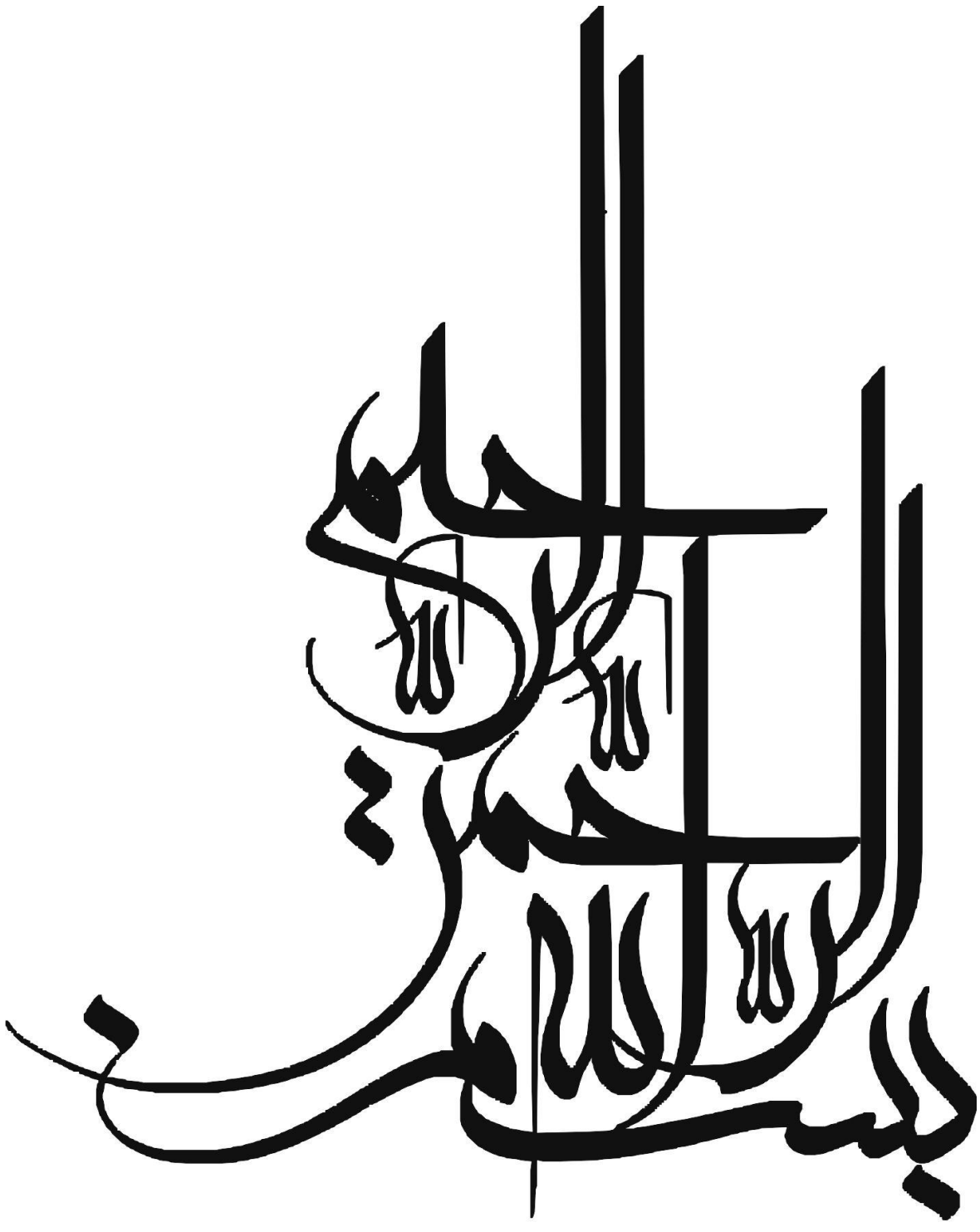

تعهدنامه ی اصالت اثر و رعایت حقوق دانشگاه

تمامی حقوق مادّی و معنوی مترتب بر نتایج، ابتکارات، اختراعات و نوآوری هایِ ناشی از انجام این پژوهش، متعلق به **دانشگاه محقق اردبیلی** می باشد. نقل مطلب از این اثر، با رعایت مقرّرات مربوطه و با ذکر نام دانشگاه محقق اردبیلی، نام استاد راهنما و دانشجو بلامانع است.

اینجانب **سعیده حسین زاده کجیدی** دانش آموخته ی مقطع کارشناسی ارشد رشته ی **عمران** گرایش **سازه** دانشکده ی **فنی و مهندسی** دانشگاه محقق اردبیلی به شماره ی دانشجویی **۹۰۴۴۴۰۳۱۰۸** که در تاریخ ۱۳۹۲/۱۲/۶ از پایان نامه ی تحصیلی خود تحت عنوان **بهسازی لرزه ای پایه پل های بتن آرمه با FRP** دفاع نموده ام، متعهد می شوم که:

۱) این پایان امه را قبلاً برای دریافت هیچ گونه مدرک تحصیلی یا به عنوان هرگونه فعالیت پژوهشی در سایر دانشگاه ها و مؤسسات آموزشی و پژوهشی داخل و خارج از کشور ارائه ننموده ام.

۲) مسئولیت صحّت و سقم تمامی مندرجات پایان نامه ی تحصیلی خود را بر عهده می گیرم.

۳) این پایان نامه، حاصل پژوهش انجام شده توسط اینجانب می باشد.

۴) در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران استفاده نموده ام، مطابق ضوابط و مقرّرات مربوطه و با رعایت اصل امانتداری علمی، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در متن و فهرست منابع و مآخذ ذکر نموده ام.

۵) چنانچه بعد از فراغت از تحصیل، قصد استفاده یا هر گونه بهره برداری اعم از نشر کتاب، ثبت اختراع و ... از این پایان نامه را داشته باشم، از حوزه ی معاونت پژوهشی و فنّاوری دانشگاه محقق اردبیلی، مجوزهای لازم را اخذ نمایم.

۶) در صورت ارائه ی مقاله ی مستخرج از این پایان نامه در همایش ها، کنفرانس ها، سمینارها، گردهمایی ها و انواع مجلات، نام دانشگاه محقق اردبیلی را در کنار نام نویسندگان (دانشجو و اساتید راهنما و مشاور) ذکر نمایم.

۷) چنانچه در هر مقطع زمانی، خلاف موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن (منجمله ابطال مدرک تحصیلی ، طرح شکایت توسط دانشگاه و ...) را می پذیرم و دانشگاه محقق اردبیلی را مجاز می دانم با اینجانب مطابق ضوابط و مقرّرات مربوطه رفتار نماید.

نام ونام خانوادگی دانشجو: **سعیده حسین زاده کجیدی**

امضا

تاریخ

دانشکده‌ی فنی و مهندسی

گروه آموزشی عمران

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد

در رشته‌ی: مهندسی عمران گرایش سازه

عنوان:

بهسازی لرزه ای پایه پل های بتن آرمه با FRP

استاد راهنما:

دکترهوشیار ایمانی

استاد مشاور:

دکترملک محمدرنجبر

پژوهشگر:

سعیده حسین زاده کجیدی

زمستان ۱۳۹۲

دانشکده‌ی فنی و مهندسی
گروه آموزشی عمران

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد
در رشته‌ی مهندسی عمران گرایش سازه

عنوان:

بهسازی لرزه ای پایه پل های بتن آرمه با FRP

پژوهشگر:
سعیده حسین زاده کجیدی

ارزیابی و تصویب شده‌ی کمیته‌ی داوران پایان‌نامه با درجه‌ی عالی

نام و نام خانوادگی	مرتبه‌ی علمی	سمت	امضاء
دکترهوشیارایمانی	استادیار	استاد راهنما و رییس کمیته‌ی داوران	
دکترملک محمدرنجبر	استادیار	استاد مشاور	
دکترحامد رحمان شکرگزار	استادیار	داور	
دکتر یعقوب محمدی	استادیار	داور	

اسفند– ۱۳۹۲

تقدیم به:

خانواده عزیزم

پدرم

که الگوی ستودنی من بود در نیک اندیشی، نیک کرداری و نیک گفتاری (روحش شاد)

مادرم

که به بهشت نخواهم رفت اگر او آنجا نباشد . . .

و همسرم

که همیشه صبورانه همراه من بود.

سپاسگزاری:

اکنون که کار تدوین پایان نامه ام به پایان رسیده است بر خود لازم می دانم از زحمات استاد گرامی ام جناب آقای **دکتر هوشیار ایمانی** که در انجام این تحقیق از راهنمایی های بی دریغ ایشان بهره جسته ام تقدیر و قدر دانی می کنم.

از استاد بزرگوارم جناب آقای **دکتر ملک محمد رنجبر** که از ابتدای این تحقیق تا انتهای آن متحمل زحمات اینجانب بوده است سپاسگزاری می کنم.

نام خانوادگی دانشجو: حسین زاده کجیدی	نام: سعیده
عنوان پایان‌نامه: بهسازی لرزه ای پایه پل های بتن آرمه با FRP	
استاد (اساتید) راهنما: دکتر هوشیار ایمانی	
استاد (اساتید) مشاور: دکترملک محمد رنجبر	
مقطع تحصیلی: **کارشناسی ارشد**	رشته: مهندسی عمران
گرایش: سازه	دانشگاه: **محقق اردبیلی**
دانشکده: فنی و مهندسی تاریخ دفاع: ۱۳۹۲/۱۲/۶	تعداد صفحات: ۱۶۱

چکیده:

امروزه بسیاری از سازه های بتن آرمه که در حال بهره برداری هستند، عمری بیش از ۷۵ سال دارند و به دلیل حوادث طبیعی از قبیل زلزله و باد و یا بر اثر خستگی مصالح و یا عوامل خورنده آسیب دیده اند. نگهداری از سازه ها به دلیل هزینه ساخت و تعمیر بسیار حائز اهمیت می باشد. با مطالعه رفتار سازه های بتنی مشخص می شود عوامل متعددی مانند: اشتباهات طراحی و محاسبه، عدم اجرای مناسب، تغییر کاربری سازه ها از دوام آنها می کاهد ضمنا تغییر آیین نامه های ساختمانی (باعث تغییر در بارگذاری و ضرایب اطمینان می شود) نیز سبب ارزیابی و بازنگری مجدد طرح و سازه می گردد تا در صورت لزوم بهسازی و تقویت شود.

روش های متنوعی برای تعمیر و تقویت سازه های بتن آرمه استفاده می شود. از آن جمله می توان تقویت با پوشش فلزی و بتنی را نام برد، که در مقایسه، پوشش فولاد نسبت به بتن از نظر وزن مزیت دارد اما فولاد نیز دارای نقصان های متعددی از جمله هزینه سنگین و سختی در اجرا و همچنین آسیب پذیری در محیط های خورنده می باشد. ماده جدید FRP سال هاست که به سبب ویژگی های منحصر به فرد از جمله تقویت و مقاوم سازی سازه های موجود در موارد خمشی و برشی و دور گیری و مقاومت بالا در برابر خوردگی و . . . در مقاوم سازی و بهسازی سازه ها به کار می روند.

ستون های بتن مسلح، اعضای اصلی مقاوم در برابر بارهای افقی و قائم در سازه های بتنی به شمار می آید لذا مقاوم کردن ستون ها در برابر نیروهای زلزله می تواند نقش مهمی را در مقاوم سازی کل سازه ایفا کند. در نتیجه استفاده از کامپوزیت های FRP جهت مقاوم سازی ستون های بتنی مسلح در دنیا گسترش یافته است و مطالعه در این زمینه از طرف محققین زیادی صورت می گیرد.

در این تحقیق یک پل با ابعاد واقعی انتخاب و قاب های آن با نرم افزار اجزای محدود ABAQUS تحت بارهای ثقلی، باد، آب و زلزله قرار گرفته و با سه شتاب نگاشت زلزله، منجیل، Northridge و Chi Chi تایوان، تحت تحلیل استاتیکی ودینامیکی غیر خطی قرار گرفته و با چسباندن لایه های CFRP بر حسب نیاز هر پایه، تغییر در میزان حداکثرجابجایی، میزان برش و اتلاف انرژی پایه آنها بررسی شده و اختلاف در نتایج دو روش استاتیکی و دینامیکی محاسبه شده است.

کلید واژه‌ها: پل بتن آرمه، باد، آب، شتاب نگاشت، بهسازی، ورق FRP

فهرست مطالب

شماره و عنوان | صفحه

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- بیان مسئله ۳
۱-۳- پیشینه تحقیق ۳
۱-۴- ضرورت، اهمّیت و هدف تحقیق ۸
۱-۵- ساختار تحقیق ۹

فصل دوم: آشنایی با مصالح کامپوزیتی FRP

۲-۱- معرفی ورق های FRP ۱۱
۲-۱-۱- مقدمه ۱۲
۲-۱-۲- انواع ورق های کامپوزیت FRP ۱۲
۲-۱-۳- رزین های تشکیل دهندهFRP ۱۲
۲-۱-۴- انواع فیبرهای تشکیل دهنده FRP ۱۲
۲-۱-۵- خصوصیات الیاف ۱۳
۲-۱-۶- ویژگی های مکانیکی کامپوزیت های FRP ۱۴
۲-۱-۷- مقایسه عملکرد انواع کامپوزیت های FRP در مقاوم سازی سازه ها ۱۵
۲-۱-۸- ضریب ایمنی ۱۶
۲-۱-۹- روش های مقاوم سازی ۱۶
۲-۱-۱۰- ملاحظات اجرایی ۱۹
۲-۱-۱۱- اصلاح شکل مقطع ۲۰
۲-۱-۱۲- ضوابط طراحی و بهسازی ستون ها با FRP ۲۱

فصل سوم: روش های مدل سازی و تحلیل لرزه ای پل ها

۳-۱- مقدمه ۲۹
۳-۲- روش بدست آوردن تغییر مکان هدف در FEMA-356 ..... ۲۹
۳-۳- روش بدست آوردن جابجایی تقاضا در ATC-40 ..... ۳۳
۳-۳-۱- روش طیف ظرفیت برای بدست آوردن نقطه عملکرد سازه بر اساس آیین نامه ی ATC-40 ..... ۳۶
۳-۴- رفتار اعضای سازه ۵۰
۳-۵- مقاومت مصالح ۵۱
۳-۵-۱- روش بدست آوردن کرانه ی پایین مقاومت مصالح و مقاومت مورد انتظار مصالح در طراحی..... ۵۲

۳-۶- ضریب آگاهی ۵۴
۳-۷- کاربرد ضریب آگاهی در بهسازی و طراحی بر اساس عملکرد ۵۶
۳-۸- معیارهای پذیرش برای روش های غیر خطی ۵۶
۳-۹- معیارهای پذیرش برای سازه های بتن آرمه بر اساس دستورالعمل بهسازی و FEMA-356 ..... ۵۸
۳-۹-۱- مقاومت مورد انتظار در اعضای بتن مسلح بر اساس FEMA-356 ..... ۵۸
۳-۹-۲- مقاومت مورد انتظار در اعضای بتن مسلح بر اساس دستورالعمل بهسازی ۵۸

فصل چهارم: معرفی سازه مورد مطالعه و تحلیل آن

۴-۱- مقدمه ۶۴
۴-۲- معرفی سازه مورد مطالعه ۶۴
۴-۲-۱- مشخصات مصالح و پل مورد مطالعه ۶۴
۴-۳- بارگذاری ۷۰
۴-۳-۱- بار زنده ۷۰
۴-۳-۲- اثر جریان آب ۷۲
۴-۳-۳- فشار جانبی خاک ۷۲
۴-۳-۴- اثر باد ۷۲
۴-۳-۵- اهداف عملکردی ۷۳
۴-۳-۶- بارهای جانبی ۷۵
۴-۳-۷- اثر P-Δ ۷۶
۴-۴- روش تحلیل دینامیکی پل ها ۸۱
۴-۴-۱- روش تحلیل دینامیکی طیفی (با استفاده از تحلیل مدها) ۸۲
۴-۴-۲- روش تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی ۸۴

فصل پنجم: آنالیز مدل و بررسی نتایج

۵-۱- مقدمه ۹۳
۵-۲- مدل سازی در نرم افزار اجزای محدود ABAQUS ۹۳
۵-۲-۱- مدل سازی بتن در نرم افزار ABAQUS ۹۳
۵-۲-۲- مدل سازی FRP در ABAQUS ۹۷
۵-۲-۳- مدل سازی آرماتور در ABAQUS ۱۰۰
۵-۳- ارزیابی صحت مدل تحلیلی ۱۰۰
۵-۴- تحلیل دینامیکی غیر خطی ۱۰۲
۵-۴-۱- اثر CFRP بر جابجایی و برش پایه ۱۰۲

۵-۴-۲- نمودارهای تاریخچه زمانی جابجایی پایه ها ۱۰۸
۵-۴-۳- اثر CFRP بر انرژی ۱۳۸
۵-۵- نتایج حاصل از اثر باد بر روی پل ها ۱۵۵

فصل ششم: جمع بندی و نتیجه گیری

۶-۱- کلیات ۱۵۷
۶-۲- خلاصه تحقیق و نتیجه گیری ۱۵۷
۶-۳- پیشنهادات برای تحقیقات آینده ۱۵۸
مراجع ۱۵۹

فهرست جدول‌ها

شماره و عنوان جدول | صفحه

جدول۲-۱: ویژگی های مکانیکی کامپوزیت های GFRP، CFRP و AFRP ۱۴
جدول۲-۲: مقایسه بین ویژگی های انواع FRP ها ۱۵
جدول ۲-۳: ضرایب ایمنی جزئی برای فولاد و FPR ۱۶
جدول۲-۴: مقایسه ای بین روش های مختلف مقاوم سازی ستون ها ۱۹
جدول ۳-۱: مقادیر تقریبی C_o براساس دستورالعمل بهسازی و FEMA-356 ..... ۳۰
جدول ۳-۲: تعیین T_s ۳۱
جدول ۳-۳: ضریب اصلاح Cm بر اساس دستورالعمل بهسازی و FEMA-356 ..... ۳۲
جدول ۳-۴: مقادیر ضریب C_2 ..... ۳۲
جدول ۳-۵: شتاب مبنای طرح (A) در مناطق مختلف کشور ۳۳
جدول ۳-۶: مقادیر حداقل مجاز SR_A و SR_V ۴۳
جدول ۳-۷: تعیین نوع سازه بر اساس آیین نامه ی ATC-40 ..... ۴۵
جدول ۳-۸: تعیین ضریب اصلاح میرایی بر اساس آیین نامه یATC-40 ..... ۴۶
جدول۳-۹: ضرایب تبدیل کرانه ی پایین مقاومت به مقاومت مورد انتظار ۵۳
جدول ۳-۱۰: ضرایب تبدیل کرانه ی پایین مقاومت به مقاومت مورد انتظار ۵۴
جدول ۳-۱۱: تعیین ضریب k بر اساس FEMA-356 ..... ۵۵
جدول ۳-۱۲: تعیین ضریب k بر اساس دستورالعمل بهسازی ۵۵
جدول ۳-۱۳: کاربرد ضریب آگاهی k در محاسبه ی ظرفیت اعضای کنترل شونده توسط نیرو و تغییر شکل در تحلیل های غیر خطی ۵۶
جدول ۳-۱۴: پارامترهای مدل سازی و معیارهای پذیرش برای روش های غیرخطی - تیرهای بتن مسلح ۶۰
جدول ۳-۱۵: پارامترهای مدل سازی و معیارهای پذیرش برای روش های غیرخطی – ستون های بتن مسلح ۶۱
جدول۳-۱۶: پارامترهای مدل سازی و معیار پذیرش روش های غیرخطی – اتصالات تیر – ستون بتن مسلح ۶۲
جدول ۴-۱: مشخصات بتن و فولاد ۶۷
جدول ۴-۲: مقادیرتنش فروپاشیCFRP ۶۸

جدول ۴-۳: ویژگی های مکانیکی ورق های CFRP ۶۸
جدول ۴-۴: ترکیبات بار محتمل مورد استفاده در تحلیل استاتیکی غیر خطی ۸۱
جدول ۴-۵: مشخصات شتاب نگاشت های بکار برده شده جهت ارزیابی لرزه ای پل ها ۸۵
جدول ۵-۱: حداکثر تغییر مکان حاصل از تحلیل برای سطح خطر۱ ..... ۱۰۳
جدول ۵-۲: حداکثر تغییر مکان حاصل از تحلیل برای سطح خطر۲ ..... ۱۰۴
جدول ۵-۳: حداکثر تغییر مکان پایه های p_1 و p_2 برای زلزله منجیل، سطح خطر ۲ بعد از چسباندن ۳ لایه ۱۰۵
جدول ۵-۲: حداکثر تغییر مکان پایه p_1 برای زلزله منجیل، سطح خطر ۲ بعد از چسباندن 5 لایه ۱۰۵
جدول ۵-۲: برش پایه قبل و بعد از بهسازی برای زلزله سطح خطر ۱..... ۱۰۶
جدول ۵-۲: برش پایه قبل و بعد از بهسازی برای زلزله سطح خطر2..... ۱۰۷
جدول ۵-۷: تغییرات اتلاف انرژی به درصد ۱۵۳
جدول ۵-۸: نتایج تحلیل برای نیروی باد ۱۵۵

فهرست شکل‌ها

شماره و عنوان شکل | صفحه

شکل ۲-۱: FRP ساخته شده از فیبرهای نا همسانگرد یک طرفه، عمده تنش بوسیله الیاف تحمل می شود..... ۱۱
شکل ۲-۱: منحنی تنش - کرنش الیاف پلیمری در مقایسه با فولاد. ۱۳
شکل ۲-۳: جکت FRP با الیاف افقی ۱۷
شکل ۲-۴: پوشش طولی FRP ۱۸
شکل ۲-۵: اصلاح شکل مقطع، بدون شکستن گوشه ها. ۲۰
شکل ۲-۶: اصلاح شکل مقطع، پس از شکستن گوشه ها. ۲۰
شکل ۳-۱: منحنی طیف ظرفیت و منحنی طیف تقاضا با میرایی های متفاوت در دستگاه مختصات جابجایی طیفی – شتاب طیفی (فرمت ADRS)..... ۳۴
شکل ۳-۲: منحنی طیف ظرفیت و منحنی طیف تقاضا با میرایی های متفاوت در دستگاه مختصات جابجایی طیفی – شتاب طیفی (فرمت ADRS)..... ۳۵
شکل ۳-۳: منحنی طیف پاسخ الاستیک با میرایی ٪۵..... ۳۶
شکل ۳-۴: منحنی ظرفیت (پوش آور) ۳۷
شکل ۳-۵: روند تبدیل طیف پاسخ استاندارد به فرمت ADRS..... ۳۸
شکل ۳-۶: روند تبدیل منحنی ظرفیت به فرمت ADRS..... ۴۰
شکل ۳-۷: منحنی طیف ظرفیت و طیف پاسخ همراه با یکدیگر در فرمت ADRS. ۴۱
شکل ۳-۸: روش یافتن جابجایی معادل بصورت تقریبی از روی منحنی طیف ظرفیت و طیف تقاضا..... ۴۱
شکل ۳-۹: تقریب دو خطی منحنی طیف ظرفیت..... ۴۲
شکل ۳-۱۰: روش بدست آوردن نقطه ی عملکرد از روی منحنی طیف ظرفیت دندانه دار..... ۴۲
شکل ۳-۱۱: مفاهیم تصویری پارامترهای مؤثر در محاسبه ی β_{eff} ۴۵
شکل ۳-۱۲: منحنی های طیف تقاضای کاهش یافته پس از اعمال ضرایب کاهش یافته در هر مرحله..... ۴۷
شکل ۳-۱۳: مختصات نقطه ی طیفی فرض شده (d_{pi}) و بدست آمده d_i در منحنی طیف ظرفیت..... ۴۷
شکل۳-۱۴: منحنی طیف پاسخ الاستیک قاب ۱ ..... ۴۸
شکل۳-۱۵: منحنی ظرفیت قاب ۱ تحت زلزله منجیل (سطح خطر ۲)..... ۴۹
شکل ۳-۱۶: نمودار عملکرد قاب ۱. ..... ۴۹
شکل ۳-۱۷: منحنی رفتار عضو شکل پذیر. ۵۰
شکل ۳-۱۸: منحنی رفتار عضو نیمه شکل پذیر. ۵۱
شکل ۳-۱۹: منحنی رفتار عضو شکننده. ۵۱

شکل ۳-۲۰: مقاومت مورد انتظار، اسمی و طراحی درنمودار لنگر- دوران ۵۲
شکل ۳-۲۱: معیارهای پذیرش برای اعضای اصلی(P=Primary) و اعضای غیراصلی(S=Secondary)..... ۵۷
شکل ۳-۲۲: نمودار بار- جابجایی در المان های بتنی بر اساس FEMA-356 ..... ۵۸
شکل ۴-۱: نمای عمومی پل مورد مطالعه. ۶۵
شکل ۴-۲: مقطع عرضی پل. ۶۶
شکل ۴-۳: مقطع ستون و سر ستون پایه های p_1 و p_6. ..... ۶۶
شکل ۴-۴: مقطع ستون و سر ستون پایه های p_2 تا p_5. ..... ۶۷
شکل ۴-۵: قاب۱ و قاب ۲، مدل شده در ABAQUS. ۶۹
شکل ۴-۶: نحوه استقرار بار نوع اول بر روی عرشه پل. ۷۱
شکل ۴-۷: فشار جانبی خاک. ۷۲
شکل ۴-۸: عرشه پل که تحت تاثیر بارگذاری طولی و عرضی قرار دارد ۷۸
شکل ۴-۹: عرشه پل که تحت تاثیر بارگذاری طولی و عرضی معادل زلزله قرار دارد ۷۹
شکل ۴-۱۰: زوج شتاب نگاشت زلزله chi-chi (سطح خطر ۱). ۸۶
شکل ۴-۱۱: زوج شتاب نگاشت زلزله Northridge (سطح خطر ۱ ..... ۸۷
شکل ۴-۱۲: زوج شتاب نگاشت زلزله Manjil (سطح خطر ۱). ۸۸
شکل ۴-۱۳: زوج شتاب نگاشت زلزله chi-chi (سطح خطر ۲). ۸۹
شکل ۴-۱۴: زوج شتاب نگاشت زلزله Northridge (سطح خطر ۲). ۹۰
شکل ۴-۱۵: زوج شتاب نگاشت زلزله Manjil (سطح خطر ۲). ۹۱
شکل ۵-۱: نقاط انتگرال گیری در دو حالت کاهش یافته و کاهش نیافته. ۹۴
شکل ۵-۲: المان C3D8 و شماره وجه های محلی آن. ۹۴
شکل ۵-۳: نقاط انتگرال گیری برای المان پوسته در دو حالت کاهش یافته و غیر کاهش یافته. ۹۷
شکل ۵-۴: ورقه تک جهته. ۹۸
شکل ۵-۵: بردار نرمال برای المان های خرپایی سه بعدی. ۱۰۰
شکل ۵-۶: مشخصات هندسی ستون مورد بررسی. ۱۰۱
شکل ۵-۷: مقایسه نتایج مدل سازی عددی با نتایج آزمایشگاهی. ۱۰۲
شکل ۵-۸: نمودارتاریخچه زمانی جابجایی پایه p1 تحت زلزله chi-chi سطح خطر۱ در جهت عرضی..... ۱۰۸
شکل ۵-۹: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p1 تحت زلزله chi-chi سطح خطر ۱ در جهت طولی..... ۱۰۸
شکل ۵-۱۰: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p2 تحت زلزله Chi-chi سطح خطر ۱ در جهت عرضی. ۱۰۹
شکل ۵-۱۱: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p2 تحت زلزله chi-chi سطح خطر ۱ در جهت طولی..... ۱۰۹

شکل ۵-۱۲: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p3 تحت زلزله chi-chi سطح خطر ۱ در جهت عرضی.....۱۱۰
شکل ۵-۱۳: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p3 تحت زلزله chi-chi سطح خطر ۱ در جهت طولی.....۱۱۰
شکل ۵-۱۴: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p5 تحت زلزله chi-chi سطح خطر ۱ در جهت عرضی.
.....۱۱۱
شکل ۵-۱۵: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p5 تحت زلزله chi-chi سطح خطر ۱ در جهت طولی.
.....۱۱۱
شکل ۵-۱۶: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p6 تحت زلزله chi-chi سطح خطر ۱ در جهت عرضی.
.....۱۱۲
شکل ۵-۱۷: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p6 تحت زلزله chi-chi سطح خطر ۱ در جهت طولی.
.....۱۱۲
شکل ۵-۱۸: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p1 تحت زلزله Northridge سطح خطر ۱ در جهت عرضی.
.....۱۱۳
شکل ۵-۱۹: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p1 تحت زلزله Northridge سطح خطر ۱ در جهت طولی.
.....۱۱۳
شکل ۵-۲۰: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p2 تحت زلزله Northridge سطح خطر ۱ در جهت عرضی.
.....۱۱۴
شکل ۵-۲۱: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p2 تحت زلزله Northridge سطح خطر ۱ در جهت طولی.
.....۱۱۴
شکل ۵-۲۲: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p3 تحت زلزله Northridge سطح خطر ۱ در جهت عرضی.
.....۱۱۵
شکل ۵-۲۳: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p3 تحت زلزله Northridge سطح خطر ۱ در جهت طولی.
.....۱۱۵
شکل ۵-۲۴: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p5 تحت زلزله Northridge سطح خطر ۱ در جهت عرضی.
.....۱۱۶
شکل ۵-۲۵: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p5 تحت زلزله Northridge سطح خطر ۱ در جهت طولی.
.....۱۱۶
شکل ۵-۲۶: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p6 تحت زلزله Northridge سطح خطر ۱ در جهت عرضی.
.....۱۱۷
شکل ۵-۲۷: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p6 تحت زلزله Northridge سطح خطر ۱ در جهت طولی.
.....۱۱۷

شکل ۵-۲۸: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p1 تحت زلزله Manjil سطح خطر ۱ در جهت عرضی. ۱۱۸
شکل ۵-۲۹: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p1 تحت زلزله Manjil سطح خطر ۱ در جهت طولی. ۱۱۸
شکل ۵-۳۰: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p2 تحت زلزله Manjil سطح خطر ۱ در جهت عرضی. ۱۱۹
شکل ۵-۳۱: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p2 تحت زلزله Manjil سطح خطر ۱ در جهت طولی. ۱۱۹
شکل ۵-۳۲: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p3 تحت زلزله Manjil سطح خطر ۱ در جهت عرضی. ۱۲۰
شکل ۵-۳۳: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p3 تحت زلزله Manjil سطح خطر ۱ در جهت طولی. ۱۲۰
شکل ۵-۳۴: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p5 تحت زلزله Manjil سطح خطر ۱ در جهت عرضی. ۱۲۱
شکل ۵-۳۵: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p5 تحت زلزله Manjil سطح خطر ۱ در جهت طولی. ۱۲۱
شکل ۵-۳۶: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p6 تحت زلزله Manjil سطح خطر ۱ در جهت عرضی. ۱۲۲
شکل ۵-۳۷: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p6 تحت زلزله Manjil سطح خطر ۱ در جهت طولی. ۱۲۲
شکل ۵-۳۸: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p1 تحت زلزله chi-chi سطح خطر ۲ در جهت عرضی. ۱۲۳
شکل ۵-۳۹: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p1 تحت زلزله chi-chi سطح خطر ۲ در جهت طولی. ۱۲۳
شکل ۵-۴۰: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p2 تحت زلزله chi-chi سطح خطر ۲ در جهت عرضی. ۱۲۴
شکل ۵-۴۱: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p2 تحت زلزله chi-chi سطح خطر ۲ در جهت طولی. ۱۲۴
شکل ۵-۴۲: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p3 تحت زلزله chi-chi سطح خطر ۲ در جهت عرضی. ۱۲۵

شکل ۵-۴۳: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p3 تحت زلزله chi-chi سطح خطر ۲ در جهت طولی. ۱۲۵
شکل ۵-۴۴: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p5 تحت زلزله Chi-chi سطح خطر ۲ در جهت عرضی. ۱۲۶
شکل ۵-۴۵: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p5 تحت زلزله chi-chi سطح خطر ۲ در جهت طولی. ۱۲۶
شکل ۵-۴۶: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p6 تحت زلزله Chi-chi سطح خطر ۲ در جهت عرضی. ۱۲۷
شکل ۵-۴۷: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p6 تحت زلزله chi-chi سطح خطر ۲در جهت طولی ۱۲۷
شکل ۵-۴۸: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p1 تحت زلزله Northridge سطح خطر ۲ در جهت عرضی. ۱۲۸
شکل ۵-۴۹: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p1 تحت زلزله Northridge سطح خطر ۲ در جهت طولی. ۱۲۸
شکل ۵-۵۰: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p2 تحت زلزله Northridge سطح خطر ۲ در جهت عرضی. ۱۲۹
شکل ۵-۵۱: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p2 تحت زلزله Northridge سطح خطر ۲ در جهت طولی. ۱۲۹
شکل ۵-۵۲: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p3 تحت زلزله Northridge سطح خطر ۲ در جهت عرضی. ۱۳۰
شکل ۵-۵۳: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p3 تحت زلزله Northridge سطح خطر ۲ در جهت طولی. ۱۳۰
شکل ۵-۵۴: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p5 تحت زلزله Northridge سطح خطر ۲ در جهت عرضی. ۱۳۱
شکل ۵-۵۵: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p5 تحت زلزله Northridge سطح خطر ۲ در جهت طولی. ۱۳۱
شکل ۵-۵۶: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p6 تحت زلزله Northridge سطح خطر ۲ در جهت عرضی. ۱۳۲
شکل ۵-۵۷: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p6 تحت زلزله Northridge سطح خطر ۲ در جهت طولی. ۱۳۲

شکل ۵-۵۸: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p1 تحت زلزله Manjil سطح خطر ۲ در جهت عرضی ۱۳۳
شکل ۵-۵۹: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p1 تحت زلزله Manjil سطح خطر ۲ در جهت طولی. ۱۳۳
شکل ۵-۶۰: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p2 تحت زلزله Manjil سطح خطر ۲ در جهت عرضی. ۱۳۴
شکل ۵-۶۱: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p2 تحت زلزله Manjil سطح خطر ۲ در جهت طولی. ۱۳۴
شکل ۵-۶۲: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p3 تحت زلزله Manjil سطح خطر ۲ در جهت عرضی. ۱۳۵
شکل ۵-۶۳: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p3 تحت زلزله Manjil سطح خطر ۲ در جهت طولی. ۱۳۵
شکل ۵-۶۴: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p5 تحت زلزله Manjil سطح خطر ۲ در جهت عرضی. ۱۳۶
شکل ۵-۶۵: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p5 تحت زلزله Manjil سطح خطر ۲ در جهت طولی. ۱۳۶
شکل ۵-۶۶: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p6 تحت زلزله Manjil سطح خطر ۲ در جهت عرضی. ۱۳۷
شکل ۵-۶۷: نمودار تاریخچه زمانی جابجایی پایه p6 تحت زلزله Manjil سطح خطر ۲ در جهت طولی. ۱۳۷
شکل ۵-۶۸: نمودار انرژی- زمان قاب۱ تحت زلزله chi-chi، سطح خطر ۱. ..... ۱۳۸
شکل ۵-۶۹: نمودار انرژی- زمان قاب ۲ تحت زلزله chi-chi، سطح خطر ۱. ..... ۱۳۸
شکل ۵-۷۰: نمودار انرژی- زمان قاب ۳ تحت زلزله chi-chi، سطح خطر ۱. ..... ۱۳۹
شکل ۵-۷۱: نمودار انرژی- زمان قاب ۵ تحت زلزله chi-chi، سطح خطر ۱. ..... ۱۳۹
شکل ۵-۷۲: نمودار انرژی- زمان قاب ۶ تحت زلزله chi-chi، سطح خطر ۱. ..... ۱۴۰
شکل ۵-۷۳: نمودار انرژی- زمان قاب ۱ تحت زلزله Northridge، سطح خطر ۱. ..... ۱۴۰
شکل ۵-۷۴: نمودار انرژی- زمان قاب ۲ تحت زلزله Northridge، سطح خطر ۱. ..... ۱۴۱
شکل ۵-۷۵: نمودار انرژی- زمان قاب ۳ تحت زلزله Northridge، سطح خطر ۱. ..... ۱۴۱
شکل ۵-۷۶: نمودار انرژی- زمان قاب ۵ تحت زلزله Northridge، سطح خطر ۱. ..... ۱۴۲
شکل ۵-۷۷: نمودار انرژی- زمان قاب ۶ تحت زلزله Northridge، سطح خطر ۱. ..... ۱۴۲

شکل ۵-۷۸: نمودار انرژی- زمان قاب ۱ تحت زلزله Manjil، سطح خطر ۱. ..... ۱۴۳
شکل ۵-۷۹ نمودار انرژی- زمان قاب ۲ تحت زلزله Manjil، سطح خطر ۱. ..... ۱۴۳
شکل ۵-۸۰: نمودار انرژی- زمان قاب ۳ تحت زلزله Manjil، سطح خطر ۱. ..... ۱۴۴
شکل ۵-۸۱: نمودار انرژی- زمان قاب ۵ تحت زلزله Manjil، سطح خطر ۱. ..... ۱۴۴
شکل ۵-۸۲: نمودار انرژی- زمان قاب ۶ تحت زلزله Manjil، سطح خطر ۱. ..... ۱۴۵
شکل ۵-۸۳: نمودار انرژی- زمان قاب ۱ تحت زلزله chi-chi، سطح خطر ۲. ..... ۱۴۵
شکل ۵-۸۴: نمودار انرژی- زمان قاب ۲ تحت زلزله chi-chi، سطح خطر ۲. ..... ۱۴۶
شکل ۵-۸۵: نمودار انرژی- زمان قاب ۳ تحت زلزله chi-chi، سطح خطر ۲. ..... ۱۴۶
شکل ۵-۸۶: نمودار انرژی- زمان قاب ۵ تحت زلزله chi-chi، سطح خطر ۲. ..... ۱۴۷
شکل ۵-۸۷: نمودار انرژی- زمان قاب ۶ تحت زلزله chi-chi، سطح خطر ۲. ..... ۱۴۷
شکل ۵-۸۸: نمودار انرژی- زمان قاب ۱ تحت زلزله Northridge، سطح خطر ۲. ..... ۱۴۸
شکل ۵-۸۹: نمودار انرژی- زمان قاب ۲ تحت زلزله Northridge، سطح خطر ۲. ..... ۱۴۸
شکل ۵-۹۰: نمودار انرژی- زمان قاب ۳ تحت زلزله Northridge، سطح خطر ۲..... ۱۴۹
شکل ۵-۹۱: نمودار انرژی- زمان قاب ۵ تحت زلزله Northridge، سطح خطر ۲ ..... ۱۴۹
شکل ۵-۹۲: نمودار انرژی- زمان قاب ۶ تحت زلزله Northridge، سطح خطر ۲. ..... ۱۵۰
شکل ۵-۹۳: نمودار انرژی- زمان قاب ۱ تحت زلزله Manjil، سطح خطر ۲. ..... ۱۵۰
شکل ۵-۹۴: نمودار انرژی- زمان قاب ۲ تحت زلزله Manjil، سطح خطر ۲. ..... ۱۵۱
شکل ۵-۹۵: نمودار انرژی- زمان قاب ۳ تحت زلزله Manjil، سطح خطر ۲. ..... ۱۵۱
شکل ۵-۹۶: نمودار انرژی- زمان قاب ۵ تحت زلزله Manjil، سطح خطر ۲. ..... ۱۵۲
شکل ۵-۹۷: نمودار انرژی- زمان قاب ۶ تحت زلزله Manjil، سطح خطر ۲. ..... ۱۵۲

فصل اول

کلیات