دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد عمران-گرایش سازه

موضوع پایان نامه

ارزیابی عملکرد لرزه ای قاب های خمشی فولادی با در نظر گرفتن اثر مولفه قائم زلزله با استفاده از تحلیل دینامیکی غیر خطی افزایشی

استاد راهنما

دکتر بهروز عسگریان
دکتر مسعود میرطاهری

نگارش

آناهیتا نوروزی ۸۷۰۴۲۳۴

شهریور ۸۹

بسم الله الرحمن الرحیم
الحمد لله رب العالمین الرحمن الرحیم مالک یوم الدین
ایاک نعبد و ایاک نستعین اهدنا الصراط المستقیم
صراط الذین انعمت علیهم غیر المغضوب علیهم
ولا الضالین

چکیده

سازههایی که در مناطق مستعد لرزهخیزی قرار دارند باید به نحو مناسبی در مقابل حرکات ارتعاشی زمین مقاومت نمایند. به خصوص ساختمانهایی که نزدیک به گسل قرار دارند، در مقابل حرکات شدید و پالسی زلزله آسیب پذیر می باشند. وانگهی، حرکات زمین محدود به ارتعاشات افقی نمیشود بلکه ارتعاشات قائم نیز در زلزله های گسل از اهمیت برخوردار میشوند. آیین نامههای ساختمانی داخلی و خارجی به تفصیل در مورد طراحی سازهای مقاوم در برابر ارتعاشات افقی طرح و برنامه ارائه داده اند، در حالیکه به ندرت میتوان طرح جامع و مشخصی برای در نظر گرفتن ارتعاشات قائم در آیین نامه ها پیدا نمود.

در این پایان نامه ابتدا به معرفی تحقیقات انجام شده در زمینه درنظر گرفتن اثر مولفه قائم بر روی سازه ها پرداخته خواهد شد. در ادامه سازههای قاب خمشی ویژه طراحی و مدلسازی عددی خواهد شد.

باانتخاب رکوردهای حوزه نزدیک و اعمال مولفه افقی و قائم به طور همزمان بر سازههای ۳، ۶ و ۹ طبقه میتوان عملکرد آنها را بررسی کرد. تحلیل دینامیکی افزایشی برای ارزیابی لرزهای پاسخ سازههای قاب خمشی در دو حالت اعمال سرعت همزمان و شتاب افقی تنها، انجام خواهد شد. برای پسپردازش نتایج تحلیل دینامیکی افزایشی دو روش ارزیابی بر اساس دستورالعمل FEMA۳۵۰ (بهدست آوردن سطح اطمینان بر اساس تغییرمکان نسبی بین طبقهای) و روش ارائه منحنی احتمالاتی درصد تجاوز از شرایط حدی دستورالعمل HAZUS انتخاب شده است.

نتایج نشان میدهد که اولا در نظر گرفتن اثر مولفه قائم در تحلیلهای دینامیکی تاریخچه زمانی باعث ایجاد تغییرات قابل توجهی در نیاز سازهها خواهد شد که این مساله در مورد سازههای کوتاهتر بسیار چشمگیرتر میباشد اما با افزایش ارتفاع سازهها این تغییرات به تدریج کمتر خواهد شد. ثانیا با مرتفعتر شدن سازه قاب خمشی آسیب پذیری آن در مقابل بارهای لرزهای بیشتر خواهد شد که به لزوم درنظر گرفتن تمهیدات ویژه در زمینهمقاوم سازی سازههای بلند مرتبه در مقابل ارتعاشات حوزه نزدیک را مشخص میسازد.

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ مروری بر کارهای قبلی انجام شده در این زمینه ۵

۱-۳ لزوم انجام مطالعه ۹

۱-۴ روش انجام این مطالعه ۱۰

۱-۵ ساختار این پایان نامه ۱۱

فصل دوم: قابهای مقاوم خمشی ۱۳

۲-۱ مقدمه ۱۴

۲-۲ قابهای خمشی ویژه (SMF) ۱۶

۲-۳ شکل پذیری سازه ۲۳

۲-۳-۱ انتخاب عضوی از قاب خمشی به عنوان عضو شکل پذیر ۲۴

۲-۴ مقایسه مکانیزمهای خرابی در قاب خمشی فولادی ۲۵

فصل سوم: مدل‌های مورد بررسی ۲۸

۳-۱ طراحی ساختمان ها مطابق آیین نامه زلزله ایران ۲۹

۳-۱-۱ بارگذاری جانبی(اثر نیروی زلزله) ۳۰

۳-۲ مدل های تحلیلی موجود ۳۴

۳-۳ مشخصات مدل تحلیلی چشمه اتصال و المانهای اتصال تیر ۳۶

۳-۴ مدل تحلیل اتصال تیر ۳۹

۳-۴-۱ مدلسازی و تحلیل های انجام شده ۴۰

۳-۵ معرفی اجمالی نرم افزار OpenSees ۴۰

۳-۶ مدلسازی قاب دو بعدی در نرم افزار Opensees ۴۱

۳-۶-۱ مصالح غیرخطی ۴۲

۳-۶-۲ المان های مورد استفاده ۴۳

۳-۶-۳ مقاطع مورد استفاده ۴۴

۳-۶-۳-۱ مدلسازی تیرها ۴۴

۳-۶-۳-۲ مدلسازی ستون ها ۴۵

۳-۶-۳-۳ مدلسازی چشمه اتصال ۴۵

۳-۶-۳-۴ مدلسازی اتصال تیر به ستون ۴۶

۳-۶-۳-۵ بارگذاری و تعریف جرم در سازه ۴۶

۳-۶-۳-۶ ماتریس سختی ۴۶

۳-۶-۳-۷ سیستم مختصات ۴۷

۳-۶-۳-۸- الگوی اعمال بار ۴۷

۳-۶-۴ مؤلفه های تحلیل ۴۸

۳-۶-۴-۱ آزمونهای همگرائی ۴۸

۳-۶-۴-۲ الگوریتم حل ۴۹

فصل چهارم: مروری بر روش تحلیل دینامیکی افزایشی(IDA) ۵۰

۴-۱ مقدمه ۵۱

۴-۲ پیشینه تحلیل بار افزایشی ۵۲

۴-۳ روش نوین طراحی سازههای مقاوم در برابر زلزله -روش طراحی بر اساس عملکرد سازه-ها ۵۳

۴-۳-۱ طراحی بر اساس عملکرد ۵۵

۴-۳-۲ مزایای کاربرد تحلیل بارافزون در طراحی بر اساس عملکرد سازه ها ۵۶

۴-۳-۳ محدودیتهای کاربرد تحلیل بارافزون ۵۷

۴-۴ ورودیها و خروجیهای تحلیل دینامیکی غیر خطی افزایشی ۵۹

۴-۴-۱ تحلیل دینامیکی افزایشی تک رکورده ۶۰

۴-۴-۲ تحلیل دینامیکی افزایشی چند رکورده ۶۲

۴-۴-۳ منحنی تحلیل دینامیکی افزایشی(IDA) ۶۳

۴-۴-۳-۱دسته منحنی IDA ۶۴

۴-۴-۴ انتخاب IM و روش صحیح مقیاس کردن ۶۶

۴-۴-۵ الگوریتم کلی روشIDA..... ۶۷

۴-۴-۶ روشهای مختلف به دست آوردن رابطه IM در مقابلEDP ۷۰

۴-۴-۷ استفاده از برازش بین ابری از داده های IM و EDP ۷۱

۴-۴-۸ مقیاسکردن رکوردها به یک مقدار مشخص از IM و نسبت دادن توزیع احتمالی به پاسخ ها ۷۲

۴-۴-۹ مقیاس کردن رکوردها به یک مقدار مشخص از IM و بدست آوردن احتمالات مورد نظر ۷۳

۴-۴-۱۰ استفاده از نتایج *IDA* و به دست آوردن مقدار $G_{EDP/IM}(y/im)$ ۷۴

فصل پنجم: تحلیلهای استاتیکی و دینامیکی افزایشی قاب های خمشی مورد مطالعه..... ۷۶

۵-۱ تحلیل های انجام شده..... ۷۷

۵-۱-۱ تحلیل مودال..... ۷۷

۵-۱-۲- تحلیل استاتیکی غیرخطی(Pushover) ۷۷

۵-۲ تحلیل دینامیکی افزایشی..... ۷۹

۵-۲-۱ رکوردهای ورودی و محتوای فرکانسی آن ۸۰

۵-۲-۲ بررسی رفتار سازه تحت رکورد سرعت و شتاب ۸۱

۵-۲-۳ انجام آنالیز تاریخچه زمانی غیرخطی..... ۸۳

۵-۲-۴ انتخاب DM و IM مناسب..... ۸۴

۵-۲-۵ تحلیل دینامیکی افزایشی قاب های مورد بررسی..... ۸۴

۵-۲-۵-۱ تحلیل دینامیکی افزایشی قاب ۳ طبقه ۸۴

۵-۲-۵-۲-تعریف حالات حدی بر روی منحنی..... ۸۴

۵-۲-۵-۳ ارائه منحنی تک رکورده IDA..... ۸۶

۵-۲-۵-۴ ارائه منحنی های چند رکورده ۸۹

۵-۳ تعیین ظرفیت قاب‌های خمشی به روش FEMA۳۵۰.....۹۴

۵-۳-۱ خلاصه کردن منحنی هایIDA ۱۰۰

۵-۳-۲بررسی رفتار قاب های هم ارتفاع تحت رکوردهای مختلف اعمالی.....۱۰۵

۵-۳-۲-۱ بررسی رفتار قاب ۳طبقه ۱۰۵

۵-۳-۲-۲ بررسی رفتار قاب ۶طبقه ۱۰۷

۵-۳-۲-۳ بررسی رفتار قاب ۹طبقه ۱۰۸

۵-۳-۴ بررسی مفاهیم سطوح عملکردی ۱۰۸

۵-۳-۴-۱ اهداف و سطوح عملکرد ۱۱۰

۵-۳-۴-۲ تعیین پارامتر خطر ۱۱۶

۵-۴ تعیین ضریب اعتماد برای سازه های مورد مطالعه ۱۱۷

۵-۴-۱ محاسبه ظرفیت سازه های مورد مطالعه (C).....۱۱۷

۵-۴-۲ محاسبه تقاضای سازه های مورد مطالعه(D) ۱۱۸

۵-۴-۳ محاسبه سطح اعتماد(λ).....۱۱۹

۵-۵ بررسی منحنیهاي احتمالاتی درص تجاوز از مقدار شرایط حدی با استفاده از منحنیهای IDA..۱۲۲

۵-۵-۱ منحنی احتمالاتی درصد تجاوز از مقدار شرایط حدی.....۱۲۲

۵-۵-۲ روال محاسبه منحنی احتمالاتی درصد تجاوز از مقدار شرایط حدی با تکنیک دینامیکی۱۲۵

۵-۵-۳ تشریح فرآیند مراحل برآورد تابع شکنندگی.....۱۲۷

۵-۶ برآورد منحنی احتمالاتی درصد تجاوز از مقدار شرط حدی ۱۲۸

۵-۶-۱ ارزیابی آسیب پذیری ساختمانهای ۳ ، ۶ و ۹طبقه با استفاده از منحنی احتمالاتی درصد تجاوز از مقدار شرط حدی.....۱۲۹

۵-۷ تاثیر مولفه قائم بر روی بار محوری در ستون ها ۱۳۵

فصل ششم: جمع بندی و پیشنهادات ۱۳۹

۶-۱ جمعبندی ۱۴۰

۶-۲ ارائه پیشنهادات ۱۴۱

پیوست۱..... ۱۴۲

پیوست۲..... ۱۶۴

مراجع ۱۸۷

فهرست جداول

جدول ۳-۱: ضرایب بارگذاری لرزه ای در روش تحلیل استاتیکی معادل.....۳۲

جدول ۵-۱: پریود قاب های۳، ۶ و ۹طبقه.....۷۷

جدول ۵-۲: شتاب نگاشت های انتخابی برای آنالیز دینامیکی غیرخطی.....۸۱

جدول ۵-۳: ظرفیت تغییرمکان میان طبقه ای برای قاب های خمشی ویژه و معمولی.....۸۶

جدول ۵-۴: آستانه تغییرشکل نسبی طبقات برای خرابی های مختلف بر اساس HAZUS.....۸۶

جدول ۵-۵: مقدار شدت تحریک و میزان خرابی ظرفیت، برای قاب خمشی۳ طبقه تحت رکورد شتاب افقی.....۹۵

جدول ۵-۶: مقدار شدت تحریک و میزان خرابی ظرفیت، برای قاب خمشی۳ طبقه تحت رکوردسرعت افقی و قائم.۹۶

جدول ۵-۷: مقدار شدت تحریک و میزان خرابی ظرفیت، برای قاب خمشی۶ طبقه تحت رکورد شتاب افقی.....۹۷

جدول ۵-۸: مقدار شدت تحریک و میزان خرابی ظرفیت، برای قاب خمشی۶ طبقه تحت رکورد سرعت افقی و قائم۹۸

جدول ۵-۹: مقدار شدت تحریک و میزان خرابی ظرفیت، برای قاب خمشی۹ طبقه تحت رکورد شتاب افقی.....۹۹

جدول ۵-۱۰: مقدار شدت تحریک و میزان خرابی ظرفیت، برای قاب خمشی۹ طبقه تحت رکوردسرعت افقی و قائم..... ۱۰۰

جدول ۵-۱۱: ظرفیتهای خلاصه شده برای هر سطح عملکرد برای قاب خمشی۳طبقه تحت رکورد شتاب افقی ۱۰۴

جدول ۵-۱۲: ظرفیت های خلاصه شده برای هر سطح عملکرد برای قاب خمشی۳طبقه تحت رکورد سرعت همزمان..... ۱۰۴

جدول ۵-۱۳: ظرفیت های خلاصه شده برای هرسطح عملکرد برای قاب خمشی ۶طبقه تحت رکورد شتاب افقی۱۰۴

جدول ۵-۱۴: ظرفیتهای خلاصه شده برای هر سطح عملکرد برای قاب خمشی۶طبقه تحت رکورد سرعت همزمان..... ۱۰۵

جدول ۵-۱۵ ظرفیت های خلاصه شده برای هر سطح عملکرد برای قاب خمشی۹طبقه تحت رکورد شتاب افقی.۱۰۵

جدول ۵-۱۶: ظرفیت های خلاصه شده برای هر سطح عملکرد برای قاب خمشی۹طبقه تحت رکورد سرعت همزمان..... ۱۰۵

جدول ۵-۱۷: ضریب بایاس(C_B).....۱۱۳

جدول۵-۱۸: ظرفیت تغییرمکان نسبی داخلی طبقات و ضری مقاومت.....۱۱۴

جدول ۵-۱۹: محدودیت ظرفیت تغییر مکان نسبی و ضریب مقاومت محلی برای اتصال نوع ۱.....۱۱۴

جدول ۵-۲۰: محدودیت ظرفیت تغییر مکان نسبی و ضریب مقاومت محلی برای اتصال نوع ۲.....۱۱۵

جدول۵-۲۱: ضریب عدم قطعیت برای ارزیابی تغییرمکان نسبی داخلی کلی.....۱۱۵

جدول۵-۲۲: ضریب عدم قطعیت برای ارزیابی تغییرمکان نسبی داخلی محلی..... ۱۱۶

جدول ۵-۲۳: مقادیر قراردادی برای شیب منحنی خطر.....۱۱۷

جدول۵-۲۴: مقادیر ظرفیت محاسبه شده بر اساس تغییرمکان نسبی.....۱۱۸

جدول ۵-۲۵: مقادیر تقاضای بدست آمده بر اساس تغییرمکان نسبی.....۱۱۸

جدول ۵-۲۶: ضریب اطمینان بدست آمده برای سطح عملکرد آستانه فروریزش بر اساس تغییرمکان نسبی.....۱۱۹

جدول ۵-۲۷: ضریب اطمینان بدست آمده برای سطح عملکرد بهرهبرداری آنی‌بر اساس تغییرمکان نسبی.....۱۱۹

جدول ۵-۲۸: مقادیر پیشنهادی FEMA برای ارزیابی سطوح مختلف عملکرد سازه..... ۱۲۰

فهرست اشکال

شکل (۲-۱): هندسه اعضا، نمودار ممان تحت بار جانبی، نیروی متناظر در تیرها و ستون ها و چشمه های اتصال ۱۴

شکل (۲-۲): تغییر مکان نسبی میان طبقه ای ۱۵

شکل (۲-۳): تشکیل مفصل پلاستیک در تیرها، تشکیل مفصل پلاستیک در ستون ها ۱۸

شکل (۲-۴): دیتیلهای مجاز برای اتصالات قابهای مقاوم خمشی ویژه ۲۰

شکل (۲-۵): تعیین برش در تیر در هنگام مکانیزم قاب بر اثر تشکیل مفصل پلاستیک در تیر ۲۰

شکل (۲-۶): نمودارهای جسم آزاد استفاده شده برای تعیین نیاز مقاومت بحرانی برای قسمتهای مختلف اتصال. ۲۱

شکل (۲-۷): نیروهای چشمه اتصال ستون ۲۱

شکل (۲-۸): حلقه های زنجیر پاولی ۲۳

شکل (۲-۹): مکانیزمهای مختلف خرابی قاب خمشی فولادی ۲۶

شکل (۳-۱): پلان مدل قاب خمشی ۲۹

شکل (۳-۲): تغییر شکل ستون ها تحت بار جانبی ۳۰

شکل (۳-۳): مدل قیچی ۳۵

شکل (۳-۴): مدل غیرخطی مرکز به مرکز ۳۵

شکل (۳-۵): مدل Shi ۳۶

شکل (۳-۶): مدل Krawinkler ۳۶

شکل (۳-۷): رفتار ممان خمشی –دوران چشمه اتصال ۳۷

شکل (۳-۸): رفتار ممان خمشی –دوران چشمه اتصال ۳۸

شکل (۳-۹): محلهای تشکیل مفصل پلاستیک و نیروهای نظیر آن ۳۹

شکل (۳-۱۰): تغییر شکل اتصال ۴۱

شکل (۳-۱۱): مدل قاب دو بعدی ۴۲

شکل (۳-۱۲): منحنی تنش-کرنش فولاد به همراه منحنی انتقال ۴۳

شکل(۳-۱۳) ایده آل سازی اتصال تیر به ستون ۴۵

شکل (۴-۱): اهداف بهسازی ۵۵

شکل (۴-۲): روند انجام روش طراحی بر اساس عملکرد معرفی شده درPEER کالیفرنیا ۶۰

شکل (۴-۳): IDA تک رکورده ۶۲

شکل (۴-۴): IDA چند رکورده ۶۳

شکل (۴-۵): منحنی های IDA برای ساختمان ۹ طبقه با قاب ممان گیر و پریود ۲/۲ ثانیه ۶۷

شکل (۴-۶): اعمال برازش بر ابری از داده هایEDP و IM ۷۱

شکل (۴-۷): مقیاسکردن رکوردها به یک مقدارخاص IM=im و اعمال آن به سازه و نسبت دادن توزیع نرمال به لگاریتم آنها ۷۳

شکل (۴-۸): استفاده از نتایج *IDA* برای بدست آوردن رابطه بین *IM* و *EDP* ۷۵

شکل (۵-۱): نمودار تحلیل استاتیکی غیرخطی برای قاب خمشی۳ طبقه ۷۸

شکل (۵-۲): نمودار تحلیل استاتیکی غیرخطی برای قاب خمشی ۶ طبقه ۷۸

شکل (۵-۳): نمودار تحلیل استاتیکی غیرخطی برای قاب خمشی ۹ طبقه ۷۹

شکل (۵-۴): نمودار تغییر مکان طبقه بام تحت رکوردهای سرعت و شتاب رکورد۶ ..... ۸۲

شکل (۵-۵): منحنی IDA تک رکورده برای قاب خمشی ۳ طبقه(رکورد۱) ۸۷

شکل (۵-۶): روند پلاستیک شدن اتصالات برای قاب خمشی ۳ طبقه(رکورد۱) ۸۸

شکل (۵-۷): منحنی IDA تک رکورده برای قاب خمشی ۶ طبقه(رکورد۱) ۸۹

شکل (۵-۸): منحنی IDA تک رکورده برای قاب خمشی ۹ طبقه(رکورد۱) ۹۰

شکل(۵-۹): منحنیهای IDA قاب خمشی ۳ طبقه تحت رکورد شتاب افقی ۹۱

شکل(۵-۱۰): منحنیهای IDA قاب خمشی ۳ طبقه تحت رکورد سرعت افقی و قائم ۹۲

شکل(۵-۱۱): منحنیهای IDA قاب خمشی ۶ طبقه تحت رکورد شتاب افقی ۹۲

شکل(۵-۱۲): منحنیهای IDA قاب خمشی ۶ طبقه تحت رکورد سرعت افقی و قائم ۹۳

شکل(۵-۱۳): منحنیهای IDA قاب خمشی ۹ طبقه تحت رکورد شتاب افقی ۹۳

شکل(۵-۱۴): منحنیهای IDA قاب خمشی ۹ طبقه تحت رکورد سرعت افقی و قائم ۹۴

شکل(۵-۱۵): خلاصه سازی منحنی های IDA برای قاب خمشی ۳طبقه تحت رکورد شتاب افقی ۱۰۲

شکل(۵-۱۶): خلاصه سازی منحنی های IDA برای قاب خمشی ۳طبقه تحت رکورد سرعت افقی و قائم ۱۰۲

شکل(۵-۱۷): خلاصه سازی منحنی های IDA برای قاب خمشی ۶طبقه تحت رکورد شتاب افقی ۱۰۲

شکل(۵-۱۸): خلاصه سازی منحنی های IDA برای قاب خمشی ۶طبقه تحت رکورد سرعت افقی و قائم ۱۰۲

شکل(۵-۱۹): خلاصه سازی منحنی های IDA برای قاب خمشی ۹طبقه تحت رکورد شتاب افقی ۱۰۳

شکل(۵-۲۰): خلاصه سازی منحنی های IDA برای قاب خمشی ۹طبقه تحت رکورد سرعت افقی و قائم.....۱۰۳

شکل(۵-۲۱): مقایسه منحنی های میانه IDA برای قاب خمشی ۳ طبقه..... ۱۰۷

شکل(۵-۲۲): مقایسه منحنی های میانه IDA برای قاب خمشی ۶ طبقه..... ۱۰۸

شکل(۵-۲۳): مقایسه منحنی های میانه IDA برای قاب خمشی ۹ طبقه..... ۱۰۹

شکل (۵-۲۴) مراحل برآورد منحنی احتمالاتی درصد تجاوز سازه ها..... ۱۲۵

شکل (۵-۲۵) اعمال برازش بر ابری از دادههای IM و EDP.....۱۲۸

شکل (۵-۲۶): بررسی رفتار قاب خمشی ۳ طبقه مطابق با HAZUS تحت رکورد شتاب افقی..... ۱۲۹

شکل (۵-۲۷): بررسی رفتار قاب خمشی ۳ طبقه مطابق با HAZUS تحت رکورد سرعت افقی و قائم..... ۱۳۰

شکل(۵-۲۸): بررسی رفتار قاب خمشی ۶ طبقه مطابق با HAZUS تحت رکورد شتاب افقی..... ۱۳۰

شکل(۵-۲۹): بررسی رفتار قاب خمشی ۶ طبقه مطابق با HAZUS تحت رکورد سرعت افقی و قائم..... ۱۳۱

شکل(۵-۳۰): بررسی رفتار قاب خمشی ۹ طبقه مطابق با HAZUS تحت رکورد شتاب افقی..... ۱۳۱

شکل(۵-۳۱): بررسی رفتار قاب خمشی ۹ طبقه مطابق با HAZUS تحت رکورد سرعت همزمان.....۱۳۲

شکل(۵-۳۲): مقایسه رفتار قاب خمشی ۳ طبقه مطابق با HAZUS تحت رکورد شتاب و سرعت افقی و قائم...۱۳۲

شکل(۵-۳۳): مقایسه رفتار قاب خمشی ۶ طبقه مطابق با HAZUS تحت رکورد شتاب و سرعت افقی و قائم....۱۳۳

شکل(۵-۳۴): مقایسه رفتار قاب خمشی ۹ طبقه مطابق با HAZUS تحت رکورد شتاب و سرعت افقی و قائم.....۱۳۳

شکل(۵-۳۵): تفاوت تغییر مکان قائم سقف در دو حالت اعمال رکورد افقی تنها و افقی و قائم همزمان..... ۱۳۵

شکل (۵-۳۶): محل ستون های مورد بررسی..... ۱۳۶

شکل(۵-۳۷): منحنیهای IDA قاب خمشی ۳طبقه بر اساس نیروی محوری ستون میانی..... ۱۳۷

شکل(۵-۳۸): منحنیهای IDA قاب خمشی ۶ طبقه بر اساس نیروی محوری ستون میانی..... ۱۳۷

فصل اول

کلیات

۱-۱ مقدمه

بررسی و تبیین ارتعاشات نیرومند زمین در دو شاخه مهندسی سازه (دیدگاه تحلیل رفتار سازه) و مهندسی زلزله (دیدگاه تحلیل رفتار زمین)، دارای اهمیت فراوان است. شایان توجه است که برای حداقل کردن خسارت حاصل از زلزلههای بزرگ، نیازمندی به تدوین، تعمیم و گسترش دیدگاههای تحلیلی نسبت به ارتعاشات نیرومند زمین، بیش از پیش آشکار گردیده است. زلزلههای نزدیک گسل که اخیراً اتفاق افتادند خسارات زیادی به بار آوردند. خسارات فراوان این زمین لرزهها، متفاوت بودن پارامترهای زمین در زلزلههای نزدیک گسل و نیز متفاوت بودن رفتار سازهها در نزدیکی گسل، باعث شده زلزلههای نزدیک از هر دو دیدگاه مهندسی زلزله و زلزله شناسی اهمیت بسیار داشته باشد. یکی از شاخص های این زلزلهها، مولفه قائم آن است که بسیار بزرگتر از آنچه که به طور معمول در طراحیها لحاظ می گردد، میباشد.

با اینکه اثرات نزدیک گسل در گذشته شناخته شدهبود،اما اهمیت این موضوع در طراحی سازه-های مهندسی عمران به خوبی درک نشده بود تا اینکه زلزلههای مخربی همچون زلزله ۱۹۹۲ لندرز، زلزله ۱۹۹۴نورثریج، زلزله ۱۹۹۵ کوبه ژاپن و زلزله ۱۹۹۹ چیچی تایوان به وقوع پیوست. اینگونه زلزلهها که در نزدیکی یک گسل فعال رخ میدهد، دارای نگاشتهای پالسی با پریود پالس بلند و دارای یک یا چند اوج سرعت میباشند. این پالس توسط لغزش گسل ایجاد شده و باعث میشود تا قسمت بزرگی از انرژی زلزله در یک یا دو پالس بطور ناگهانی به سازه وارد شود. درحوزه نزدیک به گسل مولفه افقی عمود بر گسل بیشترین اثر را در پاسخ سازهها دارد و اثر این مولفه غالب بر مولفه افقی موازی با گسل و مولفه قائم به سطح زمین میباشد. اما اگر برای سازه، کارایی اهمیت داشته-باشد، ارتعاش قائم به سطح زمین در نواحی نزدیک گسل نیز ممکن است مهم باشد. در این حالت مولفه قائم به سطح زمین نیز بایستی تخمین زده شود. با توجه به اینکه هم اکنون تعدادی از شهرهای ایران از جمله شهر تهران در نزدیک گسل قرار دارد، بررسی اثرات حوزه نزدیک امری اجتناب ناپذیراست.

با وجودی که آیین نامه‌های طراحی سازه‌ها در برابر زلزله عمدتا با هدف کاهش تلفات جانی ناشی از زلزله تدوین شده‌اند و تجارب به دستآمده از زمین لرزه‌های اخیر نیز نشان‌دهنده کارآمدی آنها در زمینه کاهش تلفات ناشی از زلزله بوده است اما زلزله‌های بزرگ سال‌های اخیر نشان‌دهنده این است که میزان خسارت‌های سازه‌ای و غیره سازه‌ای وارد به سازه‌ها در برخی موارد بسیار شدید بوده و خسارات مالی سنگینی به دنبال داشته است. به نظر می‌رسد اشکالی که در روش‌های طراحی مرسوم در آیین نامه‌های کنونی وجود دارد این است که عملکرد سازه و اجزای آن به طور صریح قابل ارزیابی نمی‌باشد. بدین منظور در سال‌های اخیر روش طراحی بر اساس عملکرد مورد توجه بسیار قرار گرفته است. از جمله آئیننامهها و دستورالعملهایی که به این مقوله پرداختهاند، میتوان به FEMA۲۷۴(FEMA،۱۹۹۷)[۱]، ATC-۴۰(ATC،۱۹۹۷)[۲]، ۳۵۰(FEMA،۲۰۰۰A) SAC/FEMA[۳]، FEMA۳۵۶[۴]، BCJ۲۰۰۰ [۵]، EC8(2004) [۶] اشاره نمود.

با بررسی مفاهیم بنیادی در روش طراحی براساس عملکرد به طور کلی می‌توان گفت که هدف اصلی روش طراحی بر اساس عملکرد پیش بینی واقع بینانه عملکرد ساختمان بر حسب عوامل قابل تعریف در طول زلزله‌هایی با شدت مختلف می‌باشد که ممکن است در طول عمر سازه در محل احداث آن رخ دهد. این امر با طراحی ساختمان به گونه‌ای که محدوده وسیعی از اهداف عملکردی را محقق سازد، انجام می‌شود. یک هدف عملکردی خاص تشکیل شده است از یک سطح عملکردی بر اساس خرابی به علاوه سطح خطر زلزله تشکیل شده است . به عنوان مثال در طراحی ساختمان می‌توان به گونه‌ای عمل کرد که سازه در طول زلزله‌هایی که انتظار می‌رود هر ۲۵۰۰سال رخ دهد در آستانه فروپاشی قرار گیرد.

برای اینکه عملکرد سازه قابل پیشبینی باشد، ملاحظاتی در مورد میزان قابلیت اطمینان طرح نهایی باید صورت گیرد تا هدف عملکردی مورد نظر برآورد شود . با توجه به اینکه طراحی و ساخت ساختمان‌ها در فضایی از عدم قطعیت‌ها انجام می‌گیرد، قابلیت اطمینان طرح تنها می‌تواند به صورت

احتمالاتی بیان شود. طراحی عملکردی شامل کلیه عملیات مهندسی می‌باشد که بتوان سازه‌ای با عملکرد مشخص در برابر زلزله به دست آورد، که این عملیات می‌تواند شامل تعیین اهداف طراحی، مطالعات لرزه خیزی، تحلیل و طراحی لرزه‌ای اعضا سازه ای و غیر سازه ای، کنترل ساخت و نگهداری سازه شود.

قابهای خمشی یکی از انواع ساختمانهایی است که قابلیت اطمینان لرزهای آن پس از زلزلههای حوزه نزدیک مورد سوال قرار گرفته است. بنابراین یافتن روشی که طراحی قاب های خمشی فولادی را به اهداف آئیننامهها نزدیک کرده و مدلهای دقیقتری را جهت تحلیل و طراحی تولید کند، بسیار ضروری است. در نتیجه موضوع اصلی بسیار تحقیقات، توسعه روشی برای محاسبه کمیت تقاضای لرزهای بر اساس منحنیهای طیف پاسخ زلزلهها در چارچوبی است بتوان صحت و سلامتی سازهها را در برابر حوزه نزدیک افزایش دهد. از این رو توسعه روشهای تخمین تقاضای سازهای به منظور تعیین میزان خسارتهای مستقیم و غیرمستقیم امری ضروری است. تاکنون روشهای زیادی برای برآورد تقاضای لرزهای توسعه داده شده است. لیکن روش تحلیل دینامیکی فزاینده به صورت وسیعی توسط محقیقین در حال استفاده می باشد.[۶]

در روش تحلیل دینامیکی فزاینده، سازه تحت یک مجموعه مشخص زلزلهای انتخابی در سطوح مختلف شدت لرزهای(تمامی زلزلهها به این شدت مقیاس میشوند) مورد تحلیل قرار میگیرد . بنابراین رفتار سازه مورد مطالعه در کلیه سطوح شدت لرزهای تعیین میشود . میتوان بر اساس منحنیهای خلاصه شده تحلیل دینامیکی فزاینده (معمولا ۱۶٪، ۵۰٪، ۸۴٪) ظرفیت متناظر با فروریزش و همچنین سطوح عملکردی مورد نیاز را تعریف نمود. این اطلاعات، در روش طراحی بر اساس عملکرد، در مرحله بعدی، با اطلاعات خطر زلزله ترکیب شده و احتمال وقوع سالیانه تقاضا محاسبه میگردد .

۱-۲ مروری بر کارهای قبلی انجام شده در این زمینه

تاثیراتی که زلزله حوزه نزدیک بر سازه میگذارد با اثرات ناشی از زلزلههای معمولی متفاوت است. این تفاوتها به دلیل ویژگیهای خاص زلزله حوزه نزدیک از قبیل پالسی بودن، انرژی بالای تولید شده در زمان کوتاه و ارتعاشات قائم قابل ملاحظه آن میباشد.

در واقع در حوزه نزدیک ، به دلیل این که نیروی زیادی در زمان کوتاهی به سازه وارد میشود و حالت پالسگونه نیرو، اثر مودهای بالاتر در رفتار سازه بیشتر خواهد بود در صورتی که در زلزله حوزه دور مود تاثیرگذار، مود اول میباشد .[۷] همچنین نگاشتهای ثبت شده در نواحی نزدیک گسل از لحاظ محتوای فرکانسی نسبت به زلزله های دور از گسل غنی تر می باشند. زیرا نزدیکی فاصله تا منبع انتشار امواج سبب می گردد تا فرکانسهای بالا از بین نرفته و بنابراین نگاشت حاصل برخلاف نگاشت های ثبت شده در نواحی دور از گسل، از محتوای فرکانسی بالاتری برخوردار گردد .[۸] یکی دیگر از این خصوصیات حوزه نزدیک پالس سرعت میباشد به طوری که یکی از روشهای تشخیص حوزه نزدیک براساس مشاهده تاریخچه زمانی سرعت می باشد. در این روش ، پس از رسم تاریخچه زمانی سرعت، چنانچه دامنه پالس موجود (که همان بیشینه سرعت میباشد) از ۴ برابر بزرگترین دامنه پالس بعدی بزرگتر باشد، نگاشت مورد بررسی در دسته نگاشتهای نزدیک گسل قرار می گیرد .[۹] محتوای فرکانسی بالا و تغییرشکل تکتونیکی زمین و اثرات جهتگیری انتشار شکست به عنوان مهمترین پارامتر در برآورد خطرات زمین لرزه های نزدیک گسل مورد توجه قرارگرفته است. به همین سبب به جهت تعیین تاثیرات خاص این پدیده بر سازهها و همچنین تهیه راهکارهایی جهت طراحی ایمن سازه ها، تلاشهای زیادی در جهت تحلیل و ارزیابی انواع مختلف سازهها اعم از سیستم های یکدرجه آزادی و چنددرجه آزادی با رفتارهای مختلف مواد شامل ارتجاعی و غیرارتجاعی، تحت چنین تحریکات پالسی شکل، توسط Makris و Black (۲۰۰۳)، Longjun و همکاران (۲۰۰۶) و Ghahari و همکاران (۲۰۰۷) انجام یافته است.[۱۰، ۱۱ و ۱۲].

Babak Alavi و Krawinkler در سال ۲۰۰۱ مطالعاتی را در زمینه اثرات حوزه نزدیک در مشارکت ساختمان ها انجام دادند. در این مطالعه تاثیر مودهای بالا، افزایش پاسخ برشی و خمشی سازه، افزایش تقاضای شکل پذیری در ارتفاع ساختمان به طور چشمگیری مشاهده شد.[۱۳] همچنین MacRae و Roeder اثر این نوع زلزله را بر سازه های کوتاه مورد بررسی قرار دادند.[۱۴]

مطالعات انجام شده توسط گرامی، واثقی و عبدالله زاده(۲۰۰۸) نشان میدهد که حداکثر تغییر مکان های نسبی واقعی حاصل از آیین نامه ۲۸۰۰ و دستورالعمل بهسازی از روشهای خطی مقادیر کمتری از تحلیل دینامیکی غیر خطی دارد و محاسبه تغییر مکان نسبی از روشهای خطی در بعضی از طبقات تخمین بیشتر و در بعضی از طبقات تخمین کمتری نسبت به روش دینامیکی غیر خطی ارائه می دهد لذا پیشنهاد می شود در ارزیابی سازه ها مخصوصا در حوزه نزدیک از روش دینامیکی غیر خطی استفاده شود. همچنین زلزله های حوزه نزدیک که اوج پالس سرعت موجود در آنها از شدت بیشتری برخوردار است و یا مدت زمان پالس آنها بزرگتر است(نسبت T/T_P آنها کمتر است) پاسخ سازه را بیشتر افزایش می دهند، لذا با این وجود سازه هایی که به منبع لرزه زا نزدیک تر هستند، شکل پذیری بیشتری باید داشته باشند تا بتوانند از پاسخ سازه بکاهند.[۱۵]

Ariaratnam و Leung (۱۹۹۰) سازه قاب دو بعدی ۶ طبقه را تحلیل نمودند و به این نتیجه رسیدند که مولفه قائم سختی ستون ها را کاهش و جابهجائی جانبی را افزایش میدهد. [۱۶]

Sadeghvaziri و Foutch (۱۹۹۱) دریافتند که لرزه قائم منجر به عدم پایداری ستون ها میگردد. [۱۷]

Papazoghlou و Elnashi (۱۹۹۷) و Ranzo و همکاران (۱۹۹۹) دریافتند که مقاومت برشی اعضای قائم بیشتر به تحریکات قائم حساس بوده و هنگامی که سهم محوری نسبت به ظرفیت خمشی مقطع کاهش پیدا می کند، شکست برشی قابل انتظار است.[۱۸ و ۱۹]

Chouw (۱۹۹۸) در تحقیقی بر روی یک قاب فلزی ۳ طبقه، دریافت که همزمانی دامنه حداکثر مولفه قائم و افقی تأثیر بسیار بزرگی بر روی پاسخ سازه دارد، او به علاوه بیان نمود که اگر حداکثر شتاب افقی و قائم زلزله همزمان نباشند، حداکثر نیروی کششی در ستون باید به وسیله محرک قائم تعیین گردد. [۲۰]

Salzar و Haldar (۱۹۹۸) با بررسی المان محدودی سازههای مختلف نشان دادند که اگر سازه تحت زلزله در حالت الاستیک باقی بماند، آیین نامه های NEHRP و مکزیکوسیتی اثر مولفه قائم را به درستی برآورد نمودهاند اما اگر سازه وارد ناحیه پلاستیک شود (انرژی وارد به سازه زیاد باشد) هر دو آیین نامه اثر این مولفه را کمینه برآورد کرده اند. همچنین میزان تاثیرپذیری ستون ها به مکان قرار گیری آنها بستگی دارد و اثر این مولفه در ستون های میانی بیشتر میباشد.[۲۱]

در تحقیقی که توسط Yashiro و همکاران(۲۰۰۰) بر روی قاب مقاوم خمشی بتن آرمه پنج طبقه انجام شد، دریافتند که ستون هایی که تنها تحت زمین لرزه قائم قرار گرفته اند، تسلیم نشدند اما با اعمال حرکت افقی همراه با آن با PGA کمتری به تسلیم می رسند. [۲۲]

Ju و همکاران(۲۰۰۰) به منظور بررسی رفتار سازه های بتنی تحت اثر مولفه قائم ترکیبی از سازه های متفاوت را با ارتفاع های متفاوت مورد تحلیل دینامیکی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که که مود اول قائم حاکم بر تغییر شکل قائم نهایی است و تاثیر جرم موثر این مود تقریبا بین ۴۰٪ تا ۷۰٪ است. بطور کلی مود اول نقش مهمی در تحلیل دینامیکی دارد چرا که باعث تغییر شکلهای نهایی می گردد. همچنین نشان دادند که تاثیر نیروی محوری ستون جدی تر از تاثیر ممان تیر تحت بار قائم زلزله است. بنابر این زلزله قائم شدید منجر به تحمل نیروی شدید فشاری توسط ستون ها می گردد. این مساله بسیار نگران کننده بوده، چرا که ممکن است باعث ریزش ساختمان گردد. [۲۳]

تهرانی زاده و لبافزاده (۲۰۰۶) دریافتند که در مکانهای نزدیکتر به منبع زلزله، تداوم زمین لرزه شدیدتر و سرعت طیفی(Sv) برای سازه‌های نمونه مقادیر بیشتری از حوزه دور دارند. طیف