بسم الله الرحمن الرحيم

وزارت علوم تحقیقات و فناوری

دانشگاه علم و فرهنگ

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی عمران- سازه

موضوع:

بررسی اثر تعداد رکورد زلزله در برآورد سطح عملکرد ساختمان‌های بتنی نامتقارن

نگارش:

محمد محبی

استاد راهنما:

دکتر عبدالرضا سروقدمقدم

اسفند ۱۳۸۸

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتی، به پاس عاطفه سرشار وگرمای امید بخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است، به پاس قلب‌های بزرگشان که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می‌گراید و به پاس محبت‌های بی‌دریغشان که هرگز فروکش نمی‌کند.

این مجموعه را به پدرفداکار و مادر مهربانم تقدیم می کنم.

تقدیر و تشکر

حال که با توفیق حضرت حق موفق به تنظیم و تدوین این پایان‌نامه گردیده‌ام، وظیفه خود می‌دانم از تلاش‌ها و زحمات مستمر و رهنمودهای ارزنده استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر **عبدالرضا سروقد مقدم** که با دقت و سعه صدر راهگشای این تحقیق بودند و بدون حضور ایشان، وقوع این مهم ممکن نبود تشکر و قدردانی نمایم.

چکیده

امروزه با توسعه روش طراحی بر اساس سطح عملکرد به عنوان روشی توانمند، استفاده از آنالیزهای دینامیکی غیرخطی افزایش قابل‌توجهی یافته است.

پاسخ‌های به دست آمده از این روش نسبت به رکورد انتخاب شده بسیار حساس می‌باشند. بر پایه چنین حساسیتی آیین‌نامه‌های لرزه‌ای نظیر استاندارد ۲۸۰۰ مهندسین طراح را ملزم به استفاده از حداقل سه رکورد و در نظر گرفتن پاسخ حداکثر برای تعیین سطح عملکرد و یا هفت رکورد و تعیین سطح عملکرد بر اساس پاسخ میانگین می‌کنند. از طرفی با آسیب‌های فراوانی که طی زلزله‌های گذشته بر ساختمان‌های نامتقارن وارد آمده است لزوم ارزیابی رفتار این ساختمان‌ها طی زلزله بیش از پیش احساس می‌شود. لذا دراین تحقیق به بررسی اثر تعداد رکورد زلزله در برآورد سطح عملکرد ساختمان‌های بتنی نامتقارن با دیوار برشی تحت زلزله‌های حوزه دور پرداخته شده است. بدین منظور دو ساختمان پنج و ده طبقه به عنوان ساختمان‌های مبنا تحلیل و طراحی گردیده است. برای بررسی نتایج در ساختمان‌های نامتقارن بدون در نظر گرفتن اثر ضوابط طراحی، با تغییر محل مرکز جرم، ساختمان‌های نامتقارن به دست آمده‌اند. در ابتدا پاسخ میانگین هر یک از مدل‌ها تحت هفت رکورد به دست آمده است. سپس برای بررسی اثر تعداد رکورد در برآورد سطح عملکرد، سطح عملکرد بر اساس پاسخ حداکثر هر یک از ترکیبات سه تایی که منجر به کمترین و بیشترین پاسخ نسبت به پاسخ میانگین می‌شوند، تعیین و نتایج حاصل مقایسه گردیده‌اند.

به طور کلی نتایج حاکی از آن است که پاسخ نهایی به دست آمده بر اساس پاسخ حداکثر سه رکورد، اختلاف قابل ملاحظه‌ای با پاسخ به دست آمده از پاسخ میانگین دارد. در ساختمان‌های با ارتفاع متوسط، با افزایش خروج از مرکزیت حساسیت نتایج نسبت به تعداد رکوردها به ویژه در لبه نرم محسوس‌تر است. در حالی که در ساختمان‌های بلند این روند سیر نزولی پیدا می‌کند.

کلید واژه‌ها : آنالیز دینامیکی غیرخطی، حوزه دور، ساختمان‌های بتنی نامتقارن، اثر تعداد رکورد

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول:کلیات تحقیق

۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- مروری بر مطالعات گذشته ۳
۱-۳- ضرورت و اهداف تحقیق ۶
۱-۴- روش انجام تحقیق ۶
۱-۵- ساختار پایان نامه ۷

فصل دوم:مروری بر مبانی طراحی بر اساس سطح عملکرد

۲-۱- مقدمه ۱۰
۲-۲- اهداف عملکردی ۱۰
۲-۲-۱- سطح خطر زلزله ۱۰
۲-۲-۲- سطح عملکرد ۱۰
۲-۲-۳- اهداف عملکردی ۱۲
۲-۳- روش‌های تحلیل ۱۴
۲-۳-۱- روش استاتیکی خطی ۱۴
۲-۳-۲- روش دینامیکی خطی ۱۴
۲-۳-۳- روش استاتیکی غیرخطی ۱۵
۲-۳-۴- روش دینامیکی غیرخطی ۱۵
۲-۴- معیارهای پذیرش ۱۵
۲-۴-۱- معیار پذیرش کلی سازه ۱۶
۲-۴-۲- معیار پذیرش اعضا ۱۷
۲-۵- معیارهای پذیرش دیوارهای برشی ۱۸
۲-۵-۱- انواع مودهای شکست در دیوارهای برشی ۱۸

۲-۵-۲- انواع منحنی رفتاری برای مدل کردن رفتار غیرارتجاعی دیوارها ۱۹

فصل سوم: مروری بر نکات انتخاب و مقیاس کردن رکوردها

۳-۱- مقدمه ۲۴
۳-۲- مروری بر پارامترهای ۲۴
۳-۲-۱- بزرگی زلزله ۲۴
۳-۲-۲- فاصله از منبع زلزله ۲۵
۳-۲-۳- شدت زلزله ۲۵
۳-۲-۴- پروفیل خاک ۲۶
۳-۳- مقیاس کردن رکوردها ۲۷
۳-۳-۱- مقیاس سازی بر مبنای شتاب مبنای طرح ۲۷
۳-۳-۲- مقیاس سازی به روش استاندارد ۲۸۰۰ ایران ۲۷
۳-۳-۳- مقیاس سازی به روش آنالیز دینامیکی غیرخطی مقیاس شده ۲۸
۳-۴- مشخصات رکوردهای انتخاب شده ۲۸

فصل چهارم : نحوه مدل سازی

۴-۱- مقدمه ۳۴
۴-۲- معرفی ساختمان‌های مورد مطالعه ۳۴
۴-۳- فرضیات طراحی ۳۵
۴-۴- نتایج تحلیل و طراحی مدل‌های مبنا ۳۷
۴-۴-۱- تحلیل و طراحی ساختمان پنج طبقه ۳۷
۴-۴-۲- تحلیل و طراحی ساختمان ده طبقه ۳۹
۴-۵- مشخصات مدل‌های نامتقارن ۴۱
۴-۶- مدل سازی رفتار غیرخطی اجزا ۴۲
۴-۶-۱- انتخاب نرم‌افزار ۴۲
۴-۶-۲- مدل سازی دیوارهای برشی در برنامه ۴۳
۴-۶-۳- منحنی رفتاری بتن محصور شده ۴۴
۴-۶-۳-۱- اثر محصور کنندگی آرماتورها ۴۴

۴-۶-۳-۲- منحنی تنش-کرنش بتن محصور شده ۴۵
۴-۶-۳-۳- حلقه هیسترزیس فایبرهای بتنی در برنامه پرفرم ۴۹
۴-۶-۳-۴- اثر ترک خوردگی ۵۰
۴-۶-۳-۵- مقاومت برشی بتن ۵۰
۴-۶-۴- منحنی رفتاری فولاد ۵۱

فصل پنجم: ارزیابی عملکرد مدل۵ طبقه

۵-۱- مقدمه ۵۴
۵-۲- دوران مفصل پلاستیک انتهای دیوارها ۵۴
۵-۲-۱- اثر تعداد رکوردها بر دوران مفاصل ۵۶
۵-۲-۲- مقایسه نتایج لبه سخت و نرم ۵۸
۵-۲-۳- اثر خروج از مرکزیت بر دوران مفصل هر دیوار ۶۴
۵-۲-۴- ارزیابی و تعیین سطح عملکرد ۶۷
۵-۳- جابجایی نسبی طبقات ۷۰
۵-۳-۱- اثر تعداد رکوردها بر جابجایی نسبی طبقات ۷۳
۵-۳-۲- مقایسه نتایج لبه سخت و نرم ۷۶
۵-۳-۳- اثر خروج از مرکزیت بر جابجایی نسبی طبقات در هر لبه ۷۹
۵-۳-۴- ارزیابی و تعیین سطح عملکرد ۸۲

فصل ششم: ارزیابی عملکرد مدل ۱۰ طبقه

۶-۱- مقدمه ۸۹
۶-۲- دوران مفصل پلاستیک انتهای دیوارها ۸۹
۶-۲-۱- اثر تعداد رکوردها بر دوران مفاصل ۹۱
۶-۲-۲- مقایسه نتایج لبه سخت و نرم ۹۳
۶-۲-۳- اثر خروج از مرکزیت بر دوران مفصل هردیوار ۹۷
۶-۲-۴- ارزیابی و تعیین سطح عملکرد ۱۰۱
۶-۳- جابجایی نسبی طبقات ۱۰۴
۶-۳-۱- اثر تعداد رکوردها بر جابجایی نسبی طبقات ۱۰۷

۶-۳-۲- مقایسه نتایج لبه سخت و نرم ۱۱۰
۶-۳-۴- اثر خروج از مرکزیت بر جابجایی نسبی هر لبه ۱۱۳
۶-۳-۵- ارزیابی و تعیین سطح عملکرد ۱۱۶

فصل هفتم: ارزیابی عملکرد مدل ۵ طبقه در سطح خطر ۲

۷-۱- مقدمه ۱۲۳
۷-۲- دوران مفصل پلاستیک انتهای دیوارها ۱۲۳
۷-۳- تعیین سطح عملکرد بر اساس دوران مفصل پلاستیک ۱۲۷
۷-۴- جابجایی نسبی طبقات ۱۲۹
۷-۵- تعیین سطح عملکرد بر اساس جابجایی نسبی طبقات ۱۳۸

فصل هشتم: نتیجه گیری

۸-۱- نتیجه گیری‌ها ۱۴۲
۸-۲- پیشنهادات ۱۴۳

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱ سطوح خطر زلزله در مراجع مختلف ۱۱
جدول ۲-۲ سطوح عملکرد ساختمان طبق تعریف فما ۱۲
جدول ۲-۳ میزان خسارت احتمالی برای سطوح مختلف عملکرد ساختمان ۱۳
جدول ۲-۴ تغییر مکان حداکثر طبقات در هر سطح عملکرد ۱۷
جدول ۲- ۵ مقادیر سختی موثر ۲۱
جدول ۲- ۶ پارامترهای مدل‌سازی و معیارهای پذیرش در روش‌های غیرخطی، دیوارهای برشی کنترل شونده توسط خمش ۲۲
جدول ۲- ۷ پارامترهای مدل‌سازی و معیارهای پذیرش در روش‌های غیرخطی، دیوارهای برشی کنترل شونده توسط برش ۲۱
جدول ۳-۱ طبقه بندی خاک در استاندارد ۲۸۰۰ و نرپ ۲۷
جدول ۳-۲ مشخصات شتاب نگاشت های استفاده شده در آنالیزها ۲۹
جدول ۴-۱ نتایج آنالیز مودال ساختمان پنج طبقه ۳۷
جدول ۴-۲ توزیع نبروی جانبی در ارتفاع ساختمان پنج طبقه ۳۷
جدول ۴-۳ نتایج مربوط به طراحی تیرهای در جهت x ۳۸
جدول ۴-۴ نتایج مربوط به طراحی تیرهای در جهتy ۳۸
جدول ۴-۵ نتایج مربوط به طراحی ستون‌ها ۳۸
جدول ۴-۶ نتایج مربوط به طراحی دیوارهای در جهت y ۳۸
جدول ۴-۷ نتایج مربوط به طراحی دیوار های در جهت x ۳۸
جدول ۴-۸ نتایج آنالیز مودال ساختمان ده طبقه ۳۹
جدول ۴-۹ توزیع نیروی جانبی در ارتفاع ساختمان ده طبقه ۳۹
جدول ۴-۱۰ نتایج مربوط به طراحی تیرهای در جهت x ۴۰
جدول ۴-۱۱ نتایج مربوط به طراحی تیرهای در جهتy ۴۰
جدول ۴-۱۲ نتایج مربوط به طراحی ستون‌ها ۴۰
جدول ۴-۱۳ نتایج مربوط به طراحی دیوار های در جهت y ۴۰
جدول ۴-۱۴ نتایج مربوط به طراحی دیوارهای در جهت x ۴۰
جدول ۴-۱۵ محاسبات جرمی در مدل های متقارن و نامتقارن ۴۱

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱ اهداف عملکردی ۱۳
شکل ۲-۲ سطوح عملکردی ارایه شده توسط فما ۱۶
شکل ۲-۳ منحنی های رفتاری ارایه شده توسط فما برای اعضا ۱۷
شکل ۲-۴ انواع مودهای شکست در دیوارهای برشی ۱۹
شکل ۲-۵ منحنی های رفتاری تعمیم یافته اعضای بتنی ۱۹
شکل ۲-۶ چرخش مفصل پلاستیک زمانی که خمش بر رفتار غیرارتجاعی دیوار حاکم باشد ۲۰
شکل ۲-۷ منحنی های رفتاری تعمیم یافته اعضای بتنی ۲۰
شکل ۲-۸ جابجایی نسبی طبقه زمانی که برش بر رفتار غیرارتجاعی دیوار حاکم باشد ۲۰
شکل ۳-۱ روابط میان شتاب حداکثر و شدت زلزله ۲۶
شکل ۳-۲ تاریخچه زمانی رکوردهای مورد استفاده ۳۱
شکل ۳-۳ طیف پاسخ رکوردها در قیاس با طیف استاندارد ۲۸۰۰ ..... ۳۲
شکل ۴-۱ مدل سه بعدی ساختمان پنج طبقه ۳۵
شکل ۴-۲ محل قرارگیری دیوارهای برشی در پلان مدل‌های متقارن و نامتقارن ۳۶
شکل ۴-۳ نحوه ساخت مدل‌های نامتقارن ۴۱
شکل ۴-۴ مدل آزمایشی جهت کنترل نرم افزار ۴۲
شکل ۴-۵ منحنی تنش-کرنش بتن تحت بارگذاری تک محوری فشاری ۴۴
شکل ۴-۶ اثر محصور شدگی توسط آرماتورهای طولی و عرضی ۴۵
شکل ۴-۷ منحنی تنش-کرنش بتن محصور شده در مقایسه با بتن محصور نشده ۴۶
شکل ۴-۸ تعیین مقاومت نهایی بتن محصور شده در مقاطع مستطیلی ۴۶
شکل ۴-۹ منحنی رفتاری به کار رفته برای مدل سازی الیاف بتنی دیوارها در مدل پنج طبقه ۴۸
شکل ۴-۱۰ منحنی رفتاری به کار رفته برای مدل سازی الیاف بتنی دیوارها در مدل ۱۰ طبقه ۴۸
شکل ۴-۱۱ حلقه هیسترزیس الیاف بتنی برنامه پرفرم ۵۰
شکل ۴-۱۲ تعیین مقاومت برشی بتن با توجه به اندرکنش برش-نیروی محوری ۵۱
شکل ۴-۱۳ منحنی رفتاری فولاد به کار رفته برای مدل سازی فایبرهای فولادی ۵۲
شکل ۵-۱ دوران مفصل پلاستیک در دیوارهای هر مدل تحت نگاشت‌های هفت گانه ۵۵
شکل ۵-۲ اثر تعداد رکوردها بر دوران مفاصل پلاستیک ۵۶
شکل ۵-۳ درصد خطای هر یک از پاسخ‌های حداکثر نسبت به پاسخ میانگین ۵۷

شکل ۵-۴ اثرخروج از مرکزیت بر دوران مفصل پلاستیک دیوارهای هر مدل تحت نگاشت‌های هفتگانه... ۵۹
شکل ۵-۵ ارتعاش کوپله پیچشی- انتقالی در مدل‌های نامتقارن ۶۰
شکل ۵-۶ پلان مدل نامتقارن دوم در مود سوم ۶۰
شکل ۵-۷ جابجایی و چرخش مرکز جرم طبقات در هر مود و جابجایی متناظر هر یک از لبه‌ها ۶۱
شکل ۵-۸ طیف دامنه فوریه زلزله نورتریج ۶۱
شکل ۵-۹ اثر خروج از مرکزیت بر پاسخ‌های میانگین و حداکثر مفصل پلاستیک سه لبه ۶۲
شکل ۵-۱۰ اثر خروج از مرکزیت بر درصد خطای پاسخ‌های حداکثر مفصل پلاستیک سه لبه ۶۳
شکل ۵-۱۱ اثر خروج از مرکزیت بر دوران مفصل هر لبه تحت رکوردهای هفت گانه ۶۵
شکل ۵-۱۲ اثر خروج از مرکزیت بر پاسخ میانگین و پاسخ‌های حداکثر دوران مفصل پلاستیک هر لبه ... ۶۶
شکل ۵-۱۳ اثر خروج از مرکزیت بر درصد خطای پاسخ‌های حداکثر هر لبه ۶۷
شکل ۵-۱۴ اثر تعداد رکوردها بر معیار پذیرش ۶۸
شکل ۵-۱۵ اثر خروج از مرکزیت بر معیار پذیرش هر لبه ۶۹
شکل ۵-۱۶ جابجایی نسبی طبقات در دیوارهای مدل A_0 تحت رکوردهای هفت گانه ۷۰
شکل ۵-۱۷ جابجایی نسبی طبقات در دیوارهای مدل A_{10} تحت رکوردهای هفت گانه ۷۱
شکل ۵-۱۸ جابجایی نسبی طبقات در دیوارهای مدل A_{20} تحت رکوردهای هفت گانه ۷۲
شکل ۵-۱۹ اثر تعداد رکوردها بر جابجایی نسبی طبقات در مدل A_0 ۷۳
شکل ۵-۲۰ اثر تعداد رکوردها بر جابجایی نسبی طبقات در مدل A_{10} ۷۴
شکل ۵-۲۱ اثر تعداد رکوردها بر جابجایی نسبی طبقات در مدل A_{20} ۷۵
شکل ۵-۲۲ اثر خروج از مرکزیت بر جابجایی نسبی میانگین در دیوارهای مدل A_0 ۷۶
شکل ۵-۲۳ اثر خروج از مرکزیت بر جابجایی نسبی حداکثر و میانگین در دیوارهای مدل A_{10} ۷۷
شکل ۵-۲۴ اثر خروج از مرکزیت بر جابجایی نسبی حداکثر و میانگین در دیوارهای مدل A_{20} ۷۸
شکل ۵-۲۵ اثر خروج از مرکزیت بر جابجایی نسبی طبقات در لبه سخت ۷۹
شکل ۵-۲۶ اثر خروج از مرکزیت بر جابجایی نسبی طبقات در لبه میانی ۸۰
شکل ۵-۲۷ اثر خروج از مرکزیت بر جابجایی نسبی طبقات در لبه نرم ۸۱
شکل ۵-۲۸ اثر تعداد رکوردها بر معیار پذیرش جابجایی نسبی طبقات در دیوارهای مدل A_0 ۸۲
شکل ۵-۲۹ اثر تعداد رکوردها بر معیار پذیرش جابجایی نسبی طبقات در دیوارهای مدل A_{10} ۸۳
شکل ۵-۳۰ اثر تعداد رکوردها بر معیار پذیرش جابجایی نسبی طبقات در دیوارهای مدل A_{20} ۸۴
شکل ۵-۳۱ اثر خروج از مرکزیت بر معیار پذیرش جابجایی نسبی طبقات در لبه سخت ۸۶
شکل ۵-۳۲ اثر خروج از مرکزیت بر معیار پذیرش جابجایی نسبی طبقات در لبه نرم ۸۷
شکل ۶-۱ دوران مفصل پلاستیک در دیوارهای هر مدل تحت نگاشت‌های هفت گانه ۹۰

شکل ۶-۲ اثر تعداد رکوردها بر دوران مفاصل پلاستیک..... ۹۲
شکل ۶-۳ درصد خطای هر یک از پاسخ‌های حداکثر نسبت به پاسخ میانگین..... ۹۳
شکل ۶-۴ اثر خروج از مرکزیت بر دوران مفصل پلاستیک دیوارهای هر مدل تحت نگاشت‌های هفت‌گانه ۹۴
شکل ۶-۵ اثر خروج از مرکزیت بر پاسخ‌های میانگین و پاسخ‌های حداکثر مفصل پلاستیک سه لبه..... ۹۶
شکل ۶-۶ اثر خروج از مرکزیت بر درصد خطای پاسخ‌های حداکثر مفصل پلاستیک سه لبه..... ۹۷
شکل ۶-۷ اثر خروج از مرکزیت بر دوران مفصل هر لبه تحت رکوردهای هفت گانه..... ۹۸
شکل ۶-۸ اثر خروج از مرکزیت بر پاسخ میانگین و پاسخ‌های حداکثر دوران مفصل پلاستیک هر لبه..... ۹۹
شکل ۶-۹ اثر خروج از مرکزیت بر درصد خطای پاسخ‌های حداکثر هر لبه ۱۰۰
شکل ۶-۱۰ اثر تعداد رکوردها بر معیار پذیرش ۱۰۲
شکل ۶-۱۱ اثر خروج از مرکزیت بر معیار پذیرش هر لبه ۱۰۳
شکل ۶-۱۲ جابجایی نسبی طبقات در دیوارهای مدل B_0 تحت رکوردهای هفت گانه ۱۰۴
شکل ۶-۱۳ جابجایی نسبی طبقات در دیوارهای مدل B_{10} تحت رکوردهای هفت گانه ۱۰۵
شکل ۶-۱۴ جابجایی نسبی طبقات در دیوارهای مدل B_{20} تحت رکوردهای هفت گانه ۱۰۶
شکل ۶-۱۵ اثر تعداد رکوردها بر جابجایی نسبی طبقات در مدل B_0..... ۱۰۷
شکل ۶-۱۶ اثر تعداد رکوردها بر جابجایی نسبی طبقات در مدل B_{10}..... ۱۰۸
شکل ۶-۱۷ اثر تعدادها رکورد بر جابجایی نسبی طبقات در مدل B_{20}..... ۱۰۹
شکل ۶-۱۸ اثر خروج از مرکزیت بر جابجایی نسبی پاسخ میانگین در دیوارهای مدل B_0..... ۱۱۰
شکل ۶-۱۹ اثر خروج از مرکزیت بر جابجایی نسبی حداکثر و میانگین در دیوارهای مدل B_{10}..... ۱۱۱
شکل ۶-۲۰ اثر خروج از مرکزیت بر جابجایی نسبی حداکثر و میانگین در دیوارهای مدل B_{20}..... ۱۱۲
شکل ۶-۲۱ اثر خروج از مرکزیت بر جابجایی نسبی طبقات در لبه سخت..... ۱۱۳
شکل ۶-۲۲ اثر خروج از مرکزیت بر جابجایی نسبی طبقات در لبه میانی ۱۱۴
شکل ۶-۲۳ اثر خروج از مرکزیت بر جابجایی نسبی طبقات در لبه نرم..... ۱۱۵
شکل ۶-۲۴ اثر تعداد رکوردها بر معیار پذیرش جابجایی نسبی طبقات در دیوارهای مدل B_0..... ۱۱۶
شکل ۶-۲۵ اثر تعداد رکوردها بر معیار پذیرش، جابجایی نسبی طبقات در دیوارهای مدل B_{10}..... ۱۱۷
شکل ۶-۲۶ اثر تعداد رکوردها بر معیار پذیرش، جابجایی نسبی طبقات در دیوارهای مدل B_{20}..... ۱۱۸
شکل ۶-۲۷ اثر خروج از مرکزیت بر معیار پذیرش جابجایی نسبی طبقات در لبه سخت ۱۱۹
شکل ۶-۲۸ اثر خروج از مرکزیت بر معیار پذیرش، جابجایی نسبی طبقات در لبه نرم ۱۲۱
شکل ۷-۱ دوران مفصل پلاستیک در دیوارهای هر مدل تحت نگاشت‌های هفت گانه ۱۲۴
شکل ۷-۲ اثر تعداد رکوردها بر دوران مفاصل پلاستیک ۱۲۵
شکل ۷-۳ درصد خطای هر یک از پاسخ‌های حداکثر نسبت به پاسخ میانگین ۱۲۶

شکل ۷-۴ اثر تعداد رکوردها بر معیار پذیرش..... ۱۲۸
شکل ۷-۵ جابجایی نسبی طبقات در دیوارهای مدل A_0 تحت رکوردهای هفت گانه ۱۲۹
شکل ۷-۶ جابجایی نسبی طبقات در دیوارهای مدل A_{10} تحت رکوردهای هفت گانه ۱۳۰
شکل ۷-۷ جابجایی نسبی طبقات در دیوارهای مدل A_{20} تحت رکوردهای هفت گانه ۱۳۱
شکل ۷-۸ اثر تعداد رکوردها بر جابجایی نسبی طبقات در مدل A_0 ..... ۱۳۲
شکل۷-۹ اثر تعداد رکوردها بر جابجایی نسبی طبقات در مدل A_{10} ۱۳۱
شکل۷-۱۰ اثر تعداد رکورد بر جابجایی نسبی طبقات در مدل A_{20} ۱۳۲
شکل ۷-۱۱ اثر خروج از مرکزیت بر جابجایی نسبی طبقات در لبه سخت ۱۳۶
شکل ۷-۱۲ اثر خروج از مرکزیت بر جابجایی نسبی طبقات در لبه نرم ۱۳۷
شکل ۷-۱۳ اثر تعداد رکوردها بر معیار پذیرش جابجایی نسبی طبقات در دیوارهای مدلA_0 ..... ۱۳۸
شکل ۷-۱۴ اثر تعداد رکوردها بر معیار پذیرش جابجایی نسبی طبقات در دیوارهای مدلA_{10} ۱۳۹
شکل ۷-۱۵ اثر تعداد رکوردها بر معیار پذیرش جابجایی نسبی طبقات در دیوارهای مدلA_{20}..... ۱۴۰

فصل اول:

کلیات تحقیق

۱-۱- مقدمه

در مهندسی سازه با ورود و جایگزینی روش طراحی بر اساس سطح عملکرد[1] به جای روش قدیمی طراحی بر اساس نیرو، بسیاری از آیین‌نامه‌های طراحی در حال گذار از یک سری تغیرات بنیادین می‌باشند. لزوم این تغییرات پس از زلزله‌های شدیدی نظیر لوماپریتا[2] و نورتریج[3] در ایالات متحده احساس شد. در این زمین‌لرزه‌ها اگرچه تلفات جانی در ساختمان‌هایی که بر اساس این آیین‌نامه‌های جدید طراحی شده بودند ناچیز بود، اما خرابی‌های گسترده و زیان‌های هنگفت اقتصادی به بار آمد. این امر سبب شد تا نیاز شدید به دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌هایی که قابلیت کنترل خسارت در زمین‌لرزه‌های متوسط را دارا باشند احساس شود. بر اساس چنین رویکردی تغیراتی اساسی در فلسفه آیین‌نامه‌های لرزه‌ای کشورهای پیشرفته صورت گرفت که منجر به پدید آمدن دستورالعمل‌هایی مبتنی بر طراحی بر اساس سطح عملکرد شد [۱]. از جمله این دستورالعمل‌ها می‌توان به سیاک ۲۰۰۰[4] [۲]، فِما ۲۷۳[5] [۳] و اِی‌تی‌سی ۴۰[6] [۴] اشاره کرد.

از آنجا که اکثریت قریب به اتفاق سازه‌ها به هنگام زلزله وارد حوزه غیرارتجاعی می‌شوند و دیگر از مدل‌های رفتاری مبتنی بر روابط خطی نیرو- تغییرمکان پیروی نمی‌کنند، لذا معیار مقاومت نمی‌تواند برای کنترل مکانیزم‌های شکست که برپایه تغییر شکل‌ها استوار هستند به کار رود. مجموعه‌ای از این دست مشکلات سبب شده است که نیاز به روش‌های نوینی که بر پایه آنالیزهای غیرخطی استوار باشد و بر مبنای آنها بتوان ارزیابی دقیق‌تری از رفتار غیرخطی و مکانیزم‌های خرابی سازه‌ها داشت، بیش از پیش احساس شود. بر همین اساس است که آنالیزهای غیرخطی روز به روز رو به توسعه و تکامل است. در میان روش‌های غیرخطی تحلیل سازه‌ها، پیشرفته‌ترین و کامل‌ترین روش، تحلیل دینامیکی غیرخطی است چرا که مشاهدات حقیقی در مورد نیاز هر عضو بارگذاری شده به ویژه در حوزه غیرارتجاعی فراهم می‌کند [۳]. به همین علت است که در مورد نتایج آن اصلاحات کمتری نسبت به دیگر روش‌های تحلیلی اعمال می‌شود. اما از سوی دیگر وجود مشکلاتی در این روش موجب شده است که استفاده از تحلیل دینامیکی غیرخطی برای تحلیل و ارزیابی سازه‌ها محدود شود. از جمله این مشکلات می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- حجم بالای محاسبات و نیاز به کامپیوترهای پیشرفته
- حجم بالای داده‌های ورودی

1-Performance Base Design
2-Loma Prieta
3-Northridge
4-SEAOC Vision 2000
5-FEMA273
6-ATC-40

- انتخاب رکوردهای مناسب با توجه به حساس بودن نتایج به رکورد انتخاب شده
- دشوار بودن تشریح رفتار پسماند اعضا
- مشکل بودن تفسیر نتایج

امروزه با توجه به توسعه روش طراحی براساس سطح عملکرد، استفاده از تحلیل دینامیکی غیرخطی نیز رو به گسترش است و تحقیقات فراوانی نیز برای رفع محدودیت‌های آن در حال انجام است. یکی از مواردی که در بالا بدان اشاره شد حساسیت نتایج تحلیل تاریخچه زمانی نسبت به رکورد انتخاب شده می‌باشد. این حساسیت ناشی از عوامل گوناگونی می‌باشد که برخی از آنها عبارتند از [۵]:

- پیچیدگی ذاتی مسیر انتشار امواج زلزله از صفحه شکست تا سطح شالوده سازه
- بزرگی و شدت زلزله
- تفاوت ویژگی‌های خاک محل احداث سازه با ویژگی‌های خاک محل ثبت رکورد

وجود چنین چالش‌هایی در کنار روابط نسبتاً ساده آیین‌نامه‌ای همچنان این مسئولیت را برعهده مهندس طراح می‌گذارد که با انتخاب نگاشت مناسب از خطای پاسخ محاسبه شده بکاهد [۶]. مجموعه چنین کاستی‌ها و عدم قطعیت‌هایی که در پیش‌بینی نیروهای زلزله وجود دارد، سبب شده است که آیین‌نامه‌های لرزه‌ای مهندسین طراح را ملزم به استفاده از حداقل سه رکورد برای انجام آنالیز دینامیکی کند.

۱-۲- مروری بر مطالعات گذشته

میزان پیشرفت در فهم پاسخ لرزه‌ای ساختمان‌های نامتقارن نسبتاً کند بوده است. این موضوع را می‌توان با ملاحظه مطالعاتی که طی چند دهه گذشته در رابطه با رفتار لرزه‌ای ساختمان‌های نامتقارن صورت گرفته است متوجه شد. علت این امر می‌تواند متعدد بودن پارامترهای موثر بر پاسخ چنین سازه‌هایی به ویژه در حالت غیرخطی باشد. بطور معمول دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله ضوابط ویژه‌ای برای طراحی سازه‌های نامتقارن دارند، این دستورات در آیین‌نامه‌های طراحی براساس عملکرد نیز با وجود تفاوت زیادی که این آیین‌نامه‌ها با آیین‌نامه‌های عادی طراحی لرزه‌ای ساختمان‌ها دارند تکرار شده‌اند. این درحالی است که این دستورات در طراحی‌های معمول و برای سطح خطر و عملکرد از پیش تعریف شده آیین‌نامه‌های معمول نیز دارای کاستی‌هایی می‌باشند. با توجه به انتظار رفتار شکل‌پذیر ساختمان‌ها در مقابل زلزله‌های متوسط و شدید که در آن با افزایش نیروهای داخلی، اعضای مقاوم جاری شده و مقدار آن عملاً در اعضا ثابت

باقی می‌ماند و از این رو خرابی عضو از آن پس با ظرفیت تغییرشکل پلاستیک آن (متناسب با ظرفیت شکل‌پذیری عضو) کنترل می‌گرد، لذا طراحی سازه برای سطوح عملکرد متفاوت بطور طبیعی با طراحی بر اساس تغییرمکان تطابق بیشتری نسبت به روشهای معمول طراحی بر اساس نیرو دارد[۷].

رفتار پیچشی سازه‌ها معمولاً به عوامل متعدد و پارامترهای متنوع تابع مشخصات سازه بستگی دارد. زمانی که مسأله در محدوده غیرخطی مورد بررسی قرار می‌گیرد تعداد پارامترهای حاکم بر مسأله نیز افزایش می‌یابد. این مسأله با توجه به محدودیت‌های محاسباتی در گذشته سبب شده تا اکثر مطالعات پیچشی انجام شده بر روی مدل‌های ساده انجام گیرند. این مدل‌ها معمولاً یک طبقه و با المان‌های مقاوم برشی در یک جهت می‌باشند و مطالعات کمتری بر روی مدلهای چند طبقه یا مدل‌های با سیستم مقاوم در هر دو جهت و تحت اثر نگاشت‌های دو مؤلفه‌ای انجام گرفته است.

هازنر و آتینن [۸] در سال ۱۹۵۸ نشان دادند که نتایج حاصل از آنالیز استاتیکی که در آن خروج از مرکزیت نیروی برش طراحی برابر با فاصله مرکز سختی از مرکز جرم (خروج از مرکزیت استاتیکی) در نظر گرفته می‌شود عملاً در حاشیه اطمینان نبوده و تأثیر ممان اینرسی جرمی طبقه و رفتار دینامیکی پیچشی سبب بوجود آمدن لنگرهای پیچشی بزرگتری نسبت به لنگر پیچشی استاتیکی می‌گردد. در سالهای ۱۹۶۰ و پس از آن محققین با تعریف مفهوم خروج از مرکزیت دینامیکی سعی کردند تا با استفاده از نتایج آنالیزهای دینامیکی و کالیبره کردن نتایج آن با نتایج آنالیز استاتیکی، خروج از مرکزیت طراحی را با تشدید خروج از مرکزیت استاتیکی تعریف نمایند [۹]. این امر منجر به معرفی روابط متداول خروج از مرکزیت طراحی گشت.

اکثر ساختمان‌ها به شکلی طراحی می‌شوند که در زلزله وارد محدوده غیرخطی شده و المان‌های آنها جاری شوند. رفتار غیرخطی سازه‌های نامتقارن از سال‌های ۱۹۷۰ مورد توجه قرارگرفته است. در اغلب مطالعات انجام شده بر روی رفتار غیرخطی، پارامتر شکل‌پذیری به عنوان معیار خسارت و رفتار غیرخطی سازه در نظر گرفته شده است. اشکال بزرگ این پارامتر این است که قادر به لحاظ نمودن اثرات کاهندگی مقاومت و کاهش سطح حلقه‌های هیسترزیس نمی‌باشد. در این مطالعات معمولاً رفتار المان‌ها بصورت دو خطی با سخت شدگی پس از جاری شدن و یا الاستوپلاستیک در نظرگرفته شده است. البته برخی مطالعات دقیق‌تر با استفاده از مدل‌های هیسترزیس با در نظر گرفتن اثرات کاهش سختی، کاهندگی مقاومت و کاهش سطح حلقه‌های هیسترزیس نشان داده است که شکل‌پذیری محاسبه شده بوسیله این مدل‌ها تفاوت چندانی با مدل‌های دو خطی ندارند [۹]. مطالعه رفتار غیرخطی سازه‌های نامتقارن نشان داده که بر خلاف نتایج مطالعات در محدوده خطی، پارامتر

نسبت زمان تناوب مود انتقالی به مود دورانی تأثیر کمتری در تغییر میزان شکل‌پذیری نیاز المان‌های مقاوم جانبی دارند. در مقابل نشان داده شده که میزان خروج از مرکزیت مرکز سختی نسبت به مرکز جرم تأثیر قابل‌توجهی در نیاز شکل‌پذیری داشته و نیز نحوه توزیع مقاومت تأثیر قابل توجه در کنترل شکل‌پذیری نیاز حداکثر در اعضای باربر جانبی دارد. بنابراین نتیجه گرفته شد که خروج از مرکزیت‌های مراکز سختی و مقاومت از پارامترهایی هستند که می‌بایست در حین طراحی سازه‌های نامتقارن مورد توجه قرار گیرند [۹].

پائولی در سال‌های ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷ [۱۰–۱۱] به بررسی رفتار پیچشی ساختمان‌های یک طبقه در حد نهائی با استفاده از بررسی مکانیسم‌های پلاستیک پرداخت. او با توجه به شرایط المان‌های مقاوم در جهت عمود بر تأثیر زلزله، سازه‌های نامتقارن را به دو دسته سازه‌های مهار شده و مهارنشده پیچشی تقسیم کرد. از نظر این محقق سازه‌هایی که در حد نهایی، المان‌های مقاوم جانبی آن‌ها در جهت عمود بر تأثیر زلزله، سختی پیچشی برای سازه تأمین نمایند مهار شده پیچشی می‌باشند. این محقق ضوابط پیچشی آیین‌نامه‌های لرزه‌ای که بر مبنای روش‌های استاتیکی می‌باشند را نامناسب دانسته و روش‌های دیگری برای توزیع مقاومت در بین عناصر باربر جانبی پیشنهاد نموده است.

اکثر مطالعات سازه‌های نامتقارن برروی مدل‌هایی با المان‌های فقط در جهت تأثیر زلزله و تحت اثر نگاشت‌های یک مؤلفه‌ای انجام شده‌اند و مدل‌هایی با المان‌های در دو جهت و تحت تأثیر نگاشت زلزله در هر دو جهت اصلی ساختمان کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. این درحالی است که در واقع سازه از هر دو جهت تحت تأثیر زلزله قرار گرفته و عملاً ساختمان با کمک المان‌های جانبی خود نیز در مقابل بارهای پیچشی مقاومت می‌کند. در سال ۱۹۹۰ گوئل و چوپرا [۱۲] به بررسی رفتار مدل‌های نامتقارن با المان‌های مقاوم در هر دو جهت اصلی پرداختند. آنها نتیجه گرفتند که المان‌های عمود بر جهت زمین‌لرزه تأثیر بسزائی در کاهش حداکثر شکل‌پذیری نیاز و تغییرمکان حداکثر دارند، علاوه بر آن تأثیر این المان‌ها در مدل‌های با زمان تناوب کوتاه بیشتر از مدل‌های با زمان تناوب متوسط و بزرگ است. در سال ۱۹۹۳ سو و ییننگ [۱۳] به بررسی آیین‌نامه‌های نیوزیلند و کانادا با استفاده از مدل‌هایی با المان‌های مقاوم در هر دو جهت و تحت تأثیر رکوردهای دو مؤلفه‌ای پرداختند. آنها نتیجه گرفتند، در صورتی که حداقل سختی پیچشی آیین‌نامه نیوزیلند رعایت نگردد میزان تقاضای شکل‌پذیری در سمت نرم بیش از مقدار آن در سازه متقارن مبنا خواهد بود. کرنزا و همکاران [۱۴] با مطالعه مدل‌های یک طبقه نتیجه گرفتند که مدل‌های یک جهته برای اکثر ساختمان‌ها بجز ساختمان‌های با زمان تناوب کوتاه مناسب می‌باشند. ریدل و سانتا ماریا در سال ۱۹۹۹ [۱۵] به مقایسه تأثیر رکوردهای یک جهته و دو جهته زلزله بر مدل‌های یک طبقه با نامتقارنی یک جهته پرداختند. آنها نتیجه گرفتند که در سازه‌های

با زمان تناوب کوتاه، رکوردهای دو مؤلفه‌ای، سبب افزایش شکل‌پذیری نیاز و تغییرمکان سمت نرم می‌شود. در سال ۲۰۰۵ فایفر و همکاران [۱۶-۱۷] در مقالاتی به بررسی اثر پدیده پیچش در مدل‌های با المان‌های مقاوم در هر دو جهت اصلی تحت اثر نگاشت‌های دو مؤلفه‌ای پرداختند. آنها ابتدا با بررسی و مقایسه مدل‌های نامتقارن سختی با مدل‌های نامتقارن جرمی نتیجه‌گیری کردند که رفتار پیچشی اینگونه سازه‌ها مشابه می‌باشند. این در حالی بود که در مدل‌های مورد مقایسه آنها مرکز سختی و مرکز مقاومت بر هم منطبق بودند. آنها همچنین نتیجه گرفتند که در سازه‌های پیچشی سخت، میزان حداکثر تغییرشکل سازه تقریباً مشابه حالت خطی می‌باشد.

۱-۳- ضرورت و اهداف تحقیق

با گسترش روز افزون استفاده از آنالیز دینامیکی برای تعیین سطح عملکرد سازه‌ها، همواره این نگرانی برای مهندسین وجود دارد که تحت چه تعداد رکورد زلزله، به برآورد دقیقی از عملکرد سازه می‌رسند. از طرف دیگر عملکرد ساختمان‌ها در زلزله‌های گذشته نشان داده است که ساختمان‌های نامتقارن نسبت به ساختمان‌های متقارن آسیب‌پذیرتر بوده و درحین زلزله دچار خرابی‌های شدیدتری می‌گردند. از این رو در این تحقیق با رویکردی به هر دو موضوع فوق، به بررسی اثر تعداد رکوردها در تعیین سطح عملکرد ساختمان های بتنی نامتقارن پرداخته شده است.

۱-۴- روش انجام تحقیق

به منظور بررسی سطح عملکرد ساختمان‌های بتنی متقارن، دو ساختمان پنج و ده طبقه بتنی با دیوار برشی متوسط به عنوان ساختمان‌های مبنا در نظر گرفته شده است. هر یک از این دو ساختمان مبنا طبق استاندارد ۲۸۰۰ ایران [۱۸] بارگذاری جانبی و بر اساس ضوابط آیین نامه ای سی آی[1] [۱۹] طراحی شده‌اند. از آنجایی که تاثیر خروج از مرکزیت صرفاً در ارزیابی رفتار ساختمان‌های بتنی نامتقارن تحت تعداد رکوردهای مخلف، بدون در نظر گرفتن اثر ضوابط طراحی مد نظر بوده است و به منظور امکان مقایسه مدل‌ها، مدل‌های نامتقارن صرفاً با تغییر محل مرکز جرم در ساختمان‌های مبنا به دست آمده و طراحی نشده اند.

برای انجام آنالیزهای دینامیکی غیرخطی، هفت رکورد مربوط به حوزه دور که در خاک‌هایی از نوع دو (بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ایران) ثبت شده‌اند از پایگاه اطلاعاتی پییر[2] [۲۰] انتخاب شده و

1- ACI 318-05
2- PEER Strong Ground Motion DATABASE