بسم الله الرحمن الرحیم

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق

موضوع این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه علم و فرهنگ است.

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه علم و فرهنگ

دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران – گرایش زلزله

بررسی تاثیر برخورد ساختمان‌های با قاب‌های بتن مسلح مجاور هم در هنگام زلزله بر عملکرد لرزه‌ای آنها

نگارش

رویا مقابلی

استاد راهنما

دکتر حسین پرستش

مهر ماه ۱۳۹۲

تقدیم به پدر بزرگوار و مادر مهربانم

آن دو فرشته‌ای که از خواسته‌هایشان گذشتند، سختی‌ها را به جان خریدند و خود را سپر بلای مشکلات و ناملایمات کردند تا من به جایگاهی که اکنون در آن ایستاده‌ام برسم .

تقدیم به همسرعزیزم

به پاس قدردانی از قلبی آکنده از عشق و معرفت، که محیطی سرشار از آرامش و آسایش برای من فراهم آورده است و با صبوری و مهربانی، در تمامی لحظات رفیق راه بود، او که پناه خستگی‌ام هست و امید بودنم.

تقدیم به گل نازم، آرین دلبندم

امید بخش جانم، که آسایش او آرامش من است. او که کودکی گمشده‌ام را در چهره معصومش پیدا کردم.

تشکر و قدردانی

بر خود واجب می‌دانم که از زحمات و رهنمودهای جناب آقای دکتر حسین پرستش، استاد راهنمای گرامیم، نهایت تشکر و قدردانی را داشته باشم. زیرا پژوهش حاضر، حاصل تلاش اینجانب در سایه صبوری و حمایت بی‌دریغ این انسان بزرگوار است. همچنین لازم می‌دانم از اساتید ارجمندم جناب آقای دکتر ایمان حاجی‌رسولیها و جناب آقای دکتر علی نیکخو که در مراحل مختلف از راهنمایی‌های ارزنده این بزرگواران بهره‌مند شدم کمال تشکر را داشته باشم و نیز از استاد محترم جناب آقای دکتر رضا کرمی که داوری این پایان‌نامه را بر عهده داشتند بسیار سپاس‌گزارم. در نهایت از تمام عزیزانم که مرا در این مسیر یاری کردند متشکرم.

چکیده

در هنگام زلزله ارتعاش غیر هم‌فاز ساختمان‌های مجاور با فاصله درز انقطاع ناکافی، باعث برخورد و ضربه بین آنها می‌شود که ممکن است شرایط بارگذاری بحرانی‌تری نسبت به حالت ارتعاش بدون ضربه ایجاد کند. خطر برخورد بویژه در نواحی مسکونی پرجمعیت شهرهای بزرگ، به‌دلیل محدودیت زمین و مقدار درز انقطاع، از اهمیت بیشتری برخوردار است.

هدف از این تحقیق مدل‌سازی سازه‌های مجاور هم و بررسی اثرات برخورد می‌باشد. بر این اساس ابتدا به بررسی مشاهدات اثر برخورد ساختمان‌ها در زلزله‌های اخیر و دلایل وقوع ضربه در آنها پرداخته شده است و سپس مدل‌های تعریف شده برای برخورد مورد بررسی قرار می‌گیرند. ابتدا با ساده‌سازی سیستم‌های ساختمانی به مدل‌های ساده شده‌ی یک درجه آزادی، تاثیر پارامترهای مختلف پریود، میرایی، سختی و فاصله‌ی بین دو سازه مجاور در رفتار وقوع برخورد مورد بررسی قرار گرفته است. سپس در گام بعدی قاب‌های بتن مسلح مجاور هم مورد مطالعه قرار می‌گیرند وپارامترهای متغیر تحلیل در این مرحله شامل تعداد طبقات، تعداد دهانه‌ها و اختلاف تراز بین طبقات سازه‌های مجاور هم می‌باشد. همچنین مدل‌ها تحت تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی قرار گرفته‌اند. نتایج تحلیل‌ها نشان می‌دهد که برخورد به اختلاف فاز موجود در ارتعاش دو سازه مجاور هم شدیدا وابسته بوده و البته این اختلاف فاز به عواملی همچون سختی، جرم، میرایی و ظرفیت هر یک از سازه‌ها بستگی دارد. در ساختمان‌های مجاور هم، که اختلاف تراز طبقاتی دارند و پریود اولیه آنها نزدیک به یکدیگر است؛ باید به اثرات موضعی برخورد در حالت برخورد کف یک سازه به ستون سازه مجاور، توجه لازم صورت گیرد.

کلید واژه : ساختمان‌های مجاورهم، برخورد، درز انقطاع، قاب‌های بتن مسلح، OpenSEES

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول ـ کلیات تحقیق

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- تاریخچه برخورد سازه‌ها در حین زلزله ۳

۱-۳- اهداف و زمینه تحقیق..... ۴

۱-۴- ساختار پایان نامه ۵

فصل دوم ـ مروری بر مطالعات گذشته در زمینه برخورد ساختمان‌های مجاور

۲-۱- مقدمه ۸

۲-۲- موقعیت های ساختمانی در معرض ضربه..... ۸

۲-۳- خرابی‌های گزارش شده ناشی از برخورد ساختمان‌های مجاور در زلزله‌های گذشته ۱۱

فصل سوم ـ معرفی مدل‌های تحلیلی برخورد و بررسی مطالعات پیشین

۳-۱- مقدمه ۲۱

۳-۲- مدل‌های تحلیلی برخورد ۲۱

۳-۲-۱- روش Stereo Mechanical ۲۱

۳-۲-۲- روش المان تماسی ۲۳

۳-۲-۲-۱- مدل فنر خطی (الاستیک خطی) ۲۳

۳-۲-۲-۲- مدل کلوین (ویسکو الاستیک خطی)..... ۲۴

۳-۲-۲-۳- مدل هرتز (Hertz Model) ۲۵

۳-۲-۲-۴- مدل هرتز با میراگر غیرخطی (مدل میراگر هرتز) ۲۶

۳-۲-۲-۵- مدل ویسکو الاستیک غیرخطی ۲۸

۳-۲-۲-۶- مدل اصلاح شده کلوین ۲۹
۳-۲-۲-۷- محدودیت‌های روش المان تماسی ۳۰
۳-۳- بررسی مطالعات پیشین ۳۱
۳-۳-۱- مطالعات تحلیلی ۳۱
۳-۳-۲- مطالعات آزمایشگاهی ۴۱
فصل چهارم ـ مدل‌سازی برخورد به روش هرتز و صحت‌سنجی آن
۴-۱- مقدمه ۴۶
۴-۲- معرفی نرم‌افزار OpenSEES ۴۶
۴-۳- مدل‌سازی برخورد با مدل ویسکو الاستیک غیرخطی ۴۷
۴-۴- مشخصات مدل اجزاء محدود در نرم‌افزار OpenSEES ۴۸
۴-۴-۱- خصوصیات مقطع فایبر ۴۹
۴-۴-۲- مدل‌سازی مقاطع تیر و ستون با استفاده از المان‌های غیرخطی ۵۰
۴-۴-۲-۱- اثر محصورشدگی خاموت‌ها ۵۰
۴-۴-۳- المان غیرخطی جهت مدل‌سازی برخورد ۵۱
۴-۴-۴- مصالح به کار رفته در مدل ۵۲
۴-۵- معرفی روش تحلیل ۵۳
۴-۵-۱- تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی ۵۳
۴-۵-۲- تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیرخطی ۵۴
۴-۶- معرفی رکورد تحلیل ۵۵
۴-۶-۱- زمین‌لرزه ایمپریال ولی ۵۵
۴-۶-۲- زمین‌لرزه کوبه ۵۶

۴-۷- کنترل صحت مدل‌سازی ۵۸

۴-۷-۱- صحت‌سنجی سرعت نسبی برخورد بین دو سیستم یک‌درجه آزادی ۵۸

فصل پنجم ـ بررسی اثر برخورد لرزه‌ای در سیستم‌های یک‌درجه آزادی ساده

۵-۱- مقدمه ۶۴

۵-۲- مدل‌سازی سیستم‌های یک‌درجه آزادی در مجاورت هم ۶۴

۵-۲-۱- اثر داخل هم رفتن در مدل‌ها ۶۵

۵-۳- پارامترهای متغیر تحلیل سیستم یک‌درجه آزادی ۶۵

۵-۴- تحلیل مدل‌ها و استخراج نتایج سیستم یک‌درجه آزادی ۶۶

۵-۴-۱- ماکزیمم جابجایی دو سازه مجاور ۶۷

۵-۴-۲- ماکزیمم جابجایی فنر برخورد بین دو سازه مجاور ۷۰

۵-۴-۳- ماکزیمم نیروی برخورد بین دو سازه مجاور ۷۲

۵-۴-۴- ماکزیمم نیروی برش پایه ۷۴

۵-۵- جمع‌بندی فصل ۷۶

فصل ششم ـ بررسی اثر برخورد لرزه‌ای در قاب‌های بتن مسلح

۶-۱- مقدمه ۷۸

۶-۲- شرح مدل‌سازی، تحلیل و طراحی سازه‌های انتخابی ۷۸

۶-۳- مدل‌سازی قاب‌ها در OpenSEES ۸۳

۶-۴- مشخصات دینامیکی قاب‌ها ۸۴

۶-۵- تحلیل مدل‌ها و استخراج نتایج قاب‌های بتن مسلح ۸۵

۶-۵-۱- ماکزیمم جابجایی بام ۸۵

۶-۵-۱-۱- ماکزیمم جابجایی بام در مدل شماره ۱ ..... ۸۶

۶-۵-۱-۲- ماکزیمم جابجایی بام در مدل شماره ۲ ..... ۸۷
۶-۵-۱-۳- ماکزیمم جابجایی بام در مدل شماره ۳ ..... ۸۸
۶-۵-۱-۴- ماکزیمم جابجایی بام در مدل شماره ۴ ..... ۹۰
۶-۵-۲- تاریخچه زمانی پاسخ جابجایی بام ۹۲
۶-۵-۲-۱- تاریخچه زمانی پاسخ جابجایی بام در مدل شماره ۱ ..... ۹۲
۶-۵-۲-۲- تاریخچه زمانی پاسخ جابجایی بام در مدل شماره ۲ ..... ۹۲
۶-۵-۲-۳- تاریخچه زمانی پاسخ جابجایی بام در مدل شماره ۳ ..... ۹۳
۶-۵-۲-۴- تاریخچه زمانی پاسخ جابجایی بام در مدل شماره ۴ ..... ۹۴
۶-۵-۲-۵- مقایسه‌ی تاریخچه زمانی پاسخ جابجایی بام در مدل‌های مورد بررسی ۹۴
۶-۵-۳- ماکزیمم برش پایه ۹۵
۶-۵-۳-۱- ماکزیمم برش پایه در مدل شماره ۱ ..... ۹۵
۶-۵-۳-۲- ماکزیمم برش پایه در مدل شماره ۲ ..... ۹۶
۶-۵-۳-۳- ماکزیمم برش پایه در مدل شماره ۳ ..... ۹۷
۶-۵-۳-۴- ماکزیمم برش پایه در مدل شماره ۴ ..... ۹۹
۶-۵-۳-۵- مقایسه و بررسی نتایج تحلیل نیروی برش پایه در مدل‌ها ۱۰۱
۶-۵-۴- حداکثر نسبت دریفت بین طبقات ۱۰۲
۶-۵-۴-۱- حداکثر نسبت دریفت بین طبقات در مدل شماره ۱ ..... ۱۰۲
۶-۵-۴-۲- حداکثر نسبت دریفت بین طبقات در مدل شماره ۲ ..... ۱۰۵
۶-۵-۴-۳- حداکثر نسبت دریفت بین طبقات در مدل شماره ۳ ..... ۱۱۰
۶-۵-۴-۴- حداکثر نسبت دریفت بین طبقات در مدل شماره ۴ ..... ۱۱۵
۶-۵-۵- مقایسه انقطاع‌ها ۱۲۴

۶-۵-۵-۱- بررسی ماکزیمم جابجایی بام به ازای درز انقطاع‌های مختلف در مدل شماره ۱.....۱۲۴

۶-۵-۵-۲- بررسی ماکزیمم جابجایی بام به ازای درز انقطاع‌های مختلف در مدل شماره ۲.....۱۲۵

۶-۵-۵-۳- بررسی ماکزیمم جابجایی بام به ازای درز انقطاع‌های مختلف در مدل شماره ۴.....۱۲۶

۶-۵-۵-۴- بررسی ماکزیمم برش پایه به ازای درز انقطاع‌های مختلف در مدل شماره ۱ .....۱۲۷

۶-۵-۵-۵- بررسی ماکزیمم برش پایه به ازای درز انقطاع‌های مختلف در مدل شماره ۲ .....۱۲۸

۶-۵-۵-۶- بررسی ماکزیمم برش پایه به ازای درز انقطاع‌های مختلف در مدل شماره ۴ .....۱۲۹

۶-۵-۶- مقایسه اثر لنگر خمشی در ستون با ظرفیت ستون، در تماس دو ساختمان ۱۳۰

۶-۵-۷- بررسی اثر اختلاف تراز طبقات دو قاب مجاور ۱۳۱

۶-۵-۷-۱- اثر اختلاف تراز طبقات بین دو قاب ۴ طبقه و ۶ طبقه در مجاور هم ۱۳۱

۶-۵-۷-۲- اثر اختلاف تراز طبقات بین دو قاب ۵ طبقه و ۶ طبقه در مجاور هم ۱۳۳

۶-۵-۷-۳- جمع بندی اثر اختلاف تراز در قاب‌های مجاور هم ۱۳۵

فصل هفتم ـ نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۷-۱- نتیجه‌گیری ۱۳۷

۷-۲- پیشنهادات ۱۳۸

فهرست مراجع.....۱۳۷

پیوست الف - بررسی درز انقطاع در آیین‌نامه‌ها ۱۴۳

فهرست علایم و نشانه‌ها

عنوان	علامت اختصاری
سرعت جسم برخورد کننده	V
ضریب جبران	e
جرم جسم برخورد کننده	m
درز انقطاع	g_p
نیروی تماسی	F_c
سختی	k
جابجایی	u
میرایی	c
ضریب میرایی	ξ
ضریب هرتز	n
نفوذ نسبی	δ
مدول الاستیسیته	E
ضریب پواسون	υ
شعاع گوی	R
زمان	t
فرکانس طبیعی	ω_n
فاصله خاموت‌ها	S
طول مقطع	b_w
ارتفاع موثر مقطع	d
مقاومت تسلیم	F_y
پریود ارتعاشی	T
ارتفاع سازه	H
ارتفاع تیر	h
نیروی محوری	P

فهرست جدول‌ها

عنوان صفحه

جدول ۴-۱ مشخصات دو سازه یک‌درجه آزادی هم‌جوار ۶۲

جدول ۵-۱- نسبت بین میرایی‌های مختلف ۶۶

جدول ۵-۲ نسبت بین پریودهای مختلف..... ۶۶

جدول ۵-۳ ماکزیمم جابجایی مطلق سازه یک درجه آزادی اول بر حسب متر، به ازای نسبت‌های مختلف میرایی و پریود، به ازای درز انقطاع ۱ سانتیمتر و تحت رکورد ال‌سنترو..... ۶۷

جدول ۵-۴ ماکزیمم جابجایی مطلق سازه یک درجه آزادی دوم بر حسب متر، به ازای نسبت‌های مختلف میرایی و پریود، به ازای درز انقطاع ۱ سانتیمتر و تحت رکورد ال‌سنترو..... ۶۸

جدول ۵-۵ ماکزیمم جابجایی نسبی بین سازه یک درجه آزادی اول و دوم بر حسب متر، به ازای نسبت‌های مختلف میرایی و پریود، به ازای درز انقطاع ۱ سانتیمتر و تحت رکورد ال‌سنترو ۶۸

جدول ۵-۶ ماکزیمم جابجایی‌ها بر حسب متر، به ازای نسبتهای مختلف میرایی و پریود، به ازای درز انقطاع ۱ سانتیمتر و تحت رکورد کوبه ۶۹

جدول۵-۷ ماکزیمم جابجایی فنر برخورد بر حسب متر، به ازای نسبت‌های مختلف میرایی و پریود، به ازای درز انقطاع ۱ سانتیمتر و تحت رکورد ال‌سنترو ۷۰

جدول۵-۸ ماکزیمم جابجایی فنر برخورد بر حسب متر، به ازای نسبت‌های مختلف میرایی و پریود، به ازای درز انقطاع ۱ سانتیمتر و تحت رکورد کوبه ۷۱

جدول ۵-۹ ماکزیمم نیروی برخورد بر حسب نیوتن، به ازای نسبتهای مختلف میرایی و پریود، به ازای درز انقطاع ۱ سانتیمتر تحت رکورد ال‌سنترو..... ۷۲

جدول ۵-۱۰ ماکزیمم نیروی برخورد بر حسب نیوتن، به ازای نسبتهای مختلف میرایی و پریود، به ازای درز انقطاع ۱ سانتیمتر تحت رکورد کوبه ۷۳

جدول ۵-۱۱ ماکزیمم نیروی برش پایه بر حسب نیوتن، به ازای نسبتهای مختلف میرایی و پریود، به ازای درز انقطاع ۱ سانتیمتر تحت رکورد ال‌سنترو.....۷۴

جدول ۵-۱۲ ماکزیمم نیروی برش پایه بر حسب نیوتن، به ازای نسبتهای مختلف میرایی و پریود، به ازای درز انقطاع ۱ سانتیمتر تحت رکورد کوبه ۷۵

جدول ۵-۱۳ ماکزیمم مقدار نمودارها به ازای فاصله جدایی ۱ سانتیمتر تحت رکورد ال‌سنترو ۷۶

جدول ۵-۱۴ ماکزیمم مقدار نمودارها به ازای فاصله جدایی ۱ سانتیمتر تحت رکورد کوبه ۷۶

جدول ۶-۱ معرفی مدل‌های تحلیلی.....۷۸

جدول ۶-۲ مشخصات طراحی قابهای بتن مسلح (قاب خمشی متوسط).....۸۰

جدول ۶-۳ مشخصات مقاطع طراحی شده قاب بتنی ۴ طبقه.....۸۱

جدول ۶-۴ مشخصات مقاطع طراحی شده قاب بتنی ۶ طبقه.....۸۱

جدول ۶-۵ مشخصات مقاطع طراحی شده قاب بتنی ۱۲ طبقه.....۸۲

جدول ۶-۶ مشخصات دینامیکی مدل شماره ۱ (قاب بتنی ۴ طبقه با یک دهانه) ۸۴

جدول ۶-۷ مشخصات دینامیکی مدل شماره ۲ (قاب بتنی ۶ طبقه با یک دهانه).....۸۴

جدول ۶-۸ مشخصات دینامیکی مدل شماره ۳ (قاب بتنی ۱۲ طبقه با یک دهانه).....۸۴

جدول ۶-۹ مشخصات دینامیکی مدل شماره ۴ (قاب بتنی ۴ طبقه با ۳ دهانه) ۸۴

جدول ۶-۱۰- حداکثر جابجایی بام در قاب ۴ طبقه با ۱ دهانه ۸۶

جدول ۶-۱۱ حداکثر جابجایی بام در قاب ۶ طبقه با ۱ دهانه ۸۷

جدول ۶-۱۲ حداکثر جابجایی بام در قاب ۱۲ طبقه با ۱ دهانه ۸۹

جدول۶-۱۳ حداکثر جابجایی بام در قاب ۴ طبقه با ۳ دهانه ۹۰

جدول۶-۱۴ مقایسه زمان وقوع اولین برخورد به ازای درز انقطاع ۵ سانتیمتر در مدل‌های مورد بررسی.....۹۴

جدول ۶-۱۵ حداکثر برش پایه در ستون‌های طبقه اول در قاب ۴ طبقه با ۱ دهانه ۹۵

جدول ۶-۱۶ حداکثر برش پایه در ستون‌های طبقه اول در قاب ۶ طبقه با ۱ دهانه.....۹۶

جدول ۶-۱۷ حداکثر برش پایه در ستون‌های طبقه اول در قاب ۱۲طبقه با ۱ دهانه ۹۸
جدول ۶-۱۸ حداکثر برش پایه در ستون‌های طبقه اول در قاب ۴ طبقه با ۳ دهانه بر حسب نیوتن ۹۹
جدول ۶-۱۹ حداکثر جابجایی نسبی بین طبقات اول و دوم در قاب ۴ طبقه با ۱ دهانه ۱۰۲
جدول ۶-۲۰ حداکثر جابجایی نسبی بین طبقات دوم و سوم در قاب ۴ طبقه با ۱ دهانه ۱۰۳
جدول ۶-۲۱ حداکثر جابجایی نسبی بین طبقات سوم و چهارم در قاب ۴ طبقه با ۱ دهانه ۱۰۴
جدول ۶-۲۲ حداکثر جابجایی نسبی بین طبقات اول و دوم در قاب ۶ طبقه با ۱ دهانه ۱۰۵
جدول ۶-۲۳ حداکثر جابجایی نسبی بین طبقات دوم و سوم در قاب ۶ طبقه با ۱ دهانه ۱۰۶
جدول ۶-۲۴ حداکثر جابجایی نسبی بین طبقات سوم و چهارم در قاب ۶ طبقه با ۱ دهانه ۱۰۷
جدول ۶-۲۵ حداکثر جابجایی نسبی بین طبقات چهارم و پنجم در قاب ۶ طبقه با ۱ دهانه ۱۰۸
جدول ۶-۲۶ حداکثر جابجایی نسبی بین طبقات پنجم و ششم در قاب ۶ طبقه با ۱ دهانه ۱۰۹
جدول ۶-۲۷ حداکثر جابجایی نسبی بین طبقات اول و دوم در قاب ۱۲ طبقه با ۱ دهانه ۱۱۰
جدول ۶-۲۸ حداکثر جابجایی نسبی بین طبقات دوم و سوم در قاب ۱۲ طبقه با ۱ دهانه ۱۱۱
جدول ۶-۲۹ حداکثر جابجایی نسبی بین طبقات سوم و چهارم در قاب ۱۲ طبقه با ۱ دهانه ۱۱۲
جدول ۶-۳۰ حداکثر جابجایی نسبی بین طبقات چهارم و پنجم در قاب ۱۲ طبقه با ۱ دهانه ۱۱۳
جدول ۶-۳۱ حداکثر جابجایی نسبی بین طبقات پنجم و ششم در قاب ۱۲طبقه با ۱ دهانه ۱۱۴
جدول ۶-۳۲ حداکثر جابجایی نسبی بین طبقات ششم و هفتم در قاب ۱۲ طبقه با ۱ دهانه ۱۱۵
جدول ۶-۳۳ حداکثر جابجایی نسبی بین طبقات هفتم و هشتم در قاب ۱۲ طبقه با ۱ دهانه ۱۱۶
جدول ۶-۳۴ حداکثر جابجایی نسبی بین طبقات هشتم و نهم در قاب ۱۲ طبقه با ۱ دهانه ۱۱۷
جدول ۶-۳۵ حداکثر جابجایی نسبی بین طبقات نهم و دهم در قاب ۱۲ طبقه با ۱ دهانه ۱۱۸
جدول ۶-۳۶ حداکثر جابجایی نسبی بین طبقات دهم و یازدهم در قاب ۱۲ طبقه با ۱ دهانه.....۱۱۹
جدول ۶-۳۷ حداکثر جابجایی نسبی بین طبقات یازدهم و دوازدهم در قاب ۱۲ طبقه با ۱ دهانه.....۱۲۰

جدول ۶-۳۸ حداکثر جابجایی نسبی بین طبقات اول و دوم در قاب ۴ طبقه با ۳ دهانه ۱۲۱

جدول ۶-۳۹ حداکثر جابجایی نسبی بین طبقات دوم و سوم در قاب ۴ طبقه با ۳ دهانه ۱۲۲

جدول ۶-۴۰ حداکثر جابجایی نسبی بین طبقات سوم و چهارم در قاب ۴طبقه با ۳ دهانه ۱۲۳

جدول ۶-۴۱ حداکثر جابجایی بام به ازای درز انقطاع‌های مختلف در قاب ۴ طبقه با ۱ دهانه.....۱۲۴

جدول ۶-۴۲ حداکثر جابجایی بام به ازای درز انقطاع‌های مختلف در قاب ۶ طبقه با ۱ دهانه ۱۲۵

جدول ۶-۴۳ حداکثر جابجایی بام به ازای درز انقطاع‌های مختلف در قاب ۴ طبقه با ۳ دهانه.....۱۲۶

جدول ۶-۴۴ حداکثر برش پایه به ازای درز انقطاع‌های مختلف در قاب ۴ طبقه با ۱ دهانه.....۱۲۷

جدول ۶-۴۵ حداکثر برش پایه به ازای درز انقطاع‌های مختلف در قاب ۶ طبقه با ۱ دهانه ۱۲۸

جدول ۶-۴۶ حداکثر برش پایه به ازای درز انقطاع‌های مختلف در قاب ۴ طبقه با ۳ دهانه ۱۲۹

جدول ۶-۴۷ اثر اختلاف تراز بین قاب ۶ طبقه و ۴ طبقه در قاب ۶ طبقه به ازای درز انقطاع ۲ سانتیمتر ۱۳۲

جدول ۶-۴۸ اثر اختلاف تراز بین قاب ۶ طبقه و ۵ طبقه در قاب ۶ طبقه به ازای درز انقطاع ۲ سانتیمتر ۱۳۴

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۱-۱ برخورد دو ساختمان مجاور ۲

شکل ۱-۲ الف) قبل از زلزله ب) رفتار لرزه‌ای یکسان ج) رفتار لرزه‌ای متفاوت ۲

شکل ۲-۱ ضربه کف به ستون ۸

شکل ۲-۲ ساختمان‌ها با جرم متفاوت ۹

شکل ۲-۳ ساختمان ها با ارتفاع بسیار متفاوت ۹

شکل ۲-۴ ساختمان کناری در یک ردیف از ساختمان‌ها ۱۰

شکل ۲-۵ ساختمان در معرض پیچش ناشی از ضربه ۱۰

شکل ۲-۶ ساختمان هایی که از مصالح ترد ساخته شده اند ۱۱

شکل ۲-۷ خسارت ضربه در هتل انکریج وستوارد در زلزله آلاسکا ۱۲

شکل ۲-۸ خسارت ضربه در زلزله مکزیکوسیتی ۱۹۸۵ ..... ۱۴

شکل ۲-۹ خسارت ضربه در زلزله مکزیکوسیتی ۱۹۸۵ ..... ۱۵

شکل ۲-۱۰ برخورد بین دو ساختمان با ارتفاع متفاوت در ونچوآن ۱۶

شکل ۲-۱۱ خرابی بین دو ساختمان با ارتفاع متفاوت و درز انقطاع ناکافی در ونچوآن ۱۶

شکل ۲-۱۲ خسارت بر اثر برخورد در ساختمان‌های چریست چارچ ۱۷

شکل ۲-۱۳ - برخورد درساختمان‌ها a) حذف ستون ناشی از برخورد در زلزله کوچالی ۱۹۹۹ b)خرابی دیوار در زلزله لوما پریتا ۱۹۸۹ ..... ۱۷

شکل ۲-۱۴ برخورد در اثر زلزله ایزموت در ترکیه ۱۹۹۹ ..... ۱۸

شکل ۲-۱۵ شکست برشی ستون در زلزله میانیانگ چین در ۲۰۰۸ ..... ۱۸

شکل ۲-۱۶ برخورد در اثر زلزله آکوئیلا در ایتالیا ۲۰۰۹.....۱۸

شکل ۲-۱۷ اثر موضعی برخورد در زلزله اوتاوا ۲۰۱۰.....۱۹

شکل ۲-۱۸ برخورد کف به وسط ستون در اثر زلزله لورکا در ۲۰۱۱.....۱۹

شکل ۳-۱ سرعت قبل و پس از برخورد ۲۲

شکل ۳-۲ مدل المان تماسی فنر خطی ۲۳

شکل ۳-۳ مدل المان تماسی کلوین ۲۴

شکل ۳-۴ مدل تماسی هرتز ۲۵

شکل ۳-۵ مدل تماسی میراگر هرتز.....۲۶

شکل ۳-۶ برخورد دو گوی i,j.....۲۷

شکل ۳-۷ رابطه تغییرمکان نسبی با زمان در مدل میراگر هرتز ۲۸

شکل ۳-۸ مکانیزم برخورد.....۳۲

شکل ۳-۹ مدل برخورد مورد مطالعه‌ی میلر ۳۳

شکل ۳-۱۰ ایده‌آل سازی چندین ساختمان مجاور ۳۳

شکل ۳-۱۱ دو ساختمان مجاور ۹ طبقه تحت نیروی تماسی به صورت جانبی.....۳۶

شکل ۳-۱۲ نیروی تماسی به صورت شماتیک برای دو ساختمان ۹ طبقه با درز انقطاع‌های متفاوت ۳۷

شکل ۳-۱۳ ساختمان ۱۵ طبقه و ۸ طبقه با جرم بیشتر درمجاور هم.....۳۷

شکل ۳-۱۴ مدل‌سازی ضربه بین یک سیستم یک‌درجه آزادی و یک مانع صلب: قبل از برخورد ($x(t)\le a$) ۳۸

شکل ۳-۱۵ مدل‌سازی ضربه بین یک سیستم یک‌درجه آزادی و یک مانع صلب: در طول برخورد ($x(t)\ge a$) ۳۹

شکل ۳-۱۶ مدل سه بعدی برخورد ساختمان‌ها.....۴۰

شکل ۳-۱۷ - مدلسازی آنالیز استاتیکی غیرخطی برخورد بین ساختمانها (آنالیز پوش آور)

a) الگوی توزیع بار یکنواخت b) الگوی توزیع بار مودال c) الگوی توزیع بار مثلثی..... ۴۱

شکل ۳-۱۸ طرحی از مدل آزمایشگاهی و تئوریک برای مدل‌سازی برخورد بین دو سازه مجاور ۴۳

شکل ۴-۱ مدل برخورد بین دو جسم ۴۷

شکل ۴-۲ مقطع فایبر ۴۹

شکل ۴-۳ منحنی تنش-کرنش بتن محصور شده، طبق تئوری mander (اثر محصورشدگی خاموت‌ها)... ۵۰

شکل ۴-۴ مدل رفتاری المان برخورد درOpenSEES..... ۵۱

شکل ۴-۵ منحنی رفتاری بتن مورد استفاده در این مطالعه ۵۲

شکل ۴-۶ منحنی رفتاری فولاد مورد استفاده در این مطالعه ۵۳

شکل ۴-۷ تاریخچه شتاب‌نگاشت سه مولفه‌ی زمین‌لرزه‌ی ال‌سنترو ۵۵

شکل ۴-۸ مولفه طولی شتاب‌نگاشت زمین‌لرزه‌ی ال‌سنترو ۵۶

شکل ۴-۹ مولفه عرضی شتاب‌نگاشت زمین‌لرزه‌ی ال‌سنترو ۵۶

شکل ۴-۱۰ مولفه قائم شتاب‌نگاشت زمین‌لرزه‌ی ال‌سنترو ۵۶

شکل ۴-۱۱ مولفه طولی شتاب‌نگاشت زمین‌لرزه‌ی کوبه ۵۷

شکل ۴-۱۲ مولفه عرضی شتاب‌نگاشت زمین‌لرزه‌ی کوبه ۵۷

شکل ۴-۱۳ مولفه قائم شتاب‌نگاشت زمین‌لرزه‌ی کوبه ۵۷

شکل ۴-۱۴ نمای کلی از میز لرزان: (الف) دو سازه فولادی برای بررسی برخورد، (ب) مشاهده برخورد، (ج) مشاهده محل پس از برخورد..... ۵۹

شکل ۴-۱۵ طرحی از مدل آزمایشگاهی و تئوریک برای مدل‌سازی برخورد بین دو سازه مجاور ۶۰

شکل ۴-۱۶ سیستم یک‌درجه آزادی هم‌جوارمدل‌سازی شده در نرم‌افزار ۶۱

شکل ۴-۱۷ پاسخ سرعت نسبی برخورد بین دو سیستم یک‌درجه آزادی هم‌جوار، در مدل آزمایشگاهی و نرم‌افزار به فاصله درز انقطاع ۱۱ سانتیمتر ۶۲

شکل ۵-۱- سیستم یک‌درجه آزادی هم‌جوارمدل‌سازی شده در نرم‌افزار ۶۵

شکل ۵-۲ ماکزیمم جابجایی‌ها، به ازای نسبتهای مختلف میرایی و پریود به ازای درز انقطاع ۱ سانتیمتر و تحت رکورد ال‌سنترو..... ۶۷

شکل ۵-۳ ماکزیمم جابجایی‌ها، به ازای نسبتهای مختلف میرایی و پریود به ازای درز انقطاع ۱ سانتیمتر و تحت رکورد کوبه ۶۹

شکل ۵-۴ ماکزیمم جابجایی فنر برخورد، به ازای نسبتهای مختلف میرایی و پریود به ازای درز انقطاع ۱ سانتیمتر تحت رکورد ال‌سنترو ۷۰

شکل ۵-۵ ماکزیمم جابجایی فنر برخورد، به ازای نسبتهای مختلف میرایی و پریود به ازای درز انقطاع ۱ سانتیمتر تحت رکورد کوبه..... ۷۱

شکل ۵-۶ ماکزیمم نیروی برخورد، به ازای نسبت‌های مختلف میرایی و پریود به ازای درز انقطاع ۱ سانتیمتر تحت رکورد ال‌سنترو..... ۷۲

شکل ۵-۷ ماکزیمم نیروی برخورد، به ازای نسبت‌های مختلف میرایی و پریود به ازای درز انقطاع ۱ سانتیمتر تحت رکورد کوبه ۷۳

شکل ۵-۸ ماکزیمم نیروی برش پایه بر حسب نیوتن، به ازای نسبتهای مختلف میرایی و پریود، به ازای درز انقطاع ۱ سانتیمتر تحت رکورد ال‌سنترو..... ۷۴

شکل ۵-۹ ماکزیمم نیروی برش پایه بر حسب نیوتن، به ازای نسبتهای مختلف میرایی و پریود، به ازای درز انقطاع ۱ سانتیمتر تحت رکورد کوبه ۷۵

شکل ۶-۱ نمایش هندسی مدل‌های مورد مطالعه در این تحقیق ۷۹

شکل ۶-۲ نمایش سطح مقاطع برای الف: ستون‌ها ب: تیرها ۸۰

شکل ۶-۳ شکل شماتیک مدل‌سازی قاب‌های مجاور هم در OpenSEES ۸۳

شکل ۶-۴ اشکال مدی در مدل شماره ۱ (قاب بتنی ۴ طبقه با ۱ دهانه): الف) شکل مد اول ب) شکل مد دوم ج) شکل مد سوم د) شکل مد چهارم ۸۳

شکل ۶-۵ حداکثر جابجایی بام در قاب ۴ طبقه با ۱ دهانه ۸۶

شکل ۶-۶ حداکثر جابجایی بام در قاب ۶ طبقه با ۱ دهانه ۸۸

شکل ۶-۷ حداکثر جابجایی بام در قاب ۱۲ طبقه با ۱ دهانه ۸۹