

به نام خداوند جان و خرد



دانشگاه علم و فرهنگ

# پایان نامه کارشناسی ارشد

موضوع

بررسی تأثیر میراگرهای اصطکاکی در رفتار لرزه‌ای قاب‌های بتنی

استاد راهنما

جناب آقای دکتر ایمان حاجی رسولیها

نگارش

۱۳۸۹/۱/۲۴

علی محمدی

مجموعه اساتید دانشکده مهندسی  
تعمیر و بازسازی

تقدیم بہ حضور مقدس

درومادرم

کہ ہرچہ دارم حاصل زحمات آنهاست

باسپاس فراوان از استاد ارجمندم  
جناب آقای دکتر ایمان حاجی رسولیها  
که تهنات را بنامی من بودند

شماره: ۱۰۴۱  
تاریخ: ۸۸/۴/۱۳  
پیوست:

**فرم ارزشیابی نهایی پایان نامه کارشناسی ارشد**

نماینده محترم اداره تحصیلات تکمیلی :

احتراما" جلسه دفاع از پایان نامه: آقای علی محمدی رشته عمران -سازه تحت عنوان : "بررسی تاثیر میراگرهای اصطکاکی بر رفتار لرزه‌ای قابهای بتن مسلح" در تاریخ: ۱۳۸۸/۶/۲۱ با حضور هیات محترم داوران در دانشگاه علم و فرهنگ برگزار می گردد. مستدعی است پس از برگزاری جلسه دفاع و اخذ نمره اعضای محترم هیات داوران (به طور محرمانه) میانگین ارزشیابی آنان را محاسبه و در جدول زیر درج فرمایید.

ملاحظات	امتیاز کسب شده	حداکثر امتیاز
	۱۸٫۵	۲۰

امضاء:

رتبه علمی

نام و نام خانوادگی

اعضای هیات داوران

۱- استاد راهنما: آقای دکتر ایمان حاجی رسولیها

۲- استاد مشاور: آقای دکتر حسین پرستش

۳- استاد ناظر: آقای دکتر بهرام بهشتی اول

۴- نماینده تحصیلات تکمیلی: آقای دکتر محمد رضائی

**اداره کل تحصیلات تکمیلی**

احتراما" جلسه دفاع با حضور اعضای هیات داوران در تاریخ فوق برگزار و اعتبار آن از نظر رعایت کلیه مقررات آیین نامه مورد تایید است.

نماینده اداره تحصیلات تکمیلی



## فهرست

لیست جدول های استفاده شده ..... و

لیست عکسها و نمودارهای استفاده شده ..... ز

### فصل ۱

۱- کلیات ..... ۱

۱-۱- پیشگفتار ..... ۱

۲-۱- مقدمه ..... ۳

۳-۱- هدف تحقیق ..... ۵

### فصل ۲

۲- ساختار پایان نامه ..... ۷

### فصل ۳

۳- معرفی و مبانی انواع سیستمهای کنترل غیرفعال در سازه ها ..... ۹

۳-۱- میراگرهای فلزی ..... ۹

۳-۱-۱- بررسی مزایا و معایب میراگرهای فلزی ..... ۱۱

۳-۲- میراگرهای ویسکوالاستیک ..... ۱۲

۳-۲-۱- بررسی مزایا و معایب میراگرهای ویسکوالاستیک ..... ۱۳

۳-۳- میراگرهای ویسکوز ..... ۱۵

۳-۳-۱- بررسی مزایا و معایب میراگرهای ویسکوز ..... ۱۷

۳-۴- میراگرهای جرمی تنظیم شده ..... ۲۰

۳-۴-۱- بررسی مزایا و معایب میراگرهای جرمی تنظیم شده ..... ۲۲

- ۳-۵- میراگرهای مایعی تنظیم شده ..... ۲۵
- ۳-۵-۱- بررسی مزایا و معایب میراگرهای مایعی تنظیم شده ..... ۲۹
- ۳-۶- میراگرهای اصطکاکی ..... ۳۱
- ۳-۶-۱- بررسی مزایا و معایب میراگرهای اصطکاکی ..... ۴۰

## فصل ۴

- ۴- پانل های اصطکاکی ..... ۴۳
- ۴-۱- معرفی پانلهای اصطکاکی و بررسی مزایا و عملکردشان در بهبود رفتار لرزه ای سازه ها ..... ۴۳

## فصل ۵

- ۵- معرفی و طراحی قابهای مورد بررسی ..... ۴۷
- ۵-۱- معرفی نرم افزار ..... ۴۷
- ۵-۲- طراحی و معرفی قابهای بتن مسلح با میراگرهای اصطکاکی ..... ۴۷
- ۵-۳- بررسی درستی مدلسازی ها ..... ۵۳
- ۵-۴- تحریکات دینامیکی ..... ۵۶

## فصل ۶

- ۶- تأثیر میراگرهای اصطکاکی در رفتار لرزه ای قاب های بتنی ..... ۵۸
- ۶-۱- رفتار لرزه ای قاب های بتنی ..... ۵۸
- ۶-۲- بررسی پاسخ های سازه ها در برابر زلزله ..... ۵۹
- ۶-۲-۱- بیشینه تغییر مکان بام ..... ۶۰
- ۶-۲-۲- بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات ..... ۶۳
- ۶-۲-۳- برش پایه قاب ها ..... ۶۶
- ۶-۲-۴- بیشینه نیروی محوری ستون ها ..... ۶۹

۶-۲-۵- اتلاف انرژی ..... ۷۱

## فصل ۷

۷- بهینه سازی توزیع نیروی لغزش در ارتفاع قاب ها ..... ۷۹

۷-۱- پیشینه تغییر مکان بام ..... ۸۰

۷-۲- پیشینه تغییر مکان نسبی طبقات ..... ۸۳

۷-۳- برش پایه قاب ها ..... ۸۶

۷-۴- پیشینه نیروی محوری ستون ها ..... ۸۹

۷-۵- بیشترین اتلاف انرژی در پانل های اصطکاکی ..... ۹۳

## فصل ۸

۸- جمع بندی، نتیجه گیری و پیشنهاد برای ادامه کار ..... ۹۹

۸-۱- جمع بندی تحقیق ..... ۹۹

۸-۲- مهمترین نتایج به دست آمده ..... ۱۰۱

۸-۳- پیشنهاد برای ادامه تحقیق ..... ۱۰۲

## فصل ۹

۹- مراجع و منابع ..... ۱۰۳

## پیوست ها

پیوست الف- ویژگی ها، طراحی و مفروضات مربوط به قاب ها ..... ۱۰۷

الف-۱- معرفی قاب ها ..... ۱۰۷

الف-۲- طراحی قاب های مورد بررسی در این تحقیق ..... ۱۱۱

الف-۲-۱- فرضیات بارگذاری ..... ۱۱۱

الف-۲-۱-۱- بارگذاری لرزه ای ..... ۱۱۲



- الف-۲-۱-۱-۱ قاب ۵ طبقه ..... ۱۱۲
- الف-۲-۱-۱-۲ قاب ۱۰ طبقه ..... ۱۱۵
- الف-۲-۱-۱-۳ قاب ۱۵ طبقه ..... ۱۱۸
- الف-۲-۱-۱-۴ قاب ۲۰ طبقه ..... ۱۲۱
- الف-۲-۲ طراحی و مدلسازی قاب ها ..... ۱۲۴
- الف-۲-۲-۱ فرضیات طراحی ..... ۱۲۴
- بیوست ب- قوانین دستور کار بهسازی لرزه ای در به کارگیری میراگرها در بهسازی ساختمان ها ..... ۱۲۵
- ب-۱ مقدمه ..... ۱۲۵
- ب-۲ شاخص های عملکرد میراگر ..... ۱۲۷
- ب-۲-۱ فاکتور کاهش پاسخ ..... ۱۲۷
- ب-۲-۲ فاکتور کاهش برش پایه ..... ۱۲۸
- ب-۲-۳ فاکتور اتلاف انرژی میراگر ..... ۱۲۸
- ب-۲-۴ شاخص کارایی میراگر ..... ۱۲۹
- ب-۲-۵ شاخص تغییر مکان های نسبی ..... ۱۳۰
- ب-۲-۶ شاخص مطلق شتاب ..... ۱۳۱
- بیوست ج- نمودارهای مربوط به فصل شش ..... ۱۳۲
- بیوست د- نمودارهای مربوط به فصل هفت ..... ۱۴۴

## لیست جدول های استفاده شده

- جدول ۱-۵، مقایسه تناوب (پریود) مود یکم قاب ها در SAP2000 و DRAIN-2DX ..... ۵۴
- جدول ۲-۵، مقایسه بیشینه جابجایی بام و بیشینه جابجایی نسبی بین طبقه ای برای قاب ۵ طبقه ..... ۵۵
- جدول ۳-۵، مقایسه بیشینه جابجایی بام و بیشینه جابجایی نسبی بین طبقه ای برای قاب ۱۰ طبقه ..... ۵۵
- جدول ۴-۵، مقایسه بیشینه جابجایی بام و بیشینه جابجایی نسبی بین طبقه ای برای قاب ۱۵ طبقه ..... ۵۵
- جدول ۵-۵، مقایسه بیشینه جابجایی بام و بیشینه جابجایی نسبی بین طبقه ای برای قاب ۲۰ طبقه ..... ۵۵
- جدول ۱-۶، نیروهای متناظر پیک نمودارهای  $Rw_2$  به کیلوگرم ..... ۷۷
- جدول الف-۱، نیروهای جانبی طبقات در قاب ۵ طبقه ..... ۱۱۴
- جدول الف-۲، نیروهای جانبی طبقات در قاب ۱۰ طبقه ..... ۱۱۷
- جدول الف-۳، نیروهای جانبی طبقات در قاب ۱۵ طبقه ..... ۱۲۰
- جدول الف-۴، نیروهای جانبی طبقات در قاب ۲۰ طبقه ..... ۱۲۳

## لیست عکسها و نمودارهای استفاده شده

- شکل ۱-۱، نمودار نیرو- تغییر مکان برای سیستم های کنترل غیر فعال ..... ۴
- شکل ۱-۳، هندسه میراگرهای فلزی؛ تیر- پیچشی، تیر- خمشی و L شکل نواری ..... ۱۰
- شکل ۲-۳، میراگرهای X شکل و مثلثی ..... ۱۰
- شکل ۳-۳، نمونه پیکربندی میراگر ویسکوالاستیک ..... ۱۳
- شکل ۴-۳، مقایسه روابط نیرو- تغییر مکان میراگر ویسکوالاستیک در دو دمای متفاوت ..... ۱۴
- شکل ۵-۳، میراگر سیلندری ..... ۱۵
- شکل ۶-۳، دیوار میراگر لزج ..... ۱۶
- شکل ۷-۳، میراگر سیال Talor ..... ۱۶
- شکل ۸-۳، میراگر فنر الاستومر Jarret ..... ۱۷
- شکل ۹-۳، نمودار هیستریزس نیرو- تغییر مکان میراگر سیال لزج ..... ۱۹
- شکل ۱۰-۳، ضربه گیر نامیرا و جرم اصلی تحت اثر تحریک هارمونیک ..... ۲۱
- شکل ۱۱-۳، میراگر تلاطمی تنظیم شده ..... ۲۵
- شکل ۱۲-۳، مدل اولیه جذب کننده ارتعاشات دینامیکی ..... ۲۶
- شکل ۱۳-۳، میراگر مایعی با دو میراگر حل ناپذیر ..... ۲۶
- شکل ۱۴-۳، میراگرهای حلقوی و ستون مایع ..... ۲۷
- شکل ۱۵-۳، اتصال LSB ..... ۳۴
- شکل ۱۶-۳، میراگر اصطکاکی مهاربند ضربدری ..... ۳۴
- شکل ۱۷-۳، میراگر اصطکاکی سومیتومو ..... ۳۵

- شکل ۳-۱۸، قید اتلاف انرژی Nims ..... ۲۵
- شکل ۳-۱۹، اتصالات پیچی شیاردار ..... ۲۵
- شکل ۳-۲۰، پاسخ نیرو-جابجایی اتصالات پیچ شده لغزش محدود ..... ۲۶
- شکل ۳-۲۱، حلقه های هیستریزس اتصالات پیچ شده لغزش محدود (Slotted Bolted Connection) ..... ۲۷
- شکل ۳-۲۲، مدل رفتار هیستریک برای اتصالات پیچی لغزش محدود ..... ۲۸
- شکل ۳-۲۳، نتایج عددی تنش عمودی برای اتصالات LSB، نسبت دیوار با LSB به دیوار الاستیک ... ۳۹
- شکل ۳-۲۴، نتایج عددی تغییر شکل برای اتصالات LSB، نسبت دیوار با LSB به دیوار الاستیک ..... ۳۹
- شکل ۴-۱، سیستم پانل اصطکاکی ..... ۴۵
- شکل ۴-۲، سیستم پانل اصطکاکی با اتصال اصطکاکی U و T شکل ..... ۴۶
- شکل ۵-۱، شکل مدل اتصال ..... ۴۹
- شکل ۵-۳، نمودارهای اندرکنش تیرها و ستون ها ..... ۴۹
- شکل ۵-۴، شکل مدل اتصال ..... ۵۰
- شکل ۵-۵، نمودار تغییر شکل پلاستیک ..... ۵۰
- شکل ۵-۶، هندسه پانل ..... ۵۱
- شکل ۵-۷، درجات آزادی پانل ..... ۵۱
- شکل ۵-۸، مودهای تغییر شکل پانل ..... ۵۱
- شکل ۵-۹، چیدمان پانل های اصطکاکی در قاب ها ..... ۵۳
- شکل ۵-۱۰، شکل پانل های اصطکاکی مورد استفاده ..... ۵۳
- شکل ۵-۱۱، تحریکات دینامیکی ..... ۵۷
- شکل ۶-۱، بیشینه جابجایی بام، زلزله ال سترو ..... ۶۱
- شکل ۶-۲، بیشینه جابجایی بام، زلزله لندر ..... ۶۱

- شکل ۳-۶، بیشینه جابجایی نسبی، زلزله ال سنترو ..... ۶۴
- شکل ۴-۶، بیشینه جابجایی نسبی، زلزله لندر ..... ۶۴
- شکل ۵-۶، برش پایه، زلزله لندر ..... ۶۷
- شکل ۶-۶، برش پایه، زلزله نورث ریج ..... ۶۷
- شکل ۷-۶، بیشینه نیروی محوری ستون ها، زلزله ال سنترو ..... ۶۹
- شکل ۸-۶، بیشینه نیروی محوری ستون ها، زلزله نورث ریج ..... ۶۹
- شکل ۹-۶،  $RW_1$ ، زلزله ال سنترو ..... ۷۳
- شکل ۱۰-۶،  $RW_1$ ، زلزله لوماپریتا ..... ۷۳
- شکل ۱۱-۶،  $RW_2$ ، زلزله ال سنترو ..... ۷۵
- شکل ۱۲-۶،  $RW_2$ ، زلزله لندر ..... ۷۵
- شکل ۱-۷، چیدمان نیروی برشی در ارتفاع قاب؛ به ترتیب چیدمان مستطیلی، مثلثی و معکوس مثلثی ..... ۸۰
- شکل ۲-۷، بیشینه جابجایی بام قاب ۵ طبقه، زلزله ال سنترو ..... ۸۱
- شکل ۳-۷، بیشینه جابجایی بام قاب ۱۰ طبقه، زلزله ال سنترو ..... ۸۱
- شکل ۴-۷، بیشینه جابجایی بام قاب ۱۵ طبقه، زلزله ال سنترو ..... ۸۲
- شکل ۵-۷، بیشینه جابجایی بام قاب ۲۰ طبقه، زلزله ال سنترو ..... ۸۲
- شکل ۶-۷، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۵ طبقه، زلزله ال سنترو ..... ۸۴
- شکل ۷-۷، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۱۰ طبقه، زلزله ال سنترو ..... ۸۴
- شکل ۸-۷، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۱۵ طبقه، زلزله ال سنترو ..... ۸۵
- شکل ۹-۷، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۲۰ طبقه، زلزله ال سنترو ..... ۸۵
- شکل ۱۰-۷، برش پایه قاب ۵ طبقه، زلزله کیپ مندسینو ..... ۸۷
- شکل ۱۱-۷، برش پایه قاب ۱۰ طبقه، زلزله کیپ مندسینو ..... ۸۷
- شکل ۱۲-۷، برش پایه قاب ۱۵ طبقه، زلزله کیپ مندسینو ..... ۸۸

- شکل ۷-۱۳، برش پایه قاب ۲۰ طبقه، زلزله کیپ مندسینو ..... ۸۸
- شکل ۷-۱۴، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۵ طبقه، زلزله کوبه ..... ۹۰
- شکل ۷-۱۵، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۱۰ طبقه، زلزله کوبه ..... ۹۰
- شکل ۷-۱۶، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۱۵ طبقه، زلزله کوبه ..... ۹۱
- شکل ۷-۱۷، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۲۰ طبقه، زلزله کوبه ..... ۹۱
- شکل ۷-۱۸،  $Rw1$  قاب ۵ طبقه، زلزله نورتریج ..... ۹۴
- شکل ۷-۱۹،  $Rw1$  قاب ۱۰ طبقه، زلزله نورتریج ..... ۹۴
- شکل ۷-۲۰،  $Rw1$  قاب ۱۵ طبقه، زلزله نورتریج ..... ۹۵
- شکل ۷-۲۱،  $Rw1$  قاب ۲۰ طبقه، زلزله نورتریج ..... ۹۴
- شکل ۷-۲۲،  $Rw2$  قاب ۵ طبقه، زلزله ال سترو ..... ۹۶
- شکل ۷-۲۳،  $Rw2$  قاب ۱۰ طبقه، زلزله ال سترو ..... ۹۶
- شکل ۷-۲۴،  $Rw2$  قاب ۱۵ طبقه، زلزله ال سترو ..... ۹۷
- شکل ۷-۲۵،  $Rw2$  قاب ۲۰ طبقه، زلزله ال سترو ..... ۹۷
- شکل الف-۱، طیف شتاب طراحی آیین نامه UBC97 ..... ۱۱۰
- شکل الف-۲، قاب ۵ طبقه و نحوه چیدمان پانل ها در ارتفاع قاب ..... ۱۱۴
- شکل الف-۳، قاب ۱۰ طبقه و نحوه چیدمان پانل ها در ارتفاع قاب ..... ۱۱۷
- شکل الف-۴، قاب ۱۵ طبقه و نحوه چیدمان پانل ها در ارتفاع قاب ..... ۱۲۰
- شکل الف-۵، قاب ۲۰ طبقه و نحوه چیدمان پانل ها در ارتفاع قاب ..... ۱۲۳
- شکل ج-۱، بیشینه جابجایی بام، زلزله ال سترو ..... ۱۳۲
- شکل ج-۲، بیشینه جابجایی بام، زلزله لندر ..... ۱۳۲
- شکل ج-۳، بیشینه جابجایی بام، زلزله نورتریج ..... ۱۳۳
- شکل ج-۴، بیشینه جابجایی بام، زلزله کوبه ..... ۱۳۳

- شکل ج-۵، بیشینه جابجایی بام، زلزله کیپ مندسینو ..... ۱۳۳
- شکل ج-۶، بیشینه جابجایی بام، زلزله لوماپریتا ..... ۱۳۴
- شکل ج-۹، بیشینه جابجایی نسبی، زلزله نورثریج ..... ۱۳۴
- شکل ج-۱۰، بیشینه جابجایی نسبی، زلزله کوبه ..... ۱۳۴
- شکل ج-۱۱، بیشینه جابجایی نسبی، زلزله کیپ مندسینو ..... ۱۳۵
- شکل ج-۱۲، بیشینه جابجایی نسبی، زلزله لوماپریتا ..... ۱۳۵
- شکل ج-۱۳، برش پایه، زلزله ال سترو ..... ۱۳۵
- شکل ج-۱۴، برش پایه، زلزله لندر ..... ۱۳۶
- شکل ج-۱۵، برش پایه، زلزله نورثریج ..... ۱۳۶
- شکل ج-۱۶، برش پایه، زلزله کوبه ..... ۱۳۶
- شکل ج-۱۷، برش پایه، زلزله کیپ مندسینو ..... ۱۳۷
- شکل ج-۱۸، برش پایه، زلزله لوما پریتا ..... ۱۳۷
- شکل ج-۱۹، بیشینه نیروی محوری ستون ها، زلزله ال سترو ..... ۱۳۷
- شکل ج-۲۰، بیشینه نیروی محوری ستون ها، زلزله لندر ..... ۱۳۸
- شکل ج-۲۱، بیشینه نیروی محوری ستون ها، زلزله نورث ریج ..... ۱۳۸
- شکل ج-۲۲، بیشینه نیروی محوری ستون ها، زلزله کوبه ..... ۱۳۸
- شکل ج-۲۳، بیشینه نیروی محوری ستون ها، زلزله کیپ مندسینو ..... ۱۳۹
- شکل ج-۲۴، بیشینه نیروی محوری ستون ها، زلزله لوما پریتا ..... ۱۳۹
- شکل ج-۲۵،  $RW_1$ ، زلزله ال سترو ..... ۱۳۹
- شکل ج-۲۶،  $RW_1$ ، زلزله لندر ..... ۱۴۰
- شکل ج-۲۷،  $RW_1$ ، زلزله نورثریج ..... ۱۴۰
- شکل ج-۲۸،  $RW_1$ ، زلزله کوبه ..... ۱۴۰

- شکل ج-۲۹،  $RW_1$ ، زلزله کبک مهندسینو ..... ۱۴۱
- شکل ج-۳۰،  $RW_1$ ، زلزله لوماپریتا ..... ۱۴۱
- شکل ج-۳۱،  $RW_2$ ، زلزله ال سنترو ..... ۱۴۱
- شکل ج-۳۲،  $RW_2$ ، زلزله لندر ..... ۱۴۲
- شکل ج-۳۳،  $RW_2$ ، زلزله نورثریج ..... ۱۴۲
- شکل ج-۳۴،  $RW_2$ ، زلزله کوبه ..... ۱۴۲
- شکل ج-۳۵،  $RW_2$ ، زلزله کبک مهندسینو ..... ۱۴۳
- شکل ج-۳۶،  $RW_2$ ، زلزله لوماپریتا ..... ۱۴۳
- شکل د-۱، بیشینه جابجایی بام قاب ۵ طبقه، زلزله ال سنترو ..... ۱۴۴
- شکل د-۲، بیشینه جابجایی بام قاب ۱۰ طبقه، زلزله ال سنترو ..... ۱۴۴
- شکل د-۳، بیشینه جابجایی بام قاب ۱۵ طبقه، زلزله ال سنترو ..... ۱۴۵
- شکل د-۴، بیشینه جابجایی بام قاب ۲۰ طبقه، زلزله ال سنترو ..... ۱۴۵
- شکل د-۵، بیشینه جابجایی بام قاب ۵ طبقه، زلزله لندر ..... ۱۴۵
- شکل د-۶، بیشینه جابجایی بام قاب ۱۰ طبقه، زلزله لندر ..... ۱۴۶
- شکل د-۷، بیشینه جابجایی بام قاب ۱۵ طبقه، زلزله لندر ..... ۱۴۶
- شکل د-۸، بیشینه جابجایی بام قاب ۲۰ طبقه، زلزله لندر ..... ۱۴۶
- شکل د-۹، بیشینه جابجایی بام قاب ۵ طبقه، زلزله نورثریج ..... ۱۴۷
- شکل د-۱۰، بیشینه جابجایی بام قاب ۱۰ طبقه، زلزله نورثریج ..... ۱۴۷
- شکل د-۱۱، بیشینه جابجایی بام قاب ۱۵ طبقه، زلزله نورثریج ..... ۱۴۷
- شکل د-۱۲، بیشینه جابجایی بام قاب ۲۰ طبقه، زلزله نورثریج ..... ۱۴۸
- شکل د-۱۳، بیشینه جابجایی بام قاب ۵ طبقه، زلزله کوبه ..... ۱۴۸
- شکل د-۱۴، بیشینه جابجایی بام قاب ۱۰ طبقه، زلزله کوبه ..... ۱۴۸



- شکل د-۱۵، بیشینه جابجایی بام قاب ۱۵ طبقه، زلزله کوبه ..... ۱۴۹
- شکل د-۱۶، بیشینه جابجایی بام قاب ۲۰ طبقه، زلزله کوبه ..... ۱۴۹
- شکل د-۱۷، بیشینه جابجایی بام قاب ۵ طبقه، زلزله کیپ مندسینو ..... ۱۴۹
- شکل د-۱۸، بیشینه جابجایی بام قاب ۱۰ طبقه، زلزله کیپ مندسینو ..... ۱۵۰
- شکل د-۱۹، بیشینه جابجایی بام قاب ۱۵ طبقه، زلزله کیپ مندسینو ..... ۱۵۰
- شکل د-۲۰، بیشینه جابجایی بام قاب ۲۰ طبقه، زلزله کیپ مندسینو ..... ۱۵۰
- شکل د-۲۱، بیشینه جابجایی بام قاب ۵ طبقه، زلزله لوماپریتا ..... ۱۵۱
- شکل د-۲۲، بیشینه جابجایی بام قاب ۱۰ طبقه، زلزله لوماپریتا ..... ۱۵۱
- شکل د-۲۳، بیشینه جابجایی بام قاب ۱۵ طبقه، زلزله لوماپریتا ..... ۱۵۱
- شکل د-۲۴، بیشینه جابجایی بام قاب ۲۰ طبقه، زلزله لوماپریتا ..... ۱۵۲
- شکل د-۲۵، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۵ طبقه، زلزله ال سترو ..... ۱۵۲
- شکل د-۲۶، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۱۰ طبقه، زلزله ال سترو ..... ۱۵۲
- شکل د-۲۷، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۱۵ طبقه، زلزله ال سترو ..... ۱۵۳
- شکل د-۲۸، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۲۰ طبقه، زلزله ال سترو ..... ۱۵۳
- شکل د-۲۹، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۵ طبقه، زلزله لندر ..... ۱۵۳
- شکل د-۳۰، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۱۰ طبقه، زلزله لندر ..... ۱۵۴
- شکل د-۳۱، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۱۵ طبقه، زلزله لندر ..... ۱۵۴
- شکل د-۳۲، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۲۰ طبقه، زلزله لندر ..... ۱۵۴
- شکل د-۳۳، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۵ طبقه، زلزله نورتریج ..... ۱۵۵
- شکل د-۳۴، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۱۰ طبقه، زلزله نورتریج ..... ۱۵۵
- شکل د-۳۵، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۱۵ طبقه، زلزله نورتریج ..... ۱۵۵
- شکل د-۳۶، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۲۰ طبقه، زلزله نورتریج ..... ۱۵۶

- شکل د-۳۷، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۵ طبقه، زلزله کوبه ..... ۱۵۶
- شکل د-۳۸، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۱۰ طبقه، زلزله کوبه ..... ۱۵۶
- شکل د-۳۹، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۱۵ طبقه، زلزله کوبه ..... ۱۵۷
- شکل د-۴۰، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۲۰ طبقه، زلزله کوبه ..... ۱۵۷
- شکل د-۴۱، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۵ طبقه، زلزله کیپ مندسینو ..... ۱۵۷
- شکل د-۴۲، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۱۰ طبقه، زلزله کیپ مندسینو ..... ۱۵۸
- شکل د-۴۳، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۱۵ طبقه، زلزله کیپ مندسینو ..... ۱۵۸
- شکل د-۴۴، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۲۰ طبقه، زلزله کیپ مندسینو ..... ۱۵۸
- شکل د-۴۵، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۵ طبقه، زلزله لوماپریتا ..... ۱۵۹
- شکل د-۴۶، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۱۰ طبقه، زلزله لوماپریتا ..... ۱۵۹
- شکل د-۴۷، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۱۵ طبقه، زلزله لوماپریتا ..... ۱۵۹
- شکل د-۴۸، بیشینه تغییر مکان نسبی طبقات قاب ۲۰ طبقه، زلزله لوماپریتا ..... ۱۶۰
- شکل د-۴۹، برش پایه قاب ۵ طبقه، زلزله ال سترو ..... ۱۶۰
- شکل د-۵۰، برش پایه قاب ۱۰ طبقه، زلزله ال سترو ..... ۱۶۰
- شکل د-۵۱، برش پایه قاب ۱۵ طبقه، زلزله ال سترو ..... ۱۶۱
- شکل د-۵۲، برش پایه قاب ۲۰ طبقه، زلزله ال سترو ..... ۱۶۱
- شکل د-۵۳، برش پایه قاب ۵ طبقه، زلزله لندر ..... ۱۶۱
- شکل د-۵۴، برش پایه قاب ۱۰ طبقه، زلزله لندر ..... ۱۶۲
- شکل د-۵۵، برش پایه قاب ۱۵ طبقه، زلزله لندر ..... ۱۶۲
- شکل د-۵۶، برش پایه قاب ۲۰ طبقه، زلزله لندر ..... ۱۶۲
- شکل د-۵۷، برش پایه قاب ۵ طبقه، زلزله نورتریج ..... ۱۶۳
- شکل د-۵۸، برش پایه قاب ۱۰ طبقه، زلزله نورتریج ..... ۱۶۳

- شکل د-۵۹، برش پایه قاب ۱۵ طبقه، زلزله نورثریج ..... ۱۶۳
- شکل د-۶۰، برش پایه قاب ۲۰ طبقه، زلزله نورثریج ..... ۱۶۴
- شکل د-۶۱، برش پایه قاب ۵ طبقه، زلزله کوبه ..... ۱۶۴
- شکل د-۶۲، برش پایه قاب ۱۰ طبقه، زلزله کوبه ..... ۱۶۴
- شکل د-۶۳، برش پایه قاب ۱۵ طبقه، زلزله کوبه ..... ۱۶۷
- شکل د-۶۴، برش پایه قاب ۲۰ طبقه، زلزله کوبه ..... ۱۶۷
- شکل د-۶۵، برش پایه قاب ۵ طبقه، زلزله کیپ مندسینو ..... ۱۶۷
- شکل د-۶۶، برش پایه قاب ۱۰ طبقه، زلزله کیپ مندسینو ..... ۱۶۶
- شکل د-۶۷، برش پایه قاب ۱۵ طبقه، زلزله کیپ مندسینو ..... ۱۶۶
- شکل د-۶۸، برش پایه قاب ۲۰ طبقه، زلزله کیپ مندسینو ..... ۱۶۶
- شکل د-۶۹، برش پایه قاب ۵ طبقه، زلزله لوماپریتا ..... ۱۶۷
- شکل د-۷۰، برش پایه قاب ۱۰ طبقه، زلزله لوماپریتا ..... ۱۶۷
- شکل د-۷۱، برش پایه قاب ۱۵ طبقه، زلزله لوماپریتا ..... ۱۶۷
- شکل د-۷۲، برش پایه قاب ۲۰ طبقه، زلزله لوماپریتا ..... ۱۶۸
- شکل د-۷۳، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۵ طبقه، زلزله ال سترو ..... ۱۶۸
- شکل د-۷۴، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۱۰ طبقه، زلزله ال سترو ..... ۱۶۸
- شکل د-۷۵، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۱۵ طبقه، زلزله ال سترو ..... ۱۶۹
- شکل د-۷۶، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۲۰ طبقه، زلزله ال سترو ..... ۱۶۹
- شکل د-۷۷، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۵ طبقه، زلزله لندر ..... ۱۶۹
- شکل د-۷۸، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۱۰ طبقه، زلزله لندر ..... ۱۷۰
- شکل د-۷۹، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۱۵ طبقه، زلزله لندر ..... ۱۷۰
- شکل د-۸۰، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۲۰ طبقه، زلزله لندر ..... ۱۷۰

- شکل د-۸۱، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۵ طبقه، زلزله نورتریج ..... ۱۷۱
- شکل د-۸۲، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۱۰ طبقه، زلزله نورتریج ..... ۱۷۱
- شکل د-۸۳، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۱۵ طبقه، زلزله نورتریج ..... ۱۷۱
- شکل د-۸۴، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۲۰ طبقه، زلزله نورتریج ..... ۱۷۲
- شکل د-۸۵، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۵ طبقه، زلزله کوبه ..... ۱۷۲
- شکل د-۸۶، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۱۰ طبقه، زلزله کوبه ..... ۱۷۲
- شکل د-۸۷، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۱۵ طبقه، زلزله کوبه ..... ۱۷۳
- شکل د-۸۸، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۲۰ طبقه، زلزله کوبه ..... ۱۷۳
- شکل د-۸۹، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۵ طبقه، زلزله کیپ مندسینو ..... ۱۷۳
- شکل د-۹۰، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۱۰ طبقه، زلزله کیپ مندسینو ..... ۱۷۴
- شکل د-۹۱، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۱۵ طبقه، زلزله کیپ مندسینو ..... ۱۷۴
- شکل د-۹۲، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۲۰ طبقه، زلزله کیپ مندسینو ..... ۱۷۴
- شکل د-۹۳، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۵ طبقه، زلزله لوماپریتا ..... ۱۷۵
- شکل د-۹۴، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۱۰ طبقه، زلزله لوماپریتا ..... ۱۷۵
- شکل د-۹۵، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۱۵ طبقه، زلزله لوماپریتا ..... ۱۷۵
- شکل د-۹۶، بیشینه نیروی محوری ستون ها در قاب ۲۰ طبقه، زلزله لوماپریتا ..... ۱۷۶
- شکل د-۹۷،  $Rw1$  قاب ۵ طبقه، زلزله ال سترو ..... ۱۷۶
- شکل د-۹۸،  $Rw1$  قاب ۵ طبقه، زلزله لندر ..... ۱۷۶
- شکل د-۹۹،  $Rw1$  قاب ۵ طبقه، زلزله نورتریج ..... ۱۷۷
- شکل د-۱۰۰،  $Rw1$  قاب ۵ طبقه، زلزله کوبه ..... ۱۷۷
- شکل د-۱۰۱،  $Rw1$  قاب ۵ طبقه، زلزله کیپ مندسینو ..... ۱۷۷
- شکل د-۱۰۲،  $Rw1$  قاب ۵ طبقه، زلزله کیپ لوماپریتا ..... ۱۷۸