بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی و مهندسی

گروه عمران

بهسازی لرزه ای سازه های فلزی با استفاده از میراگر جرمی تنظیم شده (TMD)

اساتید راهنما :

دکتر کاظم شاکری

دکتر محتشم محبی

استاد مشاور :

مهندس مرتضی علی قربانی

توسط :

قربان علیزاده

دانشگاه محقق اردبیلی

مهر 1390

بهسازی لرزه ای سازه های فلزی با استفاده از میراگر جرمی تنظیم شده (TMD)

توسط

قربان علیزاده

پایان نامه برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران - زلزله

از

دانشگاه محقق اردبیلی

اردبیل - ایران

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان نامه با درجه:.....

دکتر کاظم شاکری	**(استاد راهنمای اول)**	**استادیار**
دکتر محتشم محبی	**(استاد راهنمای دوم)**	**استادیار**
دکتر مجید پاسبانی خیاوی	**(داور)**	**استادیار**
مهندس مرتضی علی قربانی	**(استاد مشاور)**	**استادیار**

مهر - 1390

به نام او که پدر و مادر را منت و نعمت قرار داد

تقدیم به پدر و مادرم که به من چگونه زیستن را آموختند.

تقدیم به همسر مهربانم که در تمام طول تحصیل یاریم نمود.

تقدیم به آنان که دعای خیرشان بدرقه ی راهم بود.

تقدیر و تشکر :

بالاترین حقی که فردی بر فرد دیگر پیدا می کند، حق تعلیم و ارشاد و هدایت است. با تبعیت از این فرمایش مولا علی علیه السلام " اگر کسی یک حرف مرا بیاموزد، مرا بنده خویش ساخته است" بسی شایسته است که از اساتید فرهیخته و فرزانه ام آقایان دکتر شاکری و دکتر محبی به مصداق آیه " من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق " تشکر و قدردانی نمایم، چرا که بدون راهنمایی‌های ایشان اتمام این پایان نامه بسیار مشکل می‌نمود. از دوست بسیار عزیزم جناب آقای مهندس قنبرپور و همچنین آقای مهندس تربالی به خاطر راهنمایی‌های بی چشمداشت ایشان که بسیاری از سختی‌ها را برایم هموار ساختند، کمال تشکر را دارم و نیز از کلیه کارمندان دانشکده فنی دانشگاه جهت همکاری بیدریغ ایشان جهت پیشبرد این پایان‌نامه سپاسگذارم.

در پایان از همسر عزیز، دلسوز و مهربانم که آرامش روحی و آسایش فکری فراهم نمودند تا در محیطی مطلوب، مراتب تحصیلی و نیز پایان نامه درسی را به نحو احسن به اتمام برسانم، سپاسگزاری می نمایم.

شکر خدا که هر چه طلب کردم از خدا، بر منتهای همت خود کامران شدم.

نام خانوادگی : علیزاده **نام** : قربان

عنوان پایان نامه : بهسازی لرزه ای سازه های فلزی با استفاده از میراگر جرمی تنظیم شده (TMD)

اساتید راهنما : دکتر کاظم شاکری - دکتر محتشم محبی

استاد مشاور : مهندس مرتضی علی قربانی

مقطع تحصیلی : کارشناسی ارشد **رشته** : عمران **گرایش** : زلزله **دانشگاه** : محقق اردبیلی

دانشکده : فنی و مهندسی **تاریخ فارغ التحصیلی** : 1390/7/24 **تعداد صفحه** : 180

کلید واژه ها : بهسازی لرزه ای ، جرم میراگر تنظیم شده ، تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی ، شبکه عصبی ، الگوریتم ژنتیک

چکیده :

ساختمانهای موجود که با استفاده از آیین نامه های قبلی طراحی شده اند اغلب با در نظر گرفتن آیین نامه های جدید در شرایط مختلف احتمال آسیب دیدن داشته و نیاز به بهسازی دارند. میراگر جرمی تنظیم شده (TMD) که یکی از سیستم های کنترل غیر فعال سازه ها بشمار می رود با جذب و استهلاک درصدی از انرژی ورودی به سازه، شرایط ایمن و پایداری را نسبت به ساختمانهای مشابه فراهم می کند. در مورد طراحی TMD در سازه های خطی یکسری روابط ریاضی موجود می باشد که طی مطالعاتی از سوی برخی محققین ارائه شده است ولی در سازه های غیر خطی رابطه ریاضی مشخصی جهت بهینه یابی پارامترهای TMD موجود نمی باشد بهمین دلیل برای بهینه یابی این پارامترها از روشهای عددی استفاده می شود. طولانی بودن مدت زمان مورد نیاز جهت تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی مدلهای سازه ای کامل تیر وستون از یکطرف و نیاز روشهای عددی به اجراهای متعدد در هر گام از طرف دیگر باعث شده که استفاده از روشهای عددی بسیار وقت گیر و یا در مواردی غیرممکن گردد. بطوریکه مطالعات موجود در خصوص سازه غیرخطی مجهز به TMD ، برروی مدل های ساده شده برشی فقط تحت اثر یک زلزله خاص صورت گرفته اند. پارامترهای بهینه شده برای یک زلزله بدلیل وابستگی پاسخ های بدست آمده از تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی به محتوای فرکانسی زلزله وارده، ممکن است بهنگام تاثیر دیگر زلزله ها نه تنها عملکرد سازه را بهتر نکند بلکه موجب بدتر شدن آن نیز گردد. از طرفی بر اساس آیین نامه های طراحی و بهسازی، در بهینه یابی پارامترهای TMD بایستی پاسخها براساس حداکثر پاسخ حاصل از سه زلزله قوی و یا متوسط پاسخ های حاصل از هفت زلزله سازگار با شرایط زمین ساختی منطقه کمینه گردد. در این تحقیق با استفاده از تکنیک شبکه عصبی مصنوعی جهت دستیابی سریع به پاسخ تحلیل های الگوریتم ژنتیک این مشکل برطرف شده است. سازه مورد مطالعه، قاب خمشی دوبعدی ساختمان 9 طبقه می باشد که با استفاده از نرم افزار OpenSees مدلسازی کامل تیر و ستون می شود. رکوردهای مورد مطالعه، 20 رکورد متناسب با شرایط زمین ساختی منطقه سازه مذکور می باشد. سازه مجهز به مجموعه انتخابی از پارامترهای TMD، تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی می شود و سپس با استفاده از پاسخهای ثبت شده و با استفاده از جعبه ابزار شبکه عصبی مصنوعی تابع بنیادی شعاعی (RBF) موجود در نرم افزار MATLAB ، برای تک تک زلزله ها یک شبکه عصبی مجزا آموزش داده می شود و با استفاده ازالگوریتم ژنتیک متصل به شبکه های عصبی مذکور نسبت به یافتن مقادیر بهینه پارامترهای TMD با چهار روش زیر اقدام می گردد که عبارتند از : 1-کمینه سازی حداکثر پاسخ حاصل از قویترین زلزله 2-کمینه سازی حداکثر پاسخ حاصل از سه زلزله قوی 3-کمینه سازی متوسط پاسخ حاصل از هفت زلزله قوی 4-کمینه سازی متوسط پاسخ حاصل از تمامی بیست زلزله. پس از یافتن مقادیر بهینه پارامترهای TMD نسبت به بهسازی لرزه ای سازه مذکور با روش تحلیل دینامیکی غیر خطی بر اساس دستورالعمل نشریه بهسازی و آیین نامه FEMA356 اقدام می شود.

فهرست مطالب

1- کلیات

1-1- مقدمه 2

1-2- هدف و ضرورت تحقیق 3

1-3- ابزار تحقیق و مدل مورد بررسی 3

1-4- ساختار پایان نامه 4

2- طراحی براساس عملکرد و بهسازی سازه ها

2-1- کلیات 6

2-2- تاریخچه و مبانی طراحی بر اساس عملکرد 6

2-3- سطوح عملکرد بر اساس دستورالعمل بهسازی و FEMA 7

2-3-1 - سطوح عملکرد اجزای سازه ای 8

2-3-1 – 1- سطح عملکرد 1- قابلیت استفاده ی بی وقفه 8

2-3-1 – 2- سطح عملکرد 2- خرابی محدود 8

2-3-1 – 3- سطح عملکرد3- ایمنی جانی 9

2-3-1 – 4- سطح عملکرد 4- ایمنی جانی محدود 9

2-3-1 – 5- سطح عملکرد 5- آستانه فرو ریزش 9

2-3-1 – 6- سطح عملکرد 6- لحاظ نشده 9

2-3-2 - سطوح عملکرد اجزای غیر سازه ای 9

2-3-2 -1- سطح عملکرد A – خدمت رسانی بی وقفه 9

2-3-2 -2- سطح عملکرد B – قابلیت استفاده بی وقفه 9

2-3-2 -3- سطح عملکرد C – ایمنی جانی 10

2-3-2 -4- سطح عملکرد D – ایمنی جانی محدود 10

2-3-2 -5- سطح عملکرد E – لحاظ نشده 10

2-3-3 - سطح عملکرد کل ساختمان 10

2-4 - هدف بهسازی 11

2-4 - 1- سطح خطر 11
2-4 - 2- سطوح عملکرد 11
2-4 - 3- بهسازی مبنا 12
2-4 - 4- بهسازی مطلوب 12
2-4 - 5- بهسازی ویژه 12
2-4 - 6- بهسازی محدود 13
2-4 - 7- بهسازی موضعی 13
2-5 – روشهای تحلیل 13
2- 5 – 1 - شرایط کاربرد روش تحلیل استاتیکی خطی 13
2- 5 – 2 - شرایط کاربرد روش تحلیل دینامیکی خطی 14
2- 5 – 3 - شرایط کاربرد روش تحلیل استاتیکی غیر خطی 15
2- 5 – 4 - شرایط کاربرد روش تحلیل دینامیکی غیر خطی 17
2- 6 - ارزیابی اعضا 18
2- 6 – 1- رفتار تلاش -تغییرشکل اجزا 18
2- 6 – 2- ارزیابی غیر خطی اعضا 20
2- 6 – 2-1- ارزیابی تیرها 20
2- 6 – 2-2- ارزیابی ستونها 22

3- کنترل سازه ها با استفاده از جرم میراگر تنظیم شده TMD

3-1- مقدمه 26
3-2- انواع میراگرها 27
3-2- 1 - میراگر فلزی تسلیم (Metallic yield damper) 27
3-2- 2 - میراگرهای ویسکوالاستیک (Viscoelastic Dampers) 27
3-2- 3 - میراگرهای اصطکاکی (Friction Dampers) 28
3-2- 4 - میراگرهای مایع لزج (Viscous fluid Damper) 28

3-2-5 - میراگر سیال هماهنگ شده (Tuned liquid dampers) 29
3-2-6 - میراگر جرمی تنظیم شده (Tuned mass damper) 29
3-3- تاریخچه مطالعات انجام شده بر روی عملکرد TMD 34
3-3-1- تاریخچه مطالعات انجام شده بر روی عملکرد TMD با در نظر گرفتن رفتار خطی سازه 34
3-3-2- تاریخچه مطالعات انجام شده بر روی عملکرد TMD با در نظر گرفتن رفتار غیر خطی سازه 36
3-4- روش های طراحی بهینه TMD برای سازه های با رفتار خطی 37
3-4- 1- روش طراحی بهینه دن هارتوگ 37
3-4- 2- روش طراحی بهینه لافت 37
3-4- 3- روش وربورتون 38
3-4- 4- روش ویلاورد 39
3-4- 5- روش فهیم و همکارانش 39
3- 5- معادلات غیر خطی حرکت سازه – TMD 40

4- بهینه یابی پارامترهای TMD با استفاده از شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک

4-1- مقدمه 43
4-2- مفهوم بهینه سازی 43
4-3- طبقه بندی روشهای جستجوی جواب بهینه 44
4-4- معرفی الگوریتم ژنتیک 45
4-4-1- مقدمه 45
4-4-2- تاریخچه الگوریتم ژنتیک 45
4-4- 3- عملگرهای ژنتیک 45
4-4- 3- 1- عملگر تکثیر 46
4-4- 3-2- عملگر پیوند 46
4-4- 3-3- عملگر جهش 46
4-4- 4- همگرایی الگوریتم ژنتیک 47
4-5- شبکه عصبی 47

4-5- 1- مقدمه 47
4-5- 2- مفهوم شبکه های عصبی بیولوژیکی 48
4-5- 3- ساختار شبکه عصبی بیولوژیکی 49
4-5- 4- شبکه های عصبی مصنوعی 50
4-5- 5- ویژگیهای شبکه عصبی مصنوعی 51
4-5- 5-1- قابلیت یادگیری 52
4-5- 5-2- پراکندگی اطلاعات 52
4-5- 5-3- قابلیت تعمیم 52
4-5- 5-4- پردازش موازی 53
4-5- 5-5- مقاوم بودن 53
4-5- 5-6- تحمل نویز و خطا 53
4-5- 6- تاریخچه شبکه های عصبی 54
4-5- 7- نرون مصنوعی 55
4-5- 8- توابع تحریک نرون 56
4-5- 8-1- تابع تحریک واحد 57
4-5- 8-2- تابع تحریک خطی 57
4-5- 8-3- تابع تحریک پله ای 57
4-5- 8-4- تابع تحریک سیگموئید 58
4-5- 8-5- تابع تحریک هیپربولیک 59
4-5- 9- بایاس و آستانه تحریک 59
4-5- 10- شبکه های تک لایه 60
4-5- 11- شبکه های چند لایه 61
4-5- 12- آموزش شبکه 62
4-5- 12-1- آموزش نظارت شده(با معلم) 63
4-5- 12-2- آموزش نظارت نشده(بدون معلم) 63

4-5- 12-3- مقادیر وزن های قبل از آموزش 64
4-5- 12-4- مشکلات آموزش 64
4-5- 13- شبکه های تابع بنیادی شعاعی (Radial Basis) 65
5- مطالعات عددی
5-1- مقدمه 69
5-2- شتاب نگاشت های مورد استفاده 70
5-3- نرم افزار مورد استفاده برای مدل سازی ، نحوه مدل سازی و صحت آنها 76
5-3-1- معرفی نرم افزار 76
5-3-2- مدل سازی سازه و جرم میراگر تنظیم شده 77
5-3-2- 1- میرایی سازه 78
5-3-2- 2- مشخصات مصالح ، مقاطع و المانهای سازه ای در نرم افزار 79
5-3-2- 3- پارامترهای تحلیل غیر خطی 80
5-3-3- بررسی صحت مدلسازی 80
5-3-3- 1 - بررسی صحت مدلسازی سازه SAC9 در Opensees 80
5-3-3- 2 - بررسی صحت مدلسازی جرم میراگر در Opensees 81
5-4 - پارامترهای میراگر جرمی تنظیم شده 82
5-5 - آموزش شبکه عصبی 84
5-5 -1- انتخاب مجموعه اطلاعات ورودی 85
5-5 -2- انتخاب مجموعه اطلاعات برای آموزش شبکه 87
5-5 -3- آموزش شبکه عصبی و محاسبه دقت شبکه آموزش دیده 88
5-6 - الگوریتم ژنتیک و تلفیق آن با شبکه عصبی 96
5-7 - بهینه سازی مشخصات میراگر جرمی 99
5-7 - 1- انتخاب بهترین میراگر جرمی برای قویترین زلزله 100
5-7 - 2- انتخاب بهترین میراگر جرمی با رویکرد کاهش حداکثر پاسخ تحت 3 زلزله قوی 142
5-7 - 3- انتخاب بهترین میراگر جرمی با رویکرد کاهش میانگین پاسخ تحت 7 زلزله قوی..... 145

5-7 - 4- انتخاب بهترین میراگر جرمی با رویکرد کاهش میانگین پاسخ تمامی زلزله ها 148

5-8 - ارزیابی لرزه ای سازه 151

5-8 -1- زاویه دوران تسلیم در اعضای اصلی (θy) 151

5-8 -2- ارزیابی اعضای اصلی سازه 156

5-8 -2- 1- اررزیابی تیرها 156

5-8 -2- 2- ارزیابی ستونها 157

5-8 -3- سطح عملکرد اعضای اصلی سازه 159

6- نتایج و پیشنهادات

6-1- نتایج 172

6-2- پیشنهادات جهت تحقیقات آتی 174

پیوست الف – مدل سازه ای مورد مطالعه 176

مراجع 178

فهرست جداول

فصل دوم

جدول 2-1 - سطح عملکرد کل ساختمان..... 10

جدول 2-2 - دامنه انتخاب سطوح مختلف عملکرد 12

جدول 2-3- معیار پذیرش تیر برای رفتار خمشی در روشهای غیر خطی 21

جدول 2-4- معیار پذیرش ستون برای رفتار خمشی بشرط $P/Pcl \leq 0.15$ در روشهای غیر خطی 22

جدول 2-5- معیار پذیرش ستون برای رفتار خمشی بشرط $0.15 < P/Pcl \leq 0.5$ در روشهای غیر خطی 23

فصل پنجم

جدول 5-1 – لیست رکوردهای گروه SAC ارائه شده برای شهر لس آنجلس با احتمال وقوع 2% در 50 سال 70

جدول 5-2 – جابجایی نسبی طبقات سازه کنترل نشده تحت زلزله های بیست گانه 75

جدول 5-3- مقایسه پریودها و اشکال مودی سازه مدل سازی شده SAC9 80

جدول 5-4 – مشخصات سازه 10 طبقه به کار رفته در آنالیزهای فهیم و همکارانش 81

جدول 5-5- مقایسه نتایج جابجایی مدل سازه برشی 10 طبقه و جرم میراگر تنظیم شده 82

جدول 5-6- دامنه مودهای یک تا نه و جرم موثر مود اول 83

جدول 5-7- پارامترهای بهینه میراگر جرمی برای درصدهای جرمی 1 تا 15 درصد با استفاده از روش فهیم و همکارانش 83

جدول 5-8- بازه انتخابی پارامترهای بهینه میراگر جرمی تنظیم شده 84

جدول 5-9- پارامترهای انتخاب شده برای ایجاد سری آموزش شبکه های عصبی 86

جدول 5-10- پارامترهای سری آزمون شبکه های عصبی 86

جدول 5-11- ماتریسهای P و T جهت آموزش شبکه عصبی زلزله la21 88

جدول 5-12- مقایسه ماکزیمم و میانگین خطای موجود در تست شبکه آموزش دیده برای کلیه زلزله ها 95

جدول 5-13- گروه بندی زلزله های بیست گانه مورد مطالعه بر اساس ماکزیمم جابجایی نسبی 99

جدول 5- 14- مقایسه نتایج حاصل از شبکه عصبی و تحلیل واقعی سازه با میراگر بهینه شده برای زلزله la36 101

جدول 5-15 - میزان تاثیر میراگر بهینه هر زلزله در کاهش ماکزیمم Drift سازه 113

جدول 5-16 – پارامترهای بهینه TMD تحت کلیه زلزله ها برای کاهش ماکزیمم Drift سازه 114
جدول 5-17 – پارامترهای TMD تحت کلیه زلزله ها طبق روش فهیم و همکارانش 128
جدول 5-18 – مقایسه نتایج ماکزیمم جابجایی نسبی سازه کنترل نشده و کنترل شده با دو روش متفاوت
الف) فهیم و همکارانش ب) روش بهینه یابی این تحقیق 140
جدول 5- 19- تاثیر میراگر بهینه شده برای ماکزیمم 3 زلزله la36-la35-la38 در کاهش جابجایی
نسبی ماکزیمم سازه تحت تمامی زلزله ها 143
جدول 5- 20- تاثیر میراگر بهینه شده برای کاهش میانگین جابجایی نسبی هفت زلزله
la24,la30,la35,la36,la37,la38,la40 در کاهش جابجایی نسبی ماکزیمم سازه تحت تمامی زلزله ها 146
جدول 5- 21- تاثیر میراگر بهینه شده برای کاهش میانگین جابجایی نسبی تمامی زلزله ها
بهنگام وقوع تک تک زلزله ها 149
جدول 5- 22- مشخصات مقاطع مورد استفاده در تیرها 152
جدول 5- 23- مشخصات مقاطع مورد استفاده در تیرها 152
جدول 5- 24- زاویه دوران تسلیم در المانهای تیر 153
جدول 5- 25- زاویه دوران تسلیم در المانهای ستون محور A-B-C 154
جدول 5- 26- زاویه دوران تسلیم در المانهای ستون محور D-E-F 155
جدول 5- 27- مقدار زاویه دوران خمیری مورد قبول برای المانهای تیر مطابق دستورالعمل نشریه بهسازی 156
جدول 5- 28- مقدار زاویه دوران خمیری مورد قبول برای المانهای ستون مطابق دستورالعمل نشریه بهسازی 158
جدول الف- 1- مشخصات مقاطع تیر و ستون ساختمان 9 طبقه گروه SAC 177

فهرست شکلها

فصل دوم

شکل 2-1 : طیف طرح مربوط به سطوح خطر زلزله 11

شکل 2-2 : کنترل محدوده کاربرد روش دینامیکی خطی 15

شکل 2-3- دسته بندی رفتار خطی و غیرخطی اجزا :الف -رفتار خطی، ب -رفتار غیرخطی

کنترل شونده توسط نیرو، پ - رفتار غیرخطی 19

فصل سوم

شکل 3-1 – میراگر فراهام 30

شکل 3-2 – برج 60 طبقه جان هانکوک 31

شکل 3-3 – سیستم جرم میراگر تنظیم شده در برج سیتی کرپ سنتر 32

شکل 3-4 – برج ملی کانادا 33

شکل 3-5 – جرم میراگر تنظیم شده واقع در برج بندر چیبا 34

شکل 3-6- سازه یک درجه آزادی الف) با میرایی ب) بدون میرایی،با TMD ج) با میرایی، با TMD 38

فصل چهارم

شکل 4-1- روشهای جستجو در مسائل بهینه سازی 44

شکل 4-2- ساختمان یک سلول عصبی بیولوژیک 50

شکل 4-3- ساختار یک نرون مصنوعی 56

شکل4-4 - نرون مصنوعی با تابع تحریک 57

شکل 4-5- تابع تحریک پله ای(محدود کننده) 58

شکل 4-6- تابع تحریک سیگموئید در محدوده 0 تا 1 58

شکل 4-7- عملکرد بایاس 59

شکل 4-8- شبکه های عصبی تک لایه با تمام ارتباطات ممکن 60

شکل 4-9- یک نمونه از شبمه های عصبی هاپفیلد 61

شکل 4-10 - شبکه عصبی دو لایه با تمام ارتباطات 62

شکل 4-11- ساختار شبکه Radial Basis 65

شکل 4-12- نمای شماتیکی یک شبکه Radial Basis 66

فصل پنجم

شکل 5-1- منحنی تاریخچه زمانی شتاب ، رکوردهای la21 الی la25 71

شکل 5-2- منحنی تاریخچه زمانی شتاب ، رکوردهای la26 الی la30 72

شکل 5-3- منحنی تاریخچه زمانی شتاب ، رکوردهای la31 الی la35 73

شکل 5-4- منحنی تاریخچه زمانی شتاب ، رکوردهای la36 الی la40 74

شکل 5-5- پروفیل جابجایی نسبی طبقات مختلف سازه کنترل نشده در زلزله های مختلف 76

شکل 5-6- شکل شماتیک مدل جرم میراگر تنظیم شونده 78

شکل 5-7- میزان تغییرات Drift TMD نسبت به تغییرات میرایی TMD برای زلزله la22 93

شکل 5-8- بهینه سازی براساس میانگین جابجایی نسبی تحت زلزله های la21-la22-la23-la24-la25-la36-la37 . 97

شکل 5-9- بهینه سازی براساس ماکزیمم Drift تحت زلزله la36 100

شکل 5-10- اثر TMD در کاهش ماکزیمم جابجایی جانبی سازه در زلزله های la21 تا la24 116

شکل 5-11- اثر TMD در کاهش ماکزیمم جابجایی جانبی سازه در زلزله های la25 تا la28 117

شکل 5-12- اثر TMD در کاهش ماکزیمم جابجایی جانبی سازه در زلزله های la29 تا la32 118

شکل 5-13- اثر TMD در کاهش ماکزیمم جابجایی جانبی سازه در زلزله های la33 تا la36 119

شکل 5-14- اثر TMD در کاهش ماکزیمم جابجایی جانبی سازه در زلزله های la37 تا la40 120

شکل 5- 15 – تاریخچه زمانی تغییر مکان جانبی نسبی طبقه 9 تحت زلزله la21 121

شکل 5- 16 – تاریخچه زمانی تغییر مکان جانبی نسبی طبقه 9 تحت زلزله های la22 الی la24 122

شکل 5- 17 – تاریخچه زمانی تغییر مکان جانبی نسبی طبقه 9 تحت زلزله های la25 الی la27 123

شکل 5- 18 – تاریخچه زمانی تغییر مکان جانبی نسبی طبقه 9 تحت زلزله های la28 الی la30 124

شکل 5- 19 – تاریخچه زمانی تغییر مکان جانبی نسبی طبقه 9 تحت زلزله های la31 الی la33 125

شکل 5- 20 – تاریخچه زمانی تغییر مکان جانبی نسبی طبقه 9 تحت زلزله های la34 الی la36 126

شکل 5- 21 – تاریخچه زمانی تغییر مکان جانبی نسبی طبقه 9 تحت زلزله های la37 الی la39 127

شکل 5- 22 – تاریخچه زمانی تغییر مکان جانبی نسبی طبقه 9 تحت زلزله la40 128
شکل 5- 23 – مقایسه نتایج ماکزیمم Drift و درصد کاهش RMS برای زلزله la21 130
شکل 5- 24 – مقایسه نتایج ماکزیمم Drift و درصد کاهش RMS برای زلزله های la23 , la22 131
شکل 5- 25 – مقایسه نتایج ماکزیمم Drift و درصد کاهش RMS برای زلزله های la25 , la24 132
شکل 5- 26 – مقایسه نتایج ماکزیمم Drift و درصد کاهش RMS برای زلزله های la27 , la26 133
شکل 5- 27 – مقایسه نتایج ماکزیمم Drift و درصد کاهش RMS برای زلزله های la29 , la28 134
شکل 5- 28 – مقایسه نتایج ماکزیمم Drift و درصد کاهش RMS برای زلزله های la31 , la30 135
شکل 5- 29 – مقایسه نتایج ماکزیمم Drift و درصد کاهش RMS برای زلزله های la33 , la32 136
شکل 5- 30 – مقایسه نتایج ماکزیمم Drift و درصد کاهش RMS برای زلزله های la35 , la34 137
شکل 5- 31 – مقایسه نتایج ماکزیمم Drift و درصد کاهش RMS برای زلزله های la37 , la36 138
شکل 5- 32– مقایسه نتایج ماکزیمم Drift و درصد کاهش RMS برای زلزله های la39 , la38 139
شکل 5- 33– مقایسه نتایج ماکزیمم Drift و درصد کاهش RMS برای زلزله la40 140
شکل 5- 34- مقایسه سطح عملکرد اعضای اصلی تحت زلزله la21 159
شکل 5- 35- مقایسه سطح عملکرد اعضای اصلی تحت زلزله la22 160
شکل 5- 36- مقایسه سطح عملکرد اعضای اصلی تحت زلزله la23 160
شکل 5- 37- مقایسه سطح عملکرد اعضای اصلی تحت زلزله la24 161
شکل 5- 38- مقایسه سطح عملکرد اعضای اصلی تحت زلزله la25 161
شکل 5- 39- مقایسه سطح عملکرد اعضای اصلی تحت زلزله la26 162
شکل 5- 40- مقایسه سطح عملکرد اعضای اصلی تحت زلزله la27 162
شکل 5- 41- مقایسه سطح عملکرد اعضای اصلی تحت زلزله la28 163
شکل 5- 42- مقایسه سطح عملکرد اعضای اصلی تحت زلزله la29 163
شکل 5- 43- مقایسه سطح عملکرد اعضای اصلی تحت زلزله la30 164
شکل 5- 44- مقایسه سطح عملکرد اعضای اصلی تحت زلزله la31 164
شکل 5- 45- مقایسه سطح عملکرد اعضای اصلی تحت زلزله la32 165
شکل 5- 46- مقایسه سطح عملکرد اعضای اصلی تحت زلزله la33 165

شکل 5- 47- مقایسه سطح عملکرد اعضای اصلی تحت زلزله la34 166
شکل 5- 48- مقایسه سطح عملکرد اعضای اصلی تحت زلزله la35 166
شکل 5- 49- مقایسه سطح عملکرد اعضای اصلی تحت زلزله la36 167
شکل 5- 50- مقایسه سطح عملکرد اعضای اصلی تحت زلزله la37 167
شکل 5- 51- مقایسه سطح عملکرد اعضای اصلی تحت زلزله la38 168
شکل 5- 52- مقایسه سطح عملکرد اعضای اصلی تحت زلزله la39 168
شکل 5- 53- مقایسه سطح عملکرد اعضای اصلی تحت زلزله la40 169
شکل الف- 1- پلان ساختمان 9 طبقه گروه SAC 176
شکل الف- 2- ارتفاع ساختمان 9 طبقه گروه SAC 176
شکل الف- 3- نمایش شکل پیرامونی قاب خمشی در پلان ساختمان 9 طبقه گروه SAC 177

فهرست گرافها

فصل پنجم

گراف 5-1- درصد اختلاف جابجایی نسبی طبقات از دو روش شبکه عصبی و تحلیل دقیق برای زلزله Kobe 89

گراف 5-2- درصد اختلاف جابجایی نسبی طبقات از دو روش شبکه عصبی و تحلیل دقیق برای زلزله Loma Prieta 89

گراف 5-3- درصد اختلاف جابجایی نسبی طبقات از دو روش شبکه عصبی و تحلیل دقیق برای زلزله Northridge 90

گراف 5-4- درصد اختلاف جابجایی نسبی طبقات از دو روش شبکه عصبی و تحلیل دقیق برای زلزله Tabas 90

گراف 5-5- درصد اختلاف جابجایی نسبی طبقات از دو روش شبکه عصبی و تحلیل دقیق برای زلزله Elysian Park 91

گراف 5-6- درصد اختلاف جابجایی نسبی طبقات از دو روش شبکه عصبی و تحلیل دقیق برای زلزله Palos Verdes..... 91

گراف 5-7- درصد اختلاف جابجایی نسبی میراگر جرمی از دو روش شبکه عصبی و تحلیل دقیق برای کلیه زلزله ها 92

گراف 5-8- درصد اختلاف جابجایی نسبی میراگر جرمی از دو روش شبکه عصبی خوشه بندی شده و
تحلیل دقیق برای زلزله کوبه la22 94

گراف 5-9- نحوه تاثیر میراگر بهینه زلزله la36 در کاهش ماکزیمم Drift سازه بهنگام وقوع سایر زلزله ها
بر اساس تحلیل واقعی 102

گراف 5-10- نحوه تاثیر میراگر بهینه زلزله la36 در کاهش ماکزیمم Drift سازه بهنگام وقوع سایر زلزله ها
بر اساس تحلیل واقعی 103

گراف 5-11- نحوه تاثیر میراگر بهینه زلزله la36 در کاهش ماکزیمم Drift سازه بهنگام وقوع سایر زلزله ها
بر اساس تحلیل واقعی 104

گراف 5-12- نحوه تاثیر میراگر بهینه زلزله la36 در کاهش ماکزیمم Drift سازه بهنگام وقوع سایر زلزله ها
بر اساس تحلیل واقعی 105

گراف 5-13- نحوه تاثیر میراگر بهینه زلزله la36 در کاهش ماکزیمم Drift سازه بهنگام وقوع سایر زلزله ها
بر اساس تحلیل واقعی 106

گراف 5-14- نحوه تاثیر میراگر بهینه زلزله la36 در کاهش ماکزیمم Drift سازه بهنگام وقوع سایر زلزله ها
بر اساس تحلیل واقعی 107

گراف 5-15- نحوه تاثیر میراگر بهینه زلزله la36 در کاهش ماکزیمم Drift سازه بهنگام وقوع سایر زلزله ها
بر اساس تحلیل واقعی 108
گراف 5-16- نحوه تاثیر میراگر بهینه زلزله la36 در کاهش ماکزیمم Drift سازه بهنگام وقوع سایر زلزله ها
بر اساس تحلیل واقعی 109
گراف 5-17- نحوه تاثیر میراگر بهینه زلزله la36 در کاهش ماکزیمم Drift سازه بهنگام وقوع سایر زلزله ها
بر اساس تحلیل واقعی 110
گراف 5-18- نحوه تاثیر میراگر بهینه زلزله la36 در کاهش ماکزیمم Drift سازه بهنگام وقوع سایر زلزله ها
بر اساس تحلیل واقعی 111
گراف 5-19- نحوه تاثیر میراگر بهینه زلزله la36 در کاهش ماکزیمم Drift سازه بهنگام وقوع سایر زلزله ها
بر اساس تحلیل واقعی 112
گراف 5-20- نحوه تاثیر میراگر بهینه شده برای کاهش ماکزیمم جابجایی نسبی سه زلزله
la36-la35-la38 بهنگام وقوع بقیه زلزله ها 142
گراف 5-21- نحوه تاثیر میراگر بهینه شده برای کاهش میانگین جابجایی نسبی هفت زلزله
la24,la30,la35,la36,la37,la38,la40 بهنگام وقوع بقیه زلزله ها 145
گراف 5-22- نحوه تاثیر میراگر بهینه شده برای کاهش میانگین جابجایی نسبی کلیه زلزله ها
بهنگام وقوع تک تک زلزله ها 148