



دانشکده مهندسی

گروه عمران

پایان نامه:

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران گرایش سازه

عنوان:

بررسی رفتار غیر خطی ساختمانهای متعارف بتنی در برابر زلزله‌های نزدیک گسل

استاد راهنما:

دکتر رضا علاقه‌بندیان

پژوهشگر:

هادی حمیتی

اردیبهشت ۱۳۸۹

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه بوعلی سینا

مشخصات پایان نامه تحصیلی

عنوان:

بررسی رفتار غیر خطی ساختمان‌های متعارف بتنی در برابر زلزله های نزدیک گسل

نام نویسنده: هادی حمیتی

نام استاد راهنما: دکتر رضا علاقه‌بندیان

دانشکده: فنی

گروه آموزشی: عمران

رشته تحصیلی: عمران

گرایش تحصیلی: سازه

مقطع تحصیلی: کاشناسی ارشد

تاریخ تصویب: مهر ۸۶

تاریخ دفاع: اردیبهشت ۸۹

تعداد صفحات: ۱۵۵

چکیده:

آیین‌نامه ۲۸۰۰ محدودیت خاصی برای سازه‌های نزدیک به گسل در نظر نگرفته است و اثر مؤلفه قائم زلزله را تنها برای بالکن‌ها و پیش آمدگی‌های طره‌ای، تیرهای با دهانه بیش از ۱۵ متر و تیرهای با بار متمرکز قابل توجه لحاظ می‌کند. در زلزله اخیر بم که در امتداد گسل بم رخ داد در ایستگاه بم مؤلفه افقی 0.8g و مؤلفه قائم نزدیک 1g گزارش شد که نشان‌دهنده بزرگ‌تر بودن مؤلفه قائم زلزله از مؤلفه افقی آن می‌باشد از آنجا که ۸۵ درصد از شهرهای ایران در فاصله کمتر از ۳۰ کیلومتری گسل‌ها قرار گرفته‌اند بررسی رفتار لرزه‌ای ساختمان‌ها در حوزه نزدیک به گسل ضروری به نظر می‌رسد.

در این تحقیق قاب‌های میانی بتن مسلح ۳، ۶، ۹ و ۱۲ طبقه با پلان یکسان از ساختمان‌های مسکونی در منطقه با خطر لرزه خیزی بسیار بالا و با عرض بارگیر ۵ متر در نظر گرفته شده است. بارگذاری ثقلی ساختمان بر اساس آیین‌نامه ۵۱۹ ایران و بارگذاری زلزله از آیین‌نامه ۲۸۰۰ (ویرایش سوم) انجام شده و قاب‌ها با توجه به ضوابط شکل‌پذیری متوسط طراحی شده‌اند. نمونه‌های مدل شده ابتدا توسط نرم‌افزار SAP2000 تحلیل استاتیکی معادل شده و سپس طراحی گردیده و در ادامه تحت ۱۰ شتابنگاشت افقی و قائم مربوط به ۵ زلزله شامل زلزله‌های طبس، لوما پرینا، کوبه، بم و نورث‌ریج برای دو حالت تحت شتابنگاشت‌های افقی و قائم با هم و افقی به تنهایی به روش دینامیکی غیر خطی با

انتگرال‌گیری مستقیم آنالیز شده‌اند. رفتار غیر خطی مصالح با تعریف مفاصل خمشی (M3) در ابتدا و انتهای تیرها و مفاصل خمشی - محوری (P-M3) در دو انتهای ستون‌ها مطابق با FEMA-356 مدل شده است. در تمامی تحلیل‌ها اثر P- Δ لحاظ شده است. تمامی تحلیل‌های دینامیکی از شرایط اولیه‌ای که قاب‌ها تحت بار ثقلی موثر میباشند آغاز شدند. با مقایسه نتایج حاصل از تحلیل دینامیکی غیرخطی قاب‌های بتنی تحت اثر هم‌زمان شتاب افقی و قائم زلزله و تحت مؤلفه افقی به تنهایی تغییرات نیروهای داخلی اعضاء به صورت درصد افزایش نیروی داخلی عضو ناشی از لحاظ کردن شتاب قائم زمین برای قاب‌های تحلیل شده، محاسبه و نتایج زیر حاصل شد:

لحاظ کردن شتاب قائم زمین بیشترین تأثیر را بر نیروی محوری ستون‌ها گذاشت. لحاظ کردن شتاب قائم زمین نیروی محوری ستون‌ها در طبقات بالاتر را بیشتر تحت تأثیر قرار داد. این تأثیر در ستون‌های داخلی بیشتر از ستون‌های خارجی قاب است. لحاظ کردن شتاب قائم بیشترین افزایش را بر نیروی محوری ستون‌ها در قاب‌های ۶ و ۹ طبقه موجب شد. برای قاب ۳ طبقه افزایش نیروی محوری ستون‌ها در شدیدترین حالت به ۴۰٪ رسید در حالی‌که برای قاب‌های ۶ و ۹ این افزایش در شدیدترین حالات نزدیک به ۱۰۰٪ بود. در قاب ۶ طبقه تحت زلزله لوما پریتا و قاب‌های ۹ و ۱۲ طبقه تحت زلزله بم کاهش نیروی محوری منجر به ایجاد کشش در ستون‌های خارجی شد. در تیرها تغییرات نیروی برشی و لنگر خمشی تنها در طبقات بالا مخصوصاً طبقه آخر دیده شد و در بقیه طبقات قاب ناچیز بود. در تیرها بیشترین افزایش در نیروی برشی و لنگر مثبت وسط دهانه مشاهده شد که افزایش در لنگر مثبت شدیدتر بود.

واژه‌های کلیدی: زمینلرزه‌های نزدیک گسل، شتاب زمین در جهت قائم، پاسخ لرزه‌ای ساختمان‌های بتنی

همه امتیازهای این پایان نامه به دانشگاه بوعلی سینا تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب پایان نامه در مجلات، کنفرانس ها و یا سخنرانی ها، باید نام دانشگاه بوعلی (یا استاد یا اساتید راهنمای پایان نامه) و نام دانشجو با ذکر ماخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

تقدیر و تشکر

با حمد و سپاس از خداوند متعال که به من این توفیق را داد تا بتوانم در کنار اهل علم و ادب باشم و بتوانم در تحصیل علم و دانش بکوشم و با بیشتر فهمیدنم، بدانم که کمتر می‌دانم.

از پدر و مادر عزیزم به خاطر مهربانی‌هایشان کمال تشکر را دارم و امیدوارم که بتوانم با پیشرفت‌هایم گوشه‌ای از محبت‌های آنان را جبران کنم. همچنین از برادرم که در طول این دوره حامی و پشتیبانم بوده تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از تمامی مربیان و اساتید دوران تحصیلی خویش که همچون چراغی فروزان، روشن‌گر راه من بودند به ویژه استاد ارجمندم آقای دکتر علاقه‌بندیان تشکر فراوان دارم. از زحمات اساتید بزرگوار آقایان دکتر رضایی، دکتر نیلی و دکتر شوشتری کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از آقایان مهندس اکبر جمشیدی، مهندس احسان دهقانی، مهندس احمد گودرزی و دیگر دوستانم که مرا در طول این دوره مورد لطف خود قرار دادند، کمال تشکر را دارم.

فهرست مطالب

عنوان..... صفحه

فهرست جداول.....	
فهرست شکل‌ها.....	
فصل اول: مقدمه	۱
۱-۱- مقدمه.....	۱
۲-۱- ضرورت انجام تحقیق.....	۳
۳-۱- سابقه تحقیق.....	۶
۴-۱- هدف از انجام تحقیق.....	۱۰
فصل دوم: حرکات زمین در حوزه نزدیک گسل	۱۱
۱-۱- پارامترهای مهم در تشریح حرکات زمین.....	۱۱
۱-۱-۱- حرکت اوج زمین.....	۱۲
۱-۱-۲- طیف پاسخ و طیف طرح زلزله.....	۱۳
۱-۱-۳- مدت زمان حرکات زمین.....	۱۴
۱-۱-۴- محتوای فرکانسی.....	۱۶
۱-۱-۵- اثر فاصله بر مشخصه‌های حرکت زمین.....	۱۷
۲-۲- خصوصیات حرکات زمین در حوزه نزدیک گسل.....	۲۰
۱-۲-۱- خصوصیات عمومی حرکات زمین در حوزه نزدیک گسل.....	۲۰
۲-۲-۲- مؤلفه قائم شتاب زمین در حرکات نزدیک گسل.....	۲۱
فصل سوم: پاسخ لرزه‌ای ساختمان‌های بتن مسلح	۲۶
۱-۱- انواع تحلیل لرزه‌ای.....	۲۶
۱-۱-۱- آنالیز خطی استاتیکی معادل.....	۲۶
۱-۱-۲- آنالیز طیف پاسخ مودال.....	۲۷
۱-۱-۳- آنالیز استاتیکی پوشاور.....	۲۸
۱-۱-۴- آنالیز خطی تاریخچه زمانی.....	۲۹
۱-۱-۵- آنالیز غیر خطی تاریخچه زمانی.....	۲۹
۲-۲- تشدید در هنگام زمینلرزه.....	۳۱
۳-۳- نیروی زلزله در حوزه غیر ارتجاعی.....	۳۵
۴-۳- خسارات سازه‌ای ساختمان‌های بتن مسلح در نواحی لرزه‌خیز.....	۳۷
۱-۴-۳- ستون‌ها.....	۳۷

- ۴۱-۲-۴-۳- تیرها.....
- ۴۲-۳-۴-۳- اتصالات تیر- ستون.....
- ۴۳-۴-۴-۳- مکانیزمهای تغییر مکان جانبی تیرها و ستون‌ها.....
- ۴۶-۵-۴-۳- مقاومت ایده‌آل.....
- ۴۶-۵-۳- اثر مؤلفه قائم زلزله در زمینلرزه‌های اخیر.....
- ۴۸-۱-۵-۳- زلزله سال ۱۹۸۶ کالاماتا در یونان.....
- ۴۹-۲-۵-۳- زلزله سال ۱۹۹۴ نورث‌ریج کالیفرنیا.....
- ۵۴-۳-۵-۳- زلزله ۱۹۹۵ کوبه در ژاپن.....
- ۵۶-۴-۵-۳- زلزله ۲۰۰۳ بم در ایران.....
- ۶۰-۶-۳- مؤلفه قائم زلزله در آیین‌نامه‌های ساختمانی.....

فصل چهارم: روش انجام تحقیق

- ۶۸-۱-۴- مدلسازی رفتار غیرخطی در اعضاء بتنی.....
- ۶۸-۱-۴-۱- المان تیر- ستون.....
- ۷۱-۲-۱-۴- المان تیر بتن مسلح (تیر با سختی کاهش یافته).....
- ۷۵-۳-۱-۴- اختصاص مفاصل پلاستیک به المان‌ها.....
- ۸۰-۴-۱-۴- میرایی.....
- ۸۱-۵-۱-۴- همگرایی در حل معادلات غیرخطی.....
- ۸۲-۶-۱-۴- ترکیب بارگذاری ثقلی اولیه.....
- ۸۳-۲-۴- فرضیات و روش انجام تحقیق.....
- ۹۳-۳-۴- مشخصات رکوردهای مورد استفاده در تحقیق.....
- ۹۳-۱-۳-۴- رکوردهای انتخابی.....
- ۹۹-۲-۳-۴- طیف پاسخ رکوردها.....
- ۱۰۱-۳-۳-۴- نسبت شتاب طیفی قائم به افقی.....
- ۱۰۳-۴-۳-۴- پی‌یود غالب حرکات زمین.....

فصل پنجم: نتایج و بحث

- ۱۰۴-۱-۵- تأثیر مؤلفه قائم شتاب زمین بر نیروی محوری ستون‌ها.....
- ۱۰۴-۱-۱-۵- قاب ۳ طبقه.....
- ۱۰۷-۲-۱-۵- قاب ۶ طبقه.....
- ۱۱۰-۳-۱-۵- قاب ۹ طبقه.....
- ۱۱۳-۴-۱-۵- قاب ۱۲ طبقه.....
- ۱۱۸-۵-۱-۵- نتیجه‌گیری.....
- ۱۲۰-۶-۱-۵- تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون‌ها.....
- ۱۲۵-۲-۵- تأثیر مؤلفه قائم شتاب زمین بر نیروی برشی و لنگر خمشی در ستون‌ها.....

۱۲۵	..... قاب ۳ طبقه
۱۲۶	..... قاب ۶ طبقه
۱۲۷	..... قاب ۹ طبقه
۱۲۸	..... قاب ۱۲ طبقه
۱۳۲	..... نتیجه‌گیری
۱۳۳	..... تأثیر مؤلفه قائم شتاب زمین بر نیروی برشی و لنگر خمشی تیرها
۱۳۳	..... قاب ۳ طبقه
۱۳۴	..... قاب ۶ طبقه
۱۳۵	..... قاب ۹ طبقه
۱۳۶	..... قاب ۱۲ طبقه
۱۴۰	..... نتیجه‌گیری
۱۴۲	..... اثر تشدید بر پاسخ لرزه‌ای قاب‌ها
۱۴۳	..... گسترش مفاصل پلاستیک در اعضای قاب
۱۴۷	..... برش پایه و جابجایی جانبی ماکزیمم
۱۵۰	..... ارزیابی نتایج

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۱۵۲

۱۵۲	..... نتیجه‌گیری
۱۵۵	..... پیشنهادها برای تحقیقات آتی
	..... پیوست(الف)
	..... مراجع

	فصل اول: مقدمه
۳	جدول ۱-۱ فاصله برخی از شهرهای بزرگ کشور از گسل
	فصل دوم: حرکات زمین در حوزه نزدیک گسل
	فصل سوم: پاسخ لرزه‌ای ساختمان‌های بتن مسلح
۳۴	جدول ۱-۳ پریود قائم و افقی برای ساختمان‌های بتنی
۵۰	جدول ۲-۳ رکوردهای ثبت شده در زلزله نورث‌ریج
۵۴	جدول ۳-۳ شتاب‌های ماکزیمم در رکوردهای زلزله کوبه
۶۱	جدول ۴-۳ مقادیر پیشنهادی طیف‌های پاسخ قائم (آئین‌نامه‌های EC8 و مصر)
۶۴	جدول ۵-۳ ضریب لرزه‌خیزی منطقه Z
۶۴	جدول ۶-۳ ضریب لرزه‌ای Ca
۶۵	جدول ۷-۳ ضریب لرزه‌ای Cv
۶۵	جدول ۸-۳ ضریب نزدیکی به گسل N_a
۶۵	جدول ۹-۳ ضریب نزدیکی به گسل N_v
	فصل چهارم: روش انجام تحقیق
۹۳	جدول ۱-۴ مشخصات شتابنگاشت‌های مورد استفاده در تحقیق
	فصل پنجم: نتایج و بحث
	فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

فصل اول: مقدمه

- شکل ۱-۱- گسل‌های مهم ایران ۴
- شکل ۲-۱- درصد فراوانی شهرهای ایران به تفکیک فاصله از گسل‌های اطراف ۵
- شکل ۳-۱- پریود غالب ارتعاش قائم (UD) و افقی (شرقی-غربی EW و شمالی-جنوبی NS) رکوردها ۶
- شکل ۴-۱- ضریب همزمانی برای زلزله کوبه ۷
- شکل ۵-۱- محدوده تغییرات نیروی محوری در ستون‌های خارجی و داخلی قاب بتنی تحت مؤلفه افقی و قائم ۸

فصل دوم: حرکات زمین در حوزه نزدیک گسل

- شکل ۱-۲- تاریخچه زمانی شتاب، سرعت و تغییر مکان برای مؤلفه افقی و قائم زلزله نورث‌ریج ۱۳
- شکل ۲-۲- پوش پاسخ طیفی برای طراحی ۱۴
- شکل ۳-۲- مقایسه دوره حرکت شدید با استفاده از روش‌های مختلف برای زلزله ۱۹۸۲ تافت، کالیفرنیا ۱۵
- شکل ۴-۲- شتاب‌های اوج افقی متوسط مشاهده و پیش‌بینی شده ناشی از زلزله ۱۸
- شکل ۵-۲- دوره حرکت شدید زمین بر حسب فاصله مرکزی و بزرگی برای خاک ۱۹
- شکل ۶-۲- دوره حرکت شدید زمین بر حسب فاصله مرکزی و بزرگی برای سنگ ۲۰
- شکل ۷-۲- نسبت شتاب طیفی قائم به افقی برای زلزله نورث‌ریج ۲۱
- شکل ۸-۲- نسبت شتاب طیفی قائم به افقی برای گسل‌های رانشی، راستالغز ۲۲
- شکل ۹-۲- نسبت شتاب اوج قائم به افقی برای گسل‌های رانشی و راستالغز ۲۳
- شکل ۱۰-۲- نسبت‌های تخمینی و ساده شده طیف قائم به افقی ۲۴
- شکل ۱۱-۲- نسبت قائم به افقی بر حسب فاصله از منبع و بزرگای زلزله ۲۵

فصل سوم: پاسخ لرزه‌ای ساختمان‌های بتن مسلح

- شکل ۱-۳- مدل دینامیکی سازه تکدرجه تحت نیروی افقی ۳۱
- شکل ۲-۳- نمودار طیفی ضریب تشدید ۳۲
- شکل ۳-۳- تقسیم طیف پاسخ به نواحی سخت، تشدید، نرم ۳۳
- شکل ۴-۳- رابطه نیرو - جابجایی یک سیستم سازه‌ای در حالت ارتجاعی خطی و غیر ارتجاعی ۳۶
- شکل ۵-۳- شکست برشی ناشی از اثر ستون کوتاه ۳۸
- شکل ۶-۳- شکست فشاری ستون‌ها و کمانش میلگردهای قائم ۳۸
- شکل ۷-۳- تشکیل مفصل پلاستیک در دو انتهای ستون ۳۹
- شکل ۸-۳- فاصله زیاد تنگ‌ها ۴۰
- شکل ۹-۳- مکانیسم شکست برشی در ستون‌ها ۴۱
- شکل ۱۰-۳- شکست در ستون‌های طبقه دوم ۴۳
- شکل ۱۱-۳- مکانیزمهای تیرها و ستون‌ها ۴۴
- شکل ۱۲-۳- تخریب ناشی از مکانیزم تیر قوی - ستون ضعیف ۴۵

- شکل ۳-۱۳ اثر تغییرات نیروی محوری ناشی از ارتعاش قائم بر منحنی اندرکنش ستون
- شکل ۳-۱۴ شکست فشاری ستون ساختمان در حال ساخت در کالاماتا
- شکل ۳-۱۵ خسارات وارد بر ستون‌های طبقه سوم هتل هالیدی
- شکل ۳-۱۶ تخریب ساختمان بتنی ۵ طبقه در زلزله نورث‌ریج
- شکل ۳-۱۷ تخریب ستون‌های درونی پارکینگ دانشگاه ایالت کالیفرنیا در نورث‌ریج
- شکل ۳-۱۸ تخریب فشاری ستون‌های میانی یک گاراژ در زلزله نورث‌ریج
- شکل ۳-۱۹ تخریب طبقه پنجم از ساختمانی ۱۲ طبقه
- شکل ۳-۲۰ شکست برشی- فشاری ستون‌های ساختمان ۴ طبقه در زلزله کوبه
- شکل ۳-۲۱ شکست فشاری ستون طبقه اول ساختمان در زلزله کوبه
- شکل ۳-۲۲ موقعیت گسل بم و سایر گسل‌های پیرامون آن
- شکل ۳-۲۳ طیف پاسخ سه مؤلفه زلزله بم و طیف پاسخ طراحی در بم بر اساس آیین‌نامه ۲۸۰۰
- شکل ۳-۲۴ شکست برشی در تیر
- شکل ۳-۲۵ خسارات وارده بر ساختمان بتنی در بم
- شکل ۳-۲۶ مقایسه طیف‌های پاسخ آئین‌نامه‌های لرزه‌ای UBC و EUROCODE
- شکل ۳-۲۷ طیف پاسخ شتاب قائم (آئین‌نامه‌های EC8 و مصر)
- شکل ۳-۲۸ مقایسه طیف قائم آئین‌نامه MOC-2008 و آئین‌نامه MOC-93

فصل چهارم: روش انجام تحقیق

- شکل ۴-۱ سطوح اندرکنش تسلیم برای المان‌های فشاری- خمشی
- شکل ۴-۲ ناحیه صلب انتهای اعضاء
- شکل ۴-۳ مدل تیر با سختی کاهش یافته
- شکل ۴-۴ رابطه لنگر - چرخش برای مدل تاکدا
- شکل ۴-۵ رابطه لنگر- چرخش برای مدل گسترش یافته تاکدا
- شکل ۴-۶ مدل رفتاری واقعی عضو تحت اثر بارهای رفت و برگشتی زلزله به دست آمده از نتایج آزمایشگاهی
- شکل ۴-۷ مدل رفتاری استفاده شده در SAP2000 و FEMA-356
- شکل ۴-۸ جدول (۶-۷) از FEMA-356
- شکل ۴-۹ جدول (۶-۸) از FEMA-356
- شکل ۴-۱۰ معیارهای پذیرش اعضاء
- شکل ۴-۱۱ پنجره معرفی میرایی قاب سه طبقه به روش ریلی
- شکل ۴-۱۲ تغییر نیرو و سختی با زمان
- شکل ۴-۱۳ موقعیت قاب مدل شده
- شکل ۴-۱۴ شماره‌گذاری اعضاء در قاب ۳ طبقه
- شکل ۴-۱۵ مقاطع اعضاء در قاب ۳ طبقه

- شکل ۴-۱۶- شماره‌گذاری اعضاء در قاب ۶ طبقه ۸۸
- شکل ۴-۱۷- مقاطع اعضاء در قاب ۶ طبقه ۸۸
- شکل ۴-۱۸- شماره‌گذاری اعضاء در قاب ۹ طبقه ۸۹
- شکل ۴-۱۹- مقاطع اعضاء در قاب ۹ طبقه ۹۰
- شکل ۴-۲۰- شماره‌گذاری اعضاء در قاب ۱۲ طبقه ۹۱
- شکل ۴-۲۱- مقاطع اعضاء در قاب ۱۲ طبقه ۹۲
- شکل ۴-۲۲- شتابنگاشت مؤلفه افقی و قائم زلزله طبس و پارامترهای محاسبه شده ۹۴
- شکل ۴-۲۳- شتابنگاشت مؤلفه افقی و قائم زلزله لوماپریتا ۹۵
- شکل ۴-۲۴- شتابنگاشت مؤلفه افقی و قائم زلزله نورث‌ریچ ۹۶
- شکل ۴-۲۵- شتابنگاشت مؤلفه افقی و قائم زلزله کوبه ۹۷
- شکل ۴-۲۶- شتابنگاشت مؤلفه افقی و قائم زلزله بم ۹۸
- شکل ۴-۲۷- طیف پاسخ مؤلفه افقی و قائم زلزله نورث‌ریچ ۹۹
- شکل ۴-۲۸- طیف پاسخ مؤلفه افقی و قائم زلزله کوبه ۹۹
- شکل ۴-۲۹- طیف پاسخ مؤلفه افقی و قائم زلزله بم ۱۰۰
- شکل ۴-۳۰- طیف پاسخ مؤلفه افقی و قائم زلزله لوماپریتا ۱۰۰
- شکل ۴-۳۱- طیف پاسخ مؤلفه افقی و قائم زلزله طبس ۱۰۱
- شکل ۴-۳۲- نسبت شتاب طیفی قائم به افقی برای رکوردهای انتخابی ۱۰۲
- شکل ۴-۳۳- پرپود غالب حرکت زمین برای رکوردهای انتخابی ۱۰۳

فصل پنجم: نتایج و بحث

- نمودار ۵-۱- درصد افزایش و کاهش نیروی محوری ستون‌های قاب ۳ طبقه ناشی از شتاب قائم زمین تحت زلزله کوبه ۱۰۵
- نمودار ۵-۲- درصد افزایش و کاهش نیروی محوری ستون‌های قاب ۳ طبقه ناشی از شتاب قائم زمین تحت زلزله طبس ۱۰۵
- نمودار ۵-۳- درصد افزایش و کاهش نیروی محوری ستون‌های قاب ۳ طبقه ناشی از شتاب قائم زمین تحت زلزله بم ۱۰۶
- نمودار ۵-۴- درصد افزایش و کاهش نیروی محوری ستون‌های قاب ۳ طبقه ناشی از شتاب قائم زمین تحت زلزله ۱۰۶
- نمودار ۵-۵- درصد افزایش و کاهش نیروی محوری ستون‌های قاب ۳ طبقه ناشی از شتاب قائم زمین تحت زلزله نورث‌ریچ ۱۰۶
- نمودار ۵-۶- درصد افزایش و کاهش نیروی محوری ستون‌های قاب ۶ طبقه ناشی از شتاب قائم زمین تحت زلزله کوبه ۱۰۷
- نمودار ۵-۷- درصد افزایش و کاهش نیروی محوری ستون‌های قاب ۶ طبقه ناشی از شتاب قائم زمین تحت زلزله طبس ۱۰۸
- نمودار ۵-۸- درصد افزایش و کاهش نیروی محوری ستون‌های قاب ۶ طبقه ناشی از شتاب قائم زمین تحت زلزله بم ۱۰۸
- نمودار ۵-۹- درصد افزایش و کاهش نیروی محوری ستون‌های قاب ۶ طبقه ناشی از شتاب قائم زمین تحت زلزله لوماپریتا ۱۰۹
- نمودار ۵-۱۰- درصد افزایش و کاهش نیروی محوری ستون‌های قاب ۶ طبقه ناشی از شتاب قائم زمین تحت زلزله ۱۰۹

- نمودار ۱۱-۵ درصد افزایش و کاهش نیروی محوری ستون‌های قاب ۹ طبقه ناشی از شتاب قائم زمین تحت زلزله کوبه ۱۱۰
- نمودار ۱۲-۵ درصد افزایش و کاهش نیروی محوری ستون‌های قاب ۹ طبقه ناشی از شتاب قائم زمین تحت زلزله طبس ۱۱۱
- نمودار ۱۳-۵ درصد افزایش و کاهش نیروی محوری ستون‌های قاب ۹ طبقه ناشی از شتاب قائم زمین تحت زلزله بم ۱۱۱
- نمودار ۱۴-۵ درصد افزایش و کاهش نیروی محوری ستون‌های قاب ۹ طبقه ناشی از شتاب قائم زمین تحت زلزله ۱۱۲
- نمودار ۱۵-۵ درصد افزایش و کاهش نیروی محوری ستون‌های قاب ۹ طبقه ناشی از شتاب قائم زمین تحت زلزله ۱۱۲
- نمودار ۱۶-۵ درصد افزایش نیروی محوری ستون‌های قاب ۱۲ طبقه ناشی از شتاب قائم زمین تحت زلزله کوبه ۱۱۳
- نمودار ۱۷-۵ درصد افزایش نیروی محوری ستون‌های قاب ۱۲ طبقه ناشی از شتاب قائم زمین تحت زلزله طبس ۱۱۴
- نمودار ۱۸-۵ درصد افزایش نیروی محوری ستون‌های قاب ۱۲ طبقه ناشی از شتاب قائم زمین تحت زلزله بم ۱۱۵
- نمودار ۱۹-۵ درصد افزایش نیروی محوری ستون‌های قاب ۱۲ طبقه ناشی از شتاب قائم زمین تحت زلزله لوماپریتا ۱۱۶
- نمودار ۲۰-۵ درصد افزایش نیروی محوری ستون‌های قاب ۱۲ طبقه ناشی از شتاب قائم زمین تحت زلزله نورث‌ریج ۱۱۷
- نمودار ۲۱-۵ درصد افزایش نیروی محوری برای ستون داخلی طبقه آخر قاب‌های بتنی ۱۱۸
- نمودار ۲۲-۵ درصد افزایش نیروی محوری برای ستون خارجی طبقه آخر قاب‌های بتنی ۱۱۸
- نمودار ۲۳-۵ درصد افزایش نیروی محوری برای ستون داخلی طبقه اول قاب‌های بتنی ۱۱۹
- نمودار ۲۴-۵ تاریخچه زمانی نیروی محوری برای ستون خارجی در قاب ۹ طبقه تحت زلزله طبس (sap2000) ۱۲۱
- نمودار ۲۵-۵ تاریخچه زمانی نیروی محوری برای ستون داخلی در قاب ۹ طبقه تحت زلزله طبس (sap2000) ۱۲۲
- نمودار ۲۶-۵ تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون خارجی در طبقه هشتم از قاب ۹ طبقه ۱۲۳
- نمودار ۲۷-۵ تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون داخلی در طبقه هشتم از قاب ۹ طبقه ۱۲۳
- نمودار ۲۸-۵ تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون خارجی در طبقه اول از قاب ۹ طبقه ۱۲۴
- نمودار ۲۹-۵ تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون داخلی در طبقه اول از قاب ۹ طبقه ۱۲۴
- نمودار ۳۰-۵ درصد افزایش نیروی برشی و لنگر خمشی در ستون‌ها برای قاب ۳ طبقه تحت زلزله لوماپریتا ۱۲۵
- نمودار ۳۱-۵ درصد افزایش نیروی برشی و لنگر خمشی در بالای ستون‌ها برای قاب ۶ طبقه تحت زلزله لوماپریتا ۱۲۶
- نمودار ۳۲-۵ درصد افزایش نیروی برشی و لنگر خمشی در بالای ستون‌ها برای قاب ۶ طبقه تحت زلزله نورث‌ریج ۱۲۶
- نمودار ۳۳-۵ درصد افزایش نیروی برشی و لنگر خمشی در بالای ستون‌ها برای قاب ۹ طبقه تحت زلزله بم ۱۲۷
- نمودار ۳۴-۵ درصد افزایش نیروی برشی و لنگر خمشی در بالای ستون‌ها برای قاب ۹ طبقه تحت زلزله کوبه ۱۲۸
- نمودار ۳۵-۵ درصد افزایش نیروی برشی و لنگر خمشی در بالای ستون‌ها برای قاب ۱۲ طبقه تحت زلزله بم ۱۲۹
- نمودار ۳۶-۵ درصد افزایش نیروی برشی و لنگر خمشی در بالای ستون‌ها برای قاب ۱۲ طبقه تحت زلزله کوبه ۱۳۰
- نمودار ۳۷-۵ درصد افزایش نیروی برشی و لنگر خمشی در بالای ستون‌ها برای قاب ۱۲ طبقه تحت زلزله نورث‌ریج ۱۳۱
- نمودار ۳۸-۵ درصد افزایش یا کاهش نیروی برشی و لنگر خمشی تیرها برای قاب ۳ طبقه تحت زلزله لوماپریتا ۱۳۳
- نمودار ۳۹-۵ درصد افزایش یا کاهش نیروی برشی و لنگر خمشی تیرها برای قاب ۶ طبقه تحت زلزله لوماپریتا ۱۳۴
- نمودار ۴۰-۵ درصد افزایش یا کاهش نیروی برشی و لنگر خمشی تیرها برای قاب ۹ طبقه تحت زلزله بم ۱۳۵
- نمودار ۴۱-۵ درصد افزایش یا کاهش نیروی برشی و لنگر خمشی تیرها برای قاب ۱۲ طبقه تحت زلزله کوبه ۱۳۶

- ۱۳۷ نمودار ۴۲-۵ درصد افزایش یا کاهش نیروی برشی و لنگر خمشی تیرها برای قاب ۱۲ طبقه تحت زلزله بم
- ۱۳۸ نمودار ۴۳-۵ درصد افزایش یا کاهش نیروی برشی و لنگر خمشی تیرها برای قاب ۱۲ طبقه تحت زلزله لوماپریتا
- ۱۳۹ نمودار ۴۴-۵ درصد افزایش یا کاهش نیروی برشی و لنگر خمشی تیرها برای قاب ۱۲ طبقه تحت زلزله نورثریج
- ۱۴۰ شکل ۴۵-۵ پوش لنگر خمشی تحت شتاب قائم و افقی همزمان در قاب ۳ طبقه
- ۱۴۱ شکل ۴۶-۵ پوش لنگر خمشی تحت مؤلفه قائم برای قاب ۳ طبقه
- ۱۴۲ نمودار ۴۷-۵ پریود غالب زلزله و پریود طبیعی قابها در جهت قائم
- ۱۴۳ شکل ۴۸-۵ گسترش مفاصل پلاستیک در قاب ۳ طبقه
- ۱۴۴ شکل ۴۹-۵ گسترش مفاصل پلاستیک در قاب ۶ طبقه
- ۱۴۵ شکل ۵۰-۵ گسترش مفاصل پلاستیک در قاب ۹ طبقه تحت زلزله کوبه
- ۱۴۶ شکل ۵۱-۵ گسترش مفاصل پلاستیک در قاب ۱۲ طبقه
- ۱۴۸ شکل ۵۲-۵ تغییرات برش پایه و جابجایی بام قاب ۹ طبقه تحت زلزله بم (SAP2000)
- ۱۴۹ شکل ۵۳-۵ نمودار تغییرات برش پایه و جابجایی بام قاب ۱۲ طبقه تحت زلزله بم (SAP2000)

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادها

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

زلزله ۱۹۹۴ نورث ریج در آمریکا ($M_w=6.7$) باعث آسیب متوسط تا شدید ۱۲۵۰۰ ساختمان و خسارت تخمینی ۲۰ بیلیون دلار شد و زلزله ۱۹۹۵ هیوگوکن در ژاپن ($M_w=6.9$) آسیب یا تخریب بیش از ۲۰۰۰۰۰۰ سازه و خسارتی معادل ۱۰۰ بیلیون دلار را در بر داشت. ویژگی مشترک این دو زلزله نزدیکی زیاد مرکز زلزله به شهرهای بزرگ و بزرگ بودن مؤلفه قائم زلزله به اندازه مؤلفه افقی در فاصله ۱۰ تا ۵۰ کیلومتری مرکز زلزله بود [۱،۲]. بررسی رکوردهای ثبت شده در حوزه نزدیک گسل خصوصیات مشترکی چون بالا بودن بیشینه شتاب افقی و قائم ، وجود حرکت پالس گونه در رکوردها ، بالا بودن نسبت بیشینه شتاب قائم به بیشینه شتاب افقی در محدوده پریودهای پایین را نشان می‌دهد. از طرف دیگر در بررسی خسارات وارده ، موارد زیادی از خسارت یا تخریب کامل طبقه میانی ، شکست فشاری متقارن ستون‌ها در ارتفاع میانی ستون ، شکست فشاری- برشی ستون‌ها و دیوارها و تخریب ستون‌های داخلی در ساختمان‌های بتنی به نقش حرکات قائم زمین در پاسخ کلی سازه ها نسبت داده شد [۳].

مشاهده این موارد باعث شد تا محققین بیش از پیش به بررسی نقش مؤلفه قائم زلزله در پاسخ لرزه‌ای سازه‌ها بپردازند.

شهرهای ایران اکثراً در دامنه کوه‌ها و یا دشت‌ها ساخته شده‌اند و با توجه به توپوگرافی و ژئومورفولوژی ایران، فاصله بین قله کوه‌ها و مراکز شهرها تقریباً به طور متوسط بین ۱۵ تا ۲۰ کیلومتر می‌باشد. بنابراین به دلیل عبور بسیاری از گسل‌ها از بلندی‌ها فاصله شهرها از مناطق زلزله خیز در حدود ۱۵ الی ۲۰ کیلومتر خواهد بود. تحلیل آماری بر روی زلزله‌هایی که بزرگی آنها بیش از ۶٫۵ ریشتر بوده نشان داده است که فاصله شهرهای خراب شده با مراکز زلزله در حدود ۱۱ کیلومتر بوده است [۴]. از سوی دیگر آئین‌نامه ۲۸۰۰ ملاحظه خاصی برای سازه‌های نزدیک به گسل در نظر نگرفته است و اثر مؤلفه قائم زلزله را تنها برای بالکن‌ها و پیش آمدگی‌های طره‌ای، تیرهای با دهانه بیش از ۱۵ متر و تیرهای با بار متمرکز قابل توجه، لحاظ می‌کند. در زلزله اخیر بم که در امتداد گسل بم رخ داد در ایستگاه بم مؤلفه افقی $0.8g$ و مؤلفه قائم نزدیک $1g$ گزارش شد که نشان‌دهنده بزرگ‌تر بودن مؤلفه قائم زلزله از مؤلفه افقی آن می‌باشد. گزارش‌ها، عامل عمده خسارت‌های مشاهده شده در منطقه را به حرکات قائم زمین ناشی از نزدیکی به گسل مسبب زلزله نسبت داده‌اند. طیف پاسخ زلزله بم نیز در محدوده زیادی از پریودها با طیف آئین‌نامه ایران مطابقت ندارد. از آنجا که بیشترین خسارت ناشی از زلزله مربوط به عملکرد سازه در محدوده غیرخطی است، این تحقیق به بررسی رفتار غیرخطی ساختمان‌های بتنی تحت زمین‌لرزه‌های نزدیک گسل با لحاظ کردن مؤلفه شتاب قائم زلزله می‌پردازد.

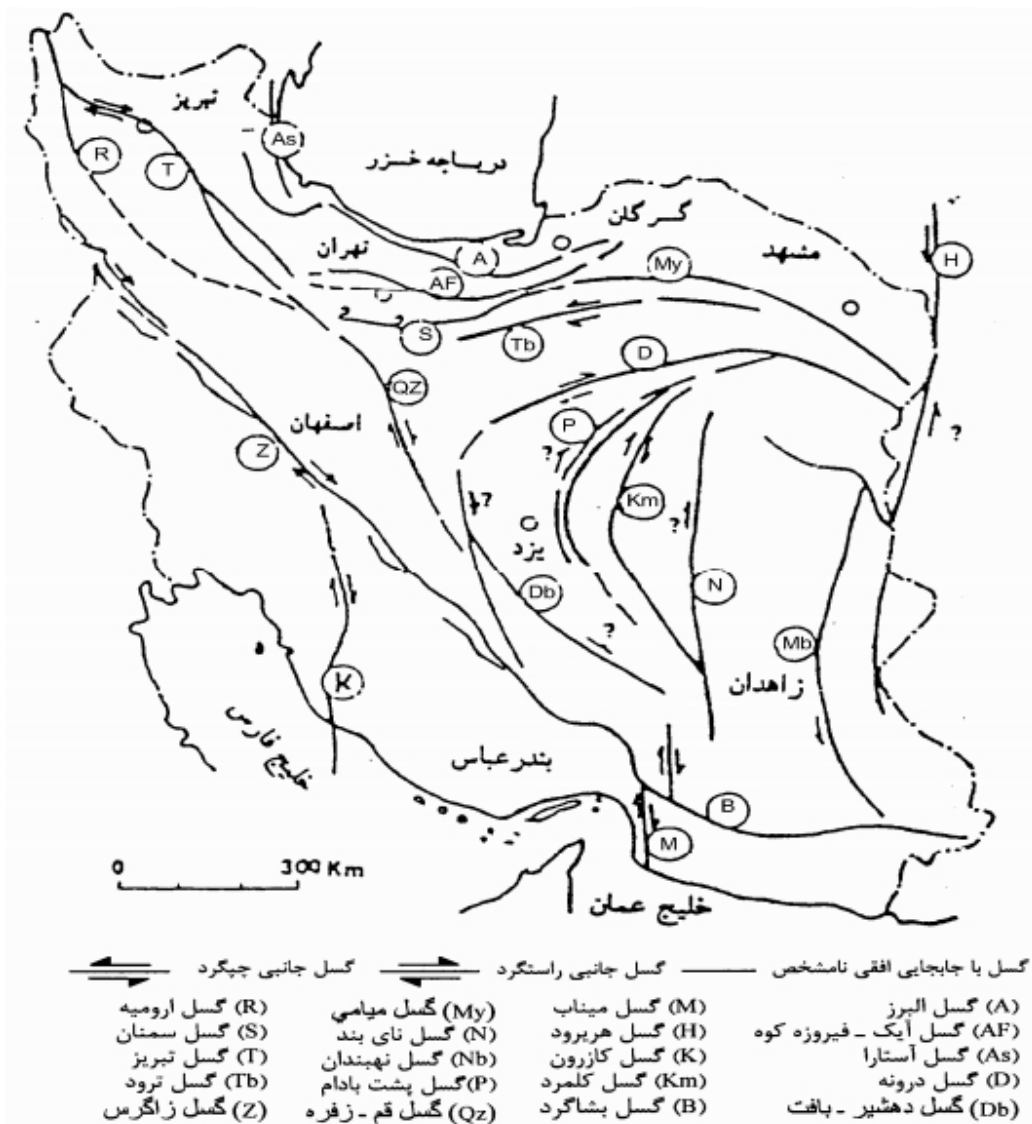
۱-۲- ضرورت انجام تحقیق

با توجه به واقع شدن ایران بر روی یکی از دو کمر بند زلزله خیز جهان و وجود گسل‌های فراوان، وقوع زلزله در فلات ایران امری طبیعی است. ایران از جمله کشورهایی است که گسل‌های فراوان دارد (شکل ۱-۱) و حرکت این گسل‌ها باعث رها شدن انرژی ذخیره شده و بروز زلزله‌های مکرر می‌شود و تلفات جانی و خسارت‌های مالی فراوانی را در مناطق شهری به دنبال می‌آورد زلزله‌های مخرب و فاجعه‌آمیز چند دهه اخیر نشان داد که ایران کشوری زلزله خیز است و هیچ نقطه‌ای از آن از خطر زلزله در امان نیست [۵].

متأسفانه اکثر نواحی پر جمعیت کشور ما در مناطق زلزله خیز واقع شده‌اند. زیرا بیشتر شهرهای بزرگ در پای ارتفاعاتی بنا گردیده که به وسیله گسل‌های مهم و غالباً سراسری از دشت جدا شده‌اند (جدول ۱-۱).

جدول ۱-۱- فاصله برخی از شهرهای بزرگ کشور از گسل [۶]

نام شهر	فاصله از گسل (کیلومتر)
تهران	۰
گرگان	۰
اهواز	۰
یزد	۰
مشهد	۲
کرج	۳
سنندج	۳
قم	۳
تبریز	۵
سمنان	۱۰
زنجان	۱۰
همدان	۱۰
کرمانشاه	۱۰
کرمان	۱۳
شیراز	۲۰

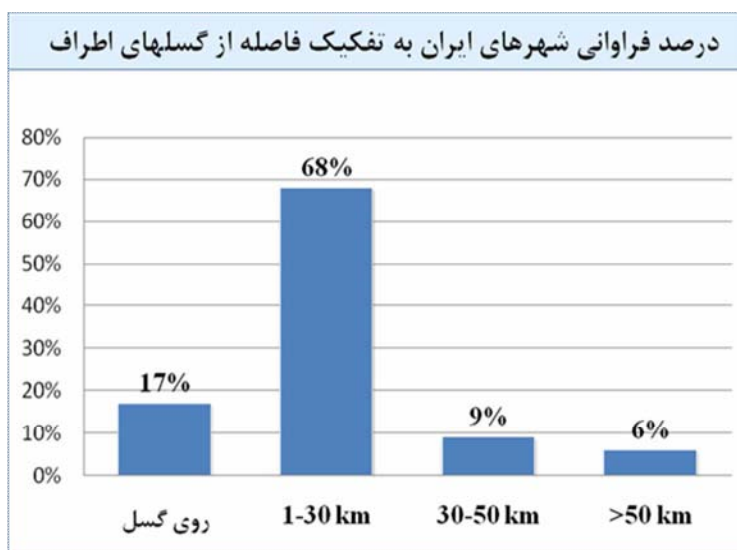


شکل ۱-۱- گسل‌های مهم ایران [۵]

در مورد شهر های کوچک و روستاها نیز چشمه‌ها و منابع آبی که عمدتاً از طریق مناطق شکسته شده و گسلی تأمین می شوند، عامل اصلی مکان‌گزینی آنها بوده‌اند. بنابر این بیشتر مناطق مسکونی در حریم گسل‌ها استقرار یافته‌اند. گاهی فاصله شهرها تا گسل‌ها به قدری نزدیک است که اکثر گسل‌ها نام خود را از شهرها و آبادی‌های مجاور خود به عاریه گرفته‌اند که از آن جمله می توان به گسل‌های آستارا ، اشتهارد،

میناب، قم، تبریز، کاشمر و درونه، شهر ری، گرگان، سفیدابه، نصرت آباد، زاهدان، کرج، شمال تهران، دامغان، بم، نیکشهر، گلباف، خاش، نهبندان، نای بند، کلمرد، بشاگرد، سراوان، ارومیه، سمنان، آبیک، فیروزکوه، شاهرود، میامی، بافت، جیرفت، کازرون، ... اشاره نمود.

با در نظر گرفتن طول گسل‌های فعال کشور و منطقه خطر آنها (۲۰ کیلومتر اطراف گسل ها)، ۳۵ درصد از مساحت ایران با خطر جدی زمین لرزه مواجه است. بر اساس آمار های تهیه شده، پتانسیل زلزله‌خیزی شهر های ایران با توجه به فاصله آنها از گسل‌ها به شرح زیر است: حدود ۱۷ درصد از شهر های ایران بر روی خط گسل و یا در امتداد آن واقع شده و به جز یک یا دو مورد، اکثر آنها زلزله های بیش از شش ریشتر را تجربه کرده‌اند. تقریباً ۶۸ درصد از شهر های کشور در حریم یک تا ۳۰ کیلو متری گسل‌ها قرار گرفته‌اند و این بدان معنی است که این گروه از شهر ها به علاوه گروه قبلی از نظر پهنه بندی خطر نسبی در پهنه با شتاب‌های بالا واقع‌اند. همچنین ۹ درصد از شهرهای کشور در فاصله ۳۰ تا ۵۰ کیلومتری (یعنی پهنه با شتاب های متوسط) استقرار یافته‌اند. بالاخره باید ابراز داشت که ۶ درصد از سکونتگاه های شهری ایران در فواصلی بیش از ۵۰ کیلومتری واقع شده (شکل ۱-۲) و به این ترتیب در پهنه با شتاب‌های پایین قرار می گیرند [۱۷].



شکل ۱-۲ درصد فراوانی شهرهای ایران به تفکیک فاصله از گسل‌های اطراف