمل ها و استراتژی طراحی پـل های جدید و مقاوم سـازی پلهای جدید و مقاوم سازی پـلهای موجود از اهمیت ویژه ای برخـوردار است.

اعم آسیب ه ـای وارد شده به پل ها تحت زلزلـه عبارتند از : [۱۵]

- خرابی پل در اثر گسیختگی گسل یا روانگرایی خاک
- خرابی نشیمن و انحراف روسازه در هر دو امتداد طولی و عرضی
- فروریزی و کج شدگی پایه های پل به علت خرابی برشی
- شکست خمشی و ایجاد مفصل پلاستیک
- فروریزی دهانه های پل به خاطر لغزش از نشیمن
- خرابی دیواره پشتیبان کوله ها

۱-۵-۱-۲- خرابی پل های طرح شده با روش الاستیک

پل ها بویژه پلهای بتن آرمه و بتن پیش تنیده علیرغم سیستم سازه ای ساده و رفتار شناخته شده ای که دارند ، در برابر زلزله عملکرد خوبی نداشته اند و این مطلب عمدتاً ناشی از دو عامل *عدم اجرای جزئیات لرزه ای مناسب* و *فلسفه طراحی حاکم بر پل (طراحی الاستیک)* است. لازم به ذکر است تمامی پل های ساخته شده تا قبل از سال ۱۹۷۱ با روش طرح الاستیک طراحی شده اند. [۶]

تغییر مکان های لرزه ای براساس اصول طراحی الاستیک بسیار کمتر از آن است که در یک زلزله واقعی سازه تجربه می کند. به علاوه استفاده نکردن از ممان اینرسی ترک خورده مقطع این موضوع را تشدید می کند . از عواقب استفاده نکردن از ممان اینرسی ترک خورده به موارد زیر میتوان اشاره کرد : [۱۵]

- افتادن و شکست عرشه ها به سبب از دست رفتن سطح اتکا (Unseating)
- کوبیده شدن قسمت های سازه ای پل به یکدیگر (Pounding Effect)
- آسیب دیدگی کلید برشی (Shear Key)
- تخریب مقید کننده های مفصل ها (Hing Restrainner)

در طراحی الاستیک نسبت نیروی لرزه ای به نیروی گرانشی به طور ناصحی حی پایین می باشد این موضوع باعث الگوی نامناسب توزیع لنگر می گردد و از عواقب آن می توان به تخمین نامناسب محل تشکیل مفصل پلاستیک ، نقطه عطف و .... اشاره نمود. [۱۵]

رفتار غیرخطی سازه و وابستگی آن به شکل پذیری ، پارامتر بسیار مهمی درعملکرد لرزه ای پل می باشد . چنانچه بخش عمده ای از استهلاک نیروی زلزله در این ناحیه صورت میگیرد اما در طراحی الاستیک این موضوع لحاظ نمی گردد .

از نقائص روش طرح الاستیک می توان موارد زیر را برشمرد : [۹]

- در روش طرح لرزه ای الاستیک سطح نیروهای جانبی ناشی از زلزله بسیار پایین برآورد میشود.
- نسبت بارهای مرده به بارهای جانبی ناشی از زلزله نادرست برآورد میشود.
- پاسخ غیرالاستیک سازه تحت زلزله های شدید و مفاهیم مرتبط با آن مانند شکل پذیری و اصول طراحی بر مبنای ظرفیت در روند طرح الاستیک به هیچ وجه در نظر گرفته نمی شود.