دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران-گرایش مهندسی زلزله

موضوع:

ارزیابی عملکرد لرزه ای پل های بتنی دارای پایه ها با ارتفاع مختلف

اساتید راهنما:

دکتر حمید رضا توکلی

دکتر علیرضا میرزاگل تبار روشن

نگارش:

گزل گلدیانی

شهریور ۹۲

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران-گرایش مهندسی زلزله

موضوع:

ارزیابی عملکرد لرزه ای پل های بتنی دارای پایه ها با ارتفاع مختلف

اساتید راهنما:

دکتر حمید رضا توکلی

دکتر علیرضا میرزاگل تبار روشن

نگارش:

گزل گلدیانی

شهریور ۹۲

قدردانی و تشکر

سپاس و ستایش شایسته پروردگاریست، که کرامتش نامحدود و رحمتش بی پایان است، اوست که بشریت را بیاموخت و با قلم آشنا ساخت. به انسان رخصت آن داد که علم را به خدمت گیرد و با قلم خود و رسم خطوط گویا آنرا به دیگران نیز بیاموزد. نهایت هدف برای انسان را «الله» قرار داد تا او را از غیر بی نیاز گرداند، و خلیفه خویش در زمین گردانید و مقام و منزلت والای انسانیت را به کرم خویش بر او ارزانی داشت و به وسیله پیامبران گرامش با خویشتن آشنا ساخت و نعمت های بیشمارش بخشید تا شاید سپاسگذار گردد. خدایا، از شاکران درگاهت و حقیقت جویان راهت قرارم ده و یاریم کن تا در آموختن نلغزم و آنچه را که آموختم به شایستگی عرضه نمایم.

بر خود واجب می دانم تا از زحمات استاد محترم جناب آقای دکتر حمیدرضا توکلی که متواضعانه و با صبر و شکیبایی مرا در خلق این اثر، با راهنمایی های بسیار مفید و ارزنده شان یاری نمودند، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم، و نیز از جناب آقای دکتر علیرضا میرزاگل تبار و سایر کسانی که در زمینه دانش مهندسی پل، مرا یاری و حمایت نمودند، صمیمانه سپاسگزاری می نمایم.

تقدیم به

پدر و مادر مهربان، برادر دلسوز و همسر مهربانم

چکیده

احداث پلها بعنوان عناصر کلیدی بزرگراهها، نسبت به بقیه اجزای راه، بسیار پر هزینه و به علت ظرافت ساختار سیستم سازه ای آنها، آسیب پذیرترین عناصر راه در برابر زلزله می باشند. خرابی پلها پس از وقوع زمین لرزه، موجب قطع ارتباط راهها شده و به علت نقش مهمی که در عملیات امداد و نجات دارند، لازم است عملکرد مناسب از خود نشان دهند. بسیاری از پلهای ساخته شده، بموجب قرارگیری در موقعیت صعب دره ای دارای پایه های با ارتفاع متغییر می باشند، که خود عاملی در ضعف عملکرد آن در برابر پل با پایه های یکسان است. در این تحقیق تغییر جانمایی ستون های کوتاه و ستون ها با نسبت های ۱.۵، ۲، ۲.۵ و ۳ در دهانه های مختلف با انجام تحلیل های استاتیکی غیرخطی و تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی بررسی گردیده، و به مطالعه چگونگی شکل عملکردی آنها تحت زلزله های مقیاس شده به طیف طرح با استفاده از نرم افزار *seismomatch* برای نوع خاک مشخص مطابق با آیین نامه *Cultrans* در جهت عرضی پرداخته شده است. مقادیر بدست آمده از این تحلیل ها، بر اساس پارامترهای تقاضای لرزه ای که از منابع معتبر انتخاب گردیده اند، با هم مقایسه شده اند. براساس نتایج بدست آمده ظرفیت گروه پل های منظم بالاتر از گروه های دیگر بوده، و در مقابل با افزایش نامنظمی شکل پذیری سازه بیشتر گردیده است. در انتها به منظور بررسی آسیب پذیری پایه های پلها، منحنی های شکنندگی لرزه ای بر مبنای روش تحلیلی که مبتنی بر شاخص های خرابی مناسب می باشند، ترسیم شده است، که نمایانگر افزایش احتمال آسیب پذیری با بالارفتن نامنظمی سازه پل است.

شایان ذکر است، با تعریف سه الگو بار جدید که اثر مودهای بالاتر را در تحلیل پوش آور لحاظ می کند و قیاس کردن آن با آنالیز پوش آور رایج، و مشاهده همخوانی بهتر با پاسخ دقیق در روشهای مودی الخصوص در گروه پل ها با نامنظمی بیشتر، قدمی بسوی پیشرفت آنالیز استاتیکی غیرخطی پلها برداشته شده است

واژه‌های کلیدی:

پل، تحلیل پوش آور، منحنی شکنندگی

فهرست مطالب

فصل اول : **۱**

کلیات **۱**

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- هدف از تحقیق ۳

۱-۳- ساختار پایان نامه ۴

فصل دوم : مروری بر تحقیقات گذشته **۵**

۲-۱- مقدمه ۶

۲-۲- دسته بندی اجمالی صدمات ۶

۲-۳- شناخت نقایص طراحی با توجه به صدمات وارد بر پل ها ۶

۲-۳-۱- فروریزش دهانه های پل از تکیه گاه ها ۷

۲-۳-۲- ضعف های لرزه ایی پایه ها ۷

۲-۳-۳- ضعفهای لرزه ای پایه های قابی شکل ۱۰

۲-۳-۴- ضعف های لرزه ای دیوار پایه ها ۱۱

۲-۳-۵- درزها و تکیه گاه ها در پل های بتنی ۱۱

۲-۳-۶- ضعف شالوده ها ۱۲

۲-۳-۷- ضعف کوله ها ۱۳

۲-۴- مروری بر تحقیقات گذشته ۱۵

فصل سوم : **۲۲**

روش های ارزیابی و تحلیل لرزه ای پل ها **۲۲**

۳-۱- مقدمه ۲۳

۳-۲- آنالیز پوش آور ۲۳

۳-۲-۱- روند آنالیز پوش آور ۲۴

۳-۲-۲- الگوهای بار جانبی ۲۴

۳-۲-۳- جابجایی هدف ۲۵

۳-۳- جایگزین روش های آنالیز پوش آور ۲۶

۳-۳-۱- آپر باند ۲۶

۳-۳-۲- ترکیب طیفی مودال ۲۹

۳-۳-۳- روش ترکیبات مودال ۳۰
۳-۴- کاربرد آنالیز پوش آور برای پل های بتن مسلح ۳۱
۳-۵- منحنی شکنندگی لرزه ای ۳۳
۳-۵-۱- منحنی شکنندگی تجربی ۳۴
۳-۵-۲- منحنی شکنندگی بر اساس قضاوت متخصصان ۳۴
۳-۵-۳- منحنی شکنندگی تحلیلی ۳۵
۳-۵-۴- منحنی شکنندگی ترکیبی ۳۵
۳-۵-۵- مدل های نیاز لرزه ای احتمالاتی ۳۶
۳-۵-۶- پارامترهای شدت خطر لرزه ای ۳۸
۳-۵-۷- پارامترهای تقاضای مهندسی ۳۹
۳-۵-۸- تعیین حالت حدی ۴۲
۳-۵-۹- پارامترهای در نظر گرفته شده در این تحقیق ۴۴

فصل چهارم : **۴۶**

معرفی و مدل سازی سازه پل های مورد بررسی **۴۶**
۴-۱- مقدمه ۴۷
۴-۲- معرفی پل ۴۷
۴-۳- تعریف پل منظم و نامنظم ۴۷
۴-۴- ویژگی ها و مشخصات پل ۴۸
۴-۴-۱- ویژگی های مصالح ۴۸
۴-۴-۲- کوله ها : ۵۰
۴-۴-۳- عرشه پل : ۵۱
۴-۴-۴- ستون ها و کپ بیم : ۵۲
۴-۴-۵- لحاظ کردن اثر ترک خوردگی ۵۳
۴-۴-۶- ممان جرمی داخلی ۵۴
۴-۴-۷- ورودی لرزه ای ۵۵
۴-۴-۸- مفصل پلاستیک فایبر ۵۷
۴-۴-۹- طول مفصل پلاستیک ۵۸
۴-۵- آنالیز مودال ۶۲
۴-۶- تعریف الگو بار جهت تحلیل استاتیکی غیرخطی ۶۳
۴-۶-۱- الگوی بار روش اول یا یکنواخت *FEMA-273* ۶۳
۴-۶-۲- الگوی بار آپر باند ۶۵
۴-۶-۳- الگوی بار روش طیفی مودال ۶۵
۴-۶-۴- الگوی بار روش ترکیبات مودال ۶۶

فصل پنجم: **۷۱**

بحث و بررسی نتایج حاصل از تحلیل **۷۱**

۵-۱- مقدمه ۷۲

۵-۲- تحلیل دینامیکی غیر خطی ۷۲

۵-۳- ارزیابی عملکرد لرزه ای با استفاده از آنالیز پوش آور ۷۳

۵-۳-۱- اثر نامنظمی روی عملکرد پلها ۷۳

۵-۴- نتایج حاصل از آنالیز پوش آور برای الگوبارهای مختلف ۷۵

۵-۴-۱- پل گروه ۱۱۱ ..... ۷۶

۵-۴-۲- پل گروه ۲۱۲ ..... ۷۸

۵-۴-۳- پل گروه ۱۲۲ ..... ۷۹

۵-۴-۴- پل گروه ۱۲۳ ..... ۸۰

۵-۴-۵- پل گروه ۱۳۳ ..... ۸۱

۵-۴-۶- پل گروه ۱۱۲۳۳ ..... ۸۲

۵-۴-۷- پل گروه ۱۱.۵۲۲.۵۳ ..... ۸۳

۵-۴-۸- پل گروه ۱۱۳۲۱ ..... ۸۴

۵-۵- نتایج حاصل از منحنی شکنندگی ۸۶

فصل ششم : **۹۹**

۶-۱- نتیجه گیری ۱۰۰

-۲-۶ پیشنهادات ۱۰۱

فصل هفتم : **۱۰۳**

مراجع **۱۰۳**

پیوست الف **۱۰۷**

فهرست اشکال

شکل (۲-۱) فروریزش عرشه پل در ایالت گلدن - دره آنتلوپ ، الف) زلزله سن فرناندو ۱۹۷۱ و ب) زلزله نورثریج ۱۹۹۴ *[36]* ۸

شکل (۲-۲) شکست برشی پایه پل در زلزله *whittier* ، ۱۹۸۷ *[41]* ۸

شکل (۲-۳) ایجاد شکست خمشی در انتهای پایه بدلیل کمبود میلگرد عرضی پل هانشین *[36]* ۹

شکل (۲-۴) برخی از آسیب های درزها، الف) آسیب درز میانی در پل رودخانه ای سانتا کلارا در ایالت لس آنجلس و ب) نمای عرضی این آسیب در زلزله نورثریج ۱۹۹۴ *[36]* ۱۲

شکل (۲-۵) خرد شدن مهار های بتنی و سقوط روسازه پل شی -وی (زلزلۀ چی چی ۱۹۹۹ ، تایوان) *[41]* ۱۳

شکل (۲-۶) آسیب کوله در پل نزدیک بخش نیشونومیا در حین زلزله کوبه،۱۹۹۵ *[4]* ۱۴

شکل (۲-۷) نتایج آنالیز پوش آور در جهت طولی برای گروه های *SSS, SML, SLL, LLL [50]* ۱۵

شکل (۲-۸) منحنی شکنندگی، الف) مدل پل با جرم متمرکز، ب) مدل پل با جرم پیوسته *[38]* ۱۷

شکل (۲-۹) منحنی شکنندگی، الف) پل چنددهانه فلزی ب) پل چنددهانه با عرشه جعبه ای، وج) پل فلزی تک دهانه *[40]* ۱۸

شکل (۲-۱۰) مدل مورد مطالعه، الف) مدل پیچیده، و ب) مدل ساده شده *[42]* ۱۹

شکل (۲-۱۱) مقایسه منحنی های شکنندگی برای دو مدل ساده شده و پیچیده *[42]* ۱۹

شکل (۲-۱۲) مجموعه منحنی شکنندگی برای الف) خرابی کامل، و ب) خرابی کم برای زاویه تورب ۰، ۱۵، ۳۰، و ۴۵ درجه *[44]* ۲۰

شکل (۲-۱۳) مقادیر میانگین شکنندگی حاصل از ستونها، الف) خرابی شدید، ب) خرابی کم *[44]* ۲۱

شکل (۳-۱) شکل کلی از روند آنالیز پوش آور *[9]* ۲۴

شکل (۳-۲) نتایج منحنی ظرفیت، الف) پل کوتاه نیمه نامنظم، ب) پل بلند نیمه نامنظم *[17]* ۳۲

شکل (۳-۳) الف) شاخص پل، میانگین جابجایی، و ب) انحراف معیار استاندارد برای هر نمونه پل *[45]* ۳۳

شکل (۳-۴) مدل نیاز لرزه ای نشان داده شده با تغییر فضا *[40]* ۳۸

شکل (۴-۱) اشکال پلهای مورد مطالعه و گروه بندی آنها ۴۸

شکل (۴-۲) مدل مندر برای بتن محصور و غیر محصور *[46]* ۵۰

شکل (۴-۳) مدل پارک، یا مدل *A-706* برای فولاد میلگرد *[46]* ۵۱

شکل (۴-۴) برش عرضی عمومی پل *[47]* ۵۲

شکل (۴-۵) جرم پیچشی روسازه *[24]* ۵۴

شکل (۴-۶) جرم پیچشی ستون *[24]* ۵۵

شکل (۴-۷) طیف شتاب برای خاک نوع *C (M=8.0±0.25) [27]* ۵۶

شکل (۴-۸) طیف جایجایی طراحی و زمین لرزه های تطبیقی *[48]* ۵۶

شکل (۴-۹) طیف شتاب طراحی و زمین لرزه های تطبیقی *[48]* ۵۷

شکل (۴-۱۰) جزئیات نمادین مفصل فایبر *[25]* ۵۹

شکل (۴-۱۱) اشکال تقسیم بندی مفصل فایبر در مقطع ستونها، الف) مقطع ستون ۲ متری، ب) مقطع ستون ۲.۲ متری، ج) مقطع ستون ۲.۵ متری ۶۱

شکل (۴-۱۲) الگوی تعیین جرم متمرکز در پل *[24]* ۶۴

شکل (۴-۱۳) شکل دو مود اول (الف و ب) پل گروه ۱۱۱، (ج و د) پل گروه ۱۱۳۲۱ ..... ۶۶

شکل (۴-۱۴) میانگین پاسخ طیفی شتاب برای دو گروه پل، الف) گروه ۱۲۱، ب) گروه ۱۱.۵۲۲.۵۳ ..... ۶۹
شکل (۵-۱) نتایج پوش آور در جهت عرضی برای گروه پل های کوتاه در پایه میانی ۷۴
شکل (۵-۲) نتایج پوش آور برای گروه پل های بلند در پایه میانی ۷۴
شکل (۵-۳) مقایسه جابجایی بالای عرشه در چهار روش پوش آور برای پل گروه ۱۱۱ ..... ۷۶
شکل (۵-۴) مقایسه جابجایی بالای عرشه در چهار روش پوش آور برای پل گروه ۱۲۱ ..... ۷۷
شکل (۵-۵) مقایسه جابجایی بالای عرشه در چهار روش پوش آور برای پل گروه ۲۱۲ ..... ۷۸
شکل (۵-۶) مقایسه جابجایی بالای عرشه در چهار روش پوش آور برای پل گروه ۱۲۲ ..... ۷۹
شکل (۵-۷) مقایسه جابجایی بالای عرشه در چهار روش پوش آور برای پل گروه ۱۲۳ ..... ۸۰
شکل (۵-۸) مقایسه جابجایی بالای عرشه در چهار روش پوش آور برای پل گروه ۱۳۳ ..... ۸۱
شکل (۵-۹) مقایسه جابجایی بالای عرشه در چهار روش پوش آور برای پل گروه ۱۱۲۳۳ ..... ۸۲
شکل (۵-۱۰) مقایسه جابجایی بالای عرشه در چهار روش پوش آور برای پل گروه ۱۱.۵۲۲.۵۳ ..... ۸۳
شکل (۵-۱۱) مقایسه جابجایی بالای عرشه در چهار روش پوش آور برای پل گروه۱۱۳۲۱ ..... ۸۴
شکل (۵-۱۲) منحنی شکنندگی پل گروه ۱۱۱ ..... ۹۰
شکل (۵-۱۳) منحنی شکنندگی پل گروه ۱۲۱ ..... ۹۰
شکل (۵-۱۴) منحنی شکنندگی پل گروه ۲۱۲ ..... ۹۱
شکل (۵-۱۵) منحنی شکنندگی پل گروه ۱۲۲ ..... ۹۱
شکل (۵-۱۶) منحنی شکنندگی پل گروه ۱۲۳ ..... ۹۱
شکل (۵-۱۷) منحنی شکنندگی پل گروه ۱۳۳ ..... ۹۲
شکل (۵-۱۸) مقایسه نتایج حاصل از منحنی شکنندگی برای گروه پل های کوتاه در حالت خرابی کم ۹۳
شکل (۵-۱۹) مقایسه نتایج حاصل از منحنی شکنندگی برای گروه پل های کوتاه در حالت خرابی متوسط ۹۳
شکل (۵-۲۰) مقایسه نتایج حاصل از منحنی شکنندگی برای گروه پل های کوتاه در حالت خرابی شدید ۹۴
شکل (۵-۲۱) مقایسه نتایج حاصل از منحنی شکنندگی برای گروه پل های کوتاه در حالت فروریزی کامل ۹۴
شکل (۵-۲۲) منحنی شکنندگی پل گروه ۱۱۲۳۳ ..... ۹۵
شکل (۵-۲۳) منحنی شکنندگی پل گروه ۱۱.۵۲۲.۵۳ ..... ۹۶
شکل (۵-۲۴) منحنی شکنندگی پل گروه ۱۱۳۲۱ ..... ۹۶
شکل (۵-۲۵) مقایسه نتایج حاصل از منحنی شکنندگی برای گروه پل های بلند در حالت خرابی کم ۹۷
شکل (۵-۲۶) مقایسه نتایج حاصل از منحنی شکنندگی برای گروه پل های بلند در حالت خرابی متوسط ۹۷
شکل (۵-۲۷) مقایسه نتایج حاصل از منحنی شکنندگی برای گروه پل های بلند در حالت خرابی شدید ۹۷
شکل (۵-۲۸) مقایسه نتایج حاصل از منحنی شکنندگی برای گروه پل های بلند در حالت فروریزی کامل ۹۸

فهرست جداول

جدول (۳-۱) پارامترهای شدت خطر لرزه ای *[34]* ۴۰
جدول (۳-۲) پارامترهای تقاضای مهندسی *[34]* ۴۱
جدول (۳-۳) حالات حدی کیفی *HAZUS[18]* ۴۲
جدول (۳-۴) حالات حدی کیفی برای شکست پایه پل بتن آرمه *[5]* ۴۳
جدول (۳-۵) مقادیر متوسط حالات حدی هانگ و همکاران *[18]* ۴۴
جدول (۳-۶) مقادیر حالات حدی مولفه های پل *[18]* ۴۴
جدول (۳-۷) پارامترهای شدت خطر و تقاضای مهندسی منتخب در این تحقیق ۴۵
جدول (۴-۱) برخی از ویژگیهای گروه پل ها ۴۹
جدول (۴-۲) ویژگیهای مصالح برای طراحی *[47]* ۴۹
جدول (۴-۳) جزئیات زمین لرزه های انتخاب شده ۵۷
جدول (۴-۴) مشخصات مقطع فایبر ۶۰
جدول (۴-۵) مدل های مختلف برای یافتن مفصل پلاستیک *[35]* ۶۲
جدول (۴-۶) توزیع یکنواخت برای پلهای کوتاه بر اساس *FEMA - 273* ۶۴
جدول (۴-۷) توزیع یکنواخت برای پلهای بلند بر اساس *FEMA-273* ۶۴
جدول (۴-۸) ویژگیهای دینامیکی الاستیک دو گروه از پل ها در جهت عرضی ۶۵
جدول (۴-۹) محاسبه ساده برای تعیین الگو بار آپر باند، گروه ۱۱۳۲۱ ۶۷
جدول (۴-۱۰) توزیع بار آپر باند برای پل های کوتاه ۶۷
جدول (۴-۱۱) توزیع بار آپر باند برای پل های بلند ۶۷
جدول (۴-۱۲) ویژگیهای مودال دو گروه پل در جهت عرضی ۶۸
جدول (۴-۱۳) یک روند ساده محاسبه روش طیفی مودال، برای گروه پل ۱۱۳۲۱ ۶۸
جدول (۴-۱۴) توزیع الگو بار روش طیفی مودال برای گروه پل های کوتاه ۶۹
جدول (۴-۱۵) توزیع الگو بار روش طیفی مودال برای گروه پل های بلند ۶۹
جدول (۴-۱۶) مراحل یک روند ساده شده روش دوم ترکیب مودال برای گروه پل ۱۱۳۲۱ ۷۰
جدول (۴-۱۷) توزیع بار روش دوم ترکیب مودال برای پل های کوتاه ۷۰
جدول (۴-۱۸) توزیع بار روش دوم ترکیب مودال برای پل های بلند ۷۰
جدول (۵-۱) شکل پذیری پایه میانی برای گروه پل ها ۷۴
جدول (۵-۲) مقادیر کرنش نهایی برای هر پایه در گروه پل های کوتاه ۷۵
جدول (۵-۳) مقادیر کرنش نهایی برای هر پایه در گروه پل های بلند ۷۵
جدول (۵-۴) خطای موجود بین جابجایی حاصل از چهار روش آنالیز پوش آور و تحلیل تاریخچه زمانی برای پل گروه ۱۱۱ ۷۶
جدول (۵-۵) خطای موجود بین جابجایی حاصل از چهار روش آنالیز پوش آور و تحلیل تاریخچه زمانی برای پل گروه ۱۲۱ ۷۷
جدول (۵-۶) خطای موجود بین جابجایی حاصل از چهار روش آنالیز پوش آور و تحلیل تاریخچه زمانی برای پل گروه ۲۱۲ ۷۹

جدول (۵-۷) خطای موجود بین جابجایی حاصل از چهار روش آنالیز پوش آور و تحلیل تاریخچه زمانی برای پل گروه ۱۲۲ ..... ۸۰
جدول (۵-۸) خطای موجود بین جابجایی حاصل از چهار روش آنالیز پوش آور و تحلیل تاریخچه زمانی برای پل گروه ۱۲۳ ..... ۸۱
جدول (۵-۹) خطای موجود بین جابجایی حاصل از چهار روش آنالیز پوش آور و تحلیل تاریخچه زمانی برای پل گروه ۱۳۳ ..... ۸۲
جدول (۵-۱۰) خطای موجود بین جابجایی حاصل از چهار روش آنالیز پوش آور و تحلیل تاریخچه زمانی برای پل گروه ۱۱۲۳۳ ..... ۸۳
جدول (۵-۱۱) خطای موجود بین جابجایی حاصل از چهار روش آنالیز پوش آور و تحلیل تاریخچه زمانی برای پل گروه ۱۱.۵۲۲.۵۳ ..... ۸۴
جدول (۵-۱۲) خطای موجود بین جابجایی حاصل از چهار روش آنالیز پوش آور و تحلیل تاریخچه زمانی برای پل گروه ۱۱۳۲۱ ..... ۸۵
جدول (۵-۱۳) مقادیر میانگین و انحراف معیار برای تمام گروه پل ها ۸۶
جدول (۵-۱۴) تعداد وقوع هر سطح آسیب در سطوح مختلف تحریک پل گروه ۱۱۱ ..... ۸۷
جدول (۵-۱۵) تعداد وقوع هر سطح آسیب در سطوح مختلف تحریک پل گروه ۱۲۱ ..... ۸۷
جدول (۵-۱۶) تعداد وقوع هر سطح آسیب در سطوح مختلف تحریک پل گروه ۲۱۲ ..... ۸۸
جدول (۵-۱۷) تعداد وقوع هر سطح آسیب در سطوح مختلف تحریک پل گروه ۱۲۲ ..... ۸۸
جدول (۵-۱۸) تعداد وقوع هر سطح آسیب در سطوح مختلف تحریک پل گروه ۱۲۳ ..... ۸۸
جدول (۵-۱۹) تعداد وقوع هر سطح آسیب در سطوح مختلف تحریک پل گروه ۱۱۲۳۳ ..... ۸۹
جدول (۵-۲۰) تعداد وقوع هر سطح آسیب در سطوح مختلف تحریک پل گروه ۱۱.۵۲۲.۵۳ ..... ۸۹
جدول (۵-۲۱) تعداد وقوع هر سطح آسیب در سطوح مختلف تحریک پل گروه ۱۱۳۲۱ ..... ۸۹

فصل ۱:

کلیات

۱-۱- مقدمه

یکی از اقدامات مهم در جهت رشد و توسعه هر کشور احداث راهها و بزرگراههاست. 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 می کنند. زلزله ها ی اتفاق افتاده در دهه *90* میلادی در آمریکا، ژاپن، تایوان و ترکیه خرابیهای نسبتاً زیادی در پلها ایجاد کردند. زلزله نقاط ضعف سازه را شناسایی نموده و بیشترین خسارت را بدانجا وارد می کند که پلها به دلیل درجه نامعینی کم در برابر این پدیده، بسیار آسیب پذیرند. مشاهده خسارات ناشی از زلزله های اخیر، لزوم تمهیداتی برای طرح مقاوم سازی در برابر زلزله و نیز مطالعه و تحقیق بیشتر به منظور درک بهتر رفتار لرزهای پلها را به وضوح بیان می کند *[7]* .

مقاوم سازی لرزه ای پلها به دلیل نقش مهم این سازه ها در ایجاد ارتباط و امداد رسانی بعد از زلزله از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. عدم کفایت و دقت آیین نامه های قدیمی، بسیاری از پلهای موجود را نیازمند به بهسازی لرزه ای می نماید. ضمن آنکه به جهت وظایفی که سازه ای مثل یک پل بر عهده دارد به سطح عملکردی فراتر از آنچه در طرح لرزه ای در نظر گرفته شده، نیاز می باشد. با توجه به بررسی خرابیها ضعف پل در جهت عرضی، مشهودتر از جهت طولی بوده، و بیشتر مطالعات و آزمایشات برای کنترل آسیب وارده در این امتداد می باشد. در این مطالعه، با مشاهده جابجایی عرضی عرشه، به بررسی میزان خرابی در این جهت پرداخته شده است، و با توجه به اینکه در کشور ما به واسطه شرایط اقلیمی موجود احتمال وقوع زلزله های بزرگ وجود دارد، مطالعه و بررسی این سازه ها در برابر نیروهای لرزهای، جایگاه و اهمیت خاصی پیدا میکند*[8]*.

از دو نوع تحلیلی که اکثراً برای ارزیابی لرزه ای سازه ها مورد استفاده قرار گرفته است، آنالیز استاتیکی غیر خطی و آنالیز دینامیکی غیر خطی، در آنالیز پوش آور، سازه به یک الگوی بار توزیعی معین در امتداد ارتفاع سازه پوش می شود. شدت کلی نیرو تغییر کرده اما الگوی بار تا انتهای آنالیز به همان صورت باقی می ماند، بنابراین نتایج آنالیز پوش اور بشدت به الگوی بار حساس است. الگوی بار جانبی باید تقریباً نماینده ی نیروی داخلی مورد انتظار در سازه در طول یک زلزله باشد*[9]* . بنابراین، تعریف الگو بارهای جدید برای پل که توسط محققان برای ساختمان ها معرفی و مورد مطالعه قرار گرفته بود، در اینجا مبنای کار برای پل ها بوده است.

یکی دیگر از جدیدترین ابزار ارزیابی خطر پذیری لرزه ای *(SRA)* [1] استفاده از منحنی های شکنندگی و تابع شکنندگی احتمال وقوع آسیب در هر سطح آسیب یا فراگذشت تقاضا از آن سطح آسیب به ازای مقدار معین شاخص شدت بعنوان مثال ماکزیمم شتاب زمین[2] می باشد. در حال حاضر، منحنی های شکنندگی با استفاده از داده های تجربی از زمین لرزه های گذشته، نظرات کارشناسان و یا از طریق روشهای تحلیلی استخراج شده است. منحنی شکنندگی تجربی اغلب فاقد اطلاعات کافی و تنها در مناطق محدودی کارائی دارند. منحنی ها بر اساس نظرات کارشناسان بشدت وابسته به ذهنیت آنها بر اساس درجه سنگینی پاسخ پلها تحت تجربیات لرزه ایی مشاهده گردیده دارد. برای نشان دادن کفایت شکنندگی پل و به منظور بهبود قابلیت اطمینان و اثربخشی ابزارهای ارزیابی خطر لرزه ای، بهبود منحنی های شکنندگی برای پل های بزرگراه ها مورد نیاز است. منحنی شکنندگی بیش از ارزیابی خطر لرزه ایی برای کنترل قابلیت اعتماد پل مورد نیاز است. علاوه بر این، از آنها برای اولویت بندی در مقاوم سازی پل ها و پاسخ اضطراری پس از زلزله می توان استفاده کرد *[40]*.

۱-۲- هدف از تحقیق

- شناسایی انواع متداول پلهای دره ای با در نظر گرفتن جانمایی متفاوت در ستونهای کوتاه و ارتفاع متغییر آنها و چگونگی پاسخگویی این جانمایی در عملکرد لرزه ایی در امتداد عرضی که این پلها از خود نشان می دهند.
- شناسایی یک مجموعه زمین لرزه که نماینده سطح خطر ویژه ساختگاه طرح برای ناحیه مورد مطالعه.
- ایجاد مدل های سه بعدی نسبتاً دقیق برای پلهای انتخابی با لحاظ کردن جزئیات سازه ای متفاوت مولفه های پل.
- اعمال الگوبارهای مختلف برای دستیابی به دقت قابل قبول در قبال آنالیز تاریخچه زمانی با در نظر گرفتن اثر مودهای بالاتر.
- تولید مدل تقاضای لرزه ای احتمالاتی و رسم منحنی های شکنندگی برای مولفه های پل در هر دسته از پلهای مورد مطالعه.

1-Seismic Risk Assessment
2-Peak Ground Acceleration

۱-۳- ساختار پایان نامه

این پایان نامه در شش فصل دسته بندی شده است :

فصل دوم مروری بر آسیب های وارده بر پل ها تحت زلزله های گذشته و تحقیقات محققان پیشین را بیان می کند.

فصل سوم به معرفی ویژگی ها و مشخصات الگوبارهای جدید مورد استفاده در آنالیز پوش آور پرداخته و در عین حال، آشنایی با رویکرد تحلیلی احتمالاتی در برآورد- احتمال شکست لرزه ای سازه ها را توضیح داده است.

فصل چهارم به بیان مشخصات، پارامتر ها و معرفی مدل پل های مورد مطالعه و زمین لرزه های انتخابی پرداخته است.

و فصل پنجم در قالب جمع بندی و بیان نتایج حاصل از مطالعات و آنالیز ها آماده شده است .

فصل آخر، بیان نتایج و پیشنهادات محقق در زمینه تحقیق را شامل شده است.

فصل ۲:

مروری بر تحقیقات گذشته

۲-۱- مقدمه

با وجود اینکه پل ها برای یک دوره ی عمر مفید مشخص طراحی و ساخته می شوند، تجربه سال های اخیر نشان داده است که آسیب پذیری این سازه ها در اثر شرایط محیطی نامناسب یا عبور بارهای پیش بینی نشده بسیار زیاد و درخور توجه است. در کنار نارسایی های فوق که ناشی از شرایط بهره برداری است، طی دهه های اخیر، مسأله ویژه آسیب پذیری پل ها در مناطق با لرزه خیزی بالا پس از خرابی های گسترده ناشی از زلزله در کشورهای مختلف توجه متخصصان و مهندسان پل را به خود جلب نموده است.

در این فصل با مروری بر عملکرد لرزه ای پل ها طی زلزله های گذشته، نواحی مستعد آسیب و ضعف های لرزه ای اجزاء مختلف پل های بتنی مورد مطالعه قرار گرفته است. در نهایت، به بررسی تحقیقات پیشین صورت گرفته در امتداد مطالعات انجام شده پرداخته شده است.

۲-۲- دسته بندی اجمالی صدمات

در دسته بندی زیر صدماتی که تاکنون و طی زلزله های رخ داد گذشته بر اجزای مختلف پل ها وارد شده اند، به صورت اجمالی قرار گرفته است، تا نتیجه گیری دربارۀ علل اساسی آنها آسان تر گردد.

۱- فروریزش دهانه پل از تکیه گاه ها
۲- ضعفهای لرزه ای ستونها و پایه های بتنی
۳- ضعفهای لرزه ای مربوط به تیرها و گره های اتصال تیر به ستون
۴- ضعفهای لرزه ای مربوط به شالوده ها و کوله (پایه کناری)

۲-۳- شناخت نقایص طراحی با توجه به صدمات وارد بر پل ها

با دسته بندی آسیب هایی که هر یک از اجزای اصلی پل ها در زلزله های گذشته متحمل شده اند، می توان دربارۀ علل اساسی و ضعف های روش های طراحی آنها بحث نمود.

۲-۳-۱- فروریزش دهانه های پل از تکیه گاه ها

فروریزش دهانه های پل از تکیه گاه ها مهمترین نوع شکست لرزه ایی مشترک در پل ها بوده است، شکل (۲-۱). اگر نیروهای لرزه ای روی سازه برای شکستن تکیه گاه ها کافی باشد آنگاه عرشه ی پل در فروریزش از تکیه گاه هایش آسیب پذیرتر می شود. در زمان زلزله، قاب های مجاور پل به صورت غیر هم فاز مرتعش می شوند و دو نوع تغییرمکان را بوجود می آورند. نخستین نوع عبارت است از برخورد قاب ها در محل درزها، نوع دوم هنگامی اتفاق می افتد که درزها از هم فاصله میگیرند و در صورتی که تغییرمکان نسبی بزرگ باشد دهانه های مجاور احتمالاً فرو خواهند ریخت، شکل (۲-۵). این فروریزش در شرایطی اتفاق می افتد که تغییرمکان جانبی عرشه از عرض تکیه گاهی آن تجاوز کند (به علت استفاده از روش های قدیمی طراحی زلزله عرض تکیه گاه ها کوتاه می باشد) حتی در شرایطی که مکانیزم های مهاری، دیافراگم داخلی و کلید های برشی، فراهم شده اند بسیاری از آنها در مقابل فروریزش مقاومت کافی ندارند *[6]*.

۲-۳-۲- ضعف های لرزه ایی پایه ها

پایه های موجود اغلب به دلایل زیر مقاومت کافی نداشته اند:

- مقاومت برشی کم
- ظرفیت شکل پذیری غیر کافی
- وصله ی پوشش غیرکافی یا قطع زودهنگام آرماتور

به دلیل معیار و ملاک های لرزه ایی اعمال شده بر اساس استانداردهای قبل از سال *۱۹۷۱*، کمبود مقاومت پایه ها، یک امر عمومی و مشترک بین سازه های پل موجود می باشد.

الف- مقاومت برشی کم

مقاومت برشی ناکافی یکی از ضعف های عمومی و مشترک پایه های پل می باشد. روش های معمول طراحی ظرفیت استفاده شده در نیوزلند از سال *۱۹۷۰* به بعد و از سال *۱۹۹۵* در کالیفرنیا تاکید می کند که مقاومت برشی یک عضو بایستی از مقاومت خمشی آن بیشتر باشد، که در این صورت فقط یک مکانیزم خمشی شکل پذیر می تواند اتفاق بیافتد. این روش طراحی برای پلهای قبل از *۱۹۷۰* رایج نبود. این حالتی بود که در طی زلزله سال *۱۹۸۷* وایتر در کالیفرنیا مطابق شکل (۲-۲) برای سازه پل آزادراه اصلی اتفاق افتاد،