بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه لرستان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه عمران

تأثیر نامنظمی در پلان بر پاسخ لرزه ای و ضریب رفتار سازه های قاب خمشی فولادی

نگارش :

ابوالقاسم محمدی

استاد راهنما :

دکتـر مجتبی حسینی

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران - سازه

بهمن ۱۳۹۲

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم به خاطر زحمات بی دریغشان

چیدم گلی زباغ ادب تا بروز عید

دربارگاه میر ادب پرور آورم

حیف است باخسان گل دانش کنی نثار

من گل نثار مردم دانشور آورم

شهریار

تقدیر و تشکر :

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند. و سلام و درود بر محمّد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان وامدار وجودشان است.

با تقدیر و تشکر شایسته از استاد ارجمند جناب دکتر مجتبی حسینی که همواره راهنما و راه گشای نگارنده در اتمام و اکمال پایان نامه بوده است.

همچنین از پدر و مادر عزیز، دلسوز و مهربانم که آرامش روحی و آسایش فکری فراهم نمودند تا با حمایت های همه جانبه در محیطی مطلوب، مراتب تحصیلی و نیز پایان نامه درسی را به اتمام برسانم؛ سپاسگزاری می نمایم.

شکر خدا که هر چه طلب کردم از خدا

بر منتهای همت خود کامران شدم

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول - پیشگفتار

۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- هدف ۴
۱-۳- ساختار پایان نامه ۴

فصل دوم - ادبیات فنی

۲-۱- مقدمه ۶
۲- ۲- مفهوم طراحی لرزه ای بر اساس عملکرد ۷
۲- ۲- ۱- سطوح عملکردی ساختمان و سطح خطر و اهداف عملکردی ۸
۲- ۳- تحلیل استاتیکی فزاینده(Pushover Analysis)..... ۸
۲- ۳- ۱- مقدمه ۸
۲- ۳- ۲- تحلیل غیرخطی مصالح فولادی ۹
۲- ۳- ۲- ۱- روش ناحیه پلاستیک ۱۰
۲- ۳- ۲- ۲- روش شبه مفصل پلاستیک ۱۲
۲- ۳- ۲- ۳- روش مفصل الاستو پلاستیک ۱۲
۲- ۳- ۲- ۴- روش مفصل پلاستیک با بار تخمینی ۱۴
۲- ۳- ۲- ۵- روش مفصل پلاستیک اصلاح شده ۱۴
۲- ۳- ۳- انواع مفاصل الاستوپلاستیک ۱۴
۲- ۳- ۳-۱- مفصل پلاستیک محوری (P)(Axial Plastic Hinge) ۱۵
۲- ۳- ۳-۲-مفصل پلاستیک خمشی یا خمشی- محوری(P-M-M) ۱۶
۲- ۳-۳-۳- مفصل پلاستیک برشی(V):(Shear Plastic Hinge) ۱۸
۲- ۳- ۴- منحنی رفتار و معیار خرابی اعضا ۱۹
۲- ۳- ۴-۱- نحوه بدست آوردن منحنیهای رفتاری ۲۱
۲- ۳- ۵- اصول کلی تحلیل استاتیکی فزاینده غیرخطی ۲۱
۲- ۳- ۶- روند انجام آنالیز استاتیکی فزاینده غیرخطی ۲۲
۲- ۳-۷- توزیع نیروهای پیشنهادی موجود در آئین نامه FEMA ۲۳

عنوان **صفحه**

۲-۳- ۷-۱- توزیع نوع اول ۲۳
۲- ۳- ۷-۲- توزیع نوع دوم ۲۴
۲- ۴- آنالیز استاتیکی غیرخطی فزاینده مودی(MPA) ۲۵
۲- ۴- ۱- مقدمه ۲۵
۲- ۴- ۲- تئوری و مبانی اولیه ۲۶
۲- ۴- ۳- معادلات حرکت در حالت سه بعدی ۲۶
۲- ۴- ۴- روشهای آنالیز تقریبی ۲۸
۲- ۴- ۴-۱- نیروهای موثر مودی ۲۸
۲- ۴- ۵- مفاهیم اولیه ۲۹
۲-۴- ۵- ۱- سیستمهای خطی (الاستیک) در روش (MPA) ۲۹
۲-۴- ۵- ۲- سیستمهای غیرخطی (الاستوپلاستیک) در روش (MPA) ۳۰
۲- ۵- پیچش ۳۲
۲- ۵- ۱- مقدمه ۳۲
۲- ۵- ۲- تاریخچه مطالعات انجام شده ۳۳
۲- ۵-۳- رفتار ارتجاعی و غیرارتجاعی سیستمهای نامتقارن ۳۳
۲- ۶- آشنای با مبانی و روش های تعیین ضریب رفتار ۳۵
۲- ۶- ۱- مقدمه ۳۵
۲- ۶- ۲- پارامترهای موثر در R ۳۷
۲- ۶- ۲-۱- ضریب اضافه مقاومت یا مقاومت افزون R_s ۳۷
۲- ۶- ۲-۱-۱- عوامل موثر بر اضافه مقاومت ۳۸
۲- ۶- ۲-۲- شکل پذیری ۳۹
۲- ۶- ۲-۲-۱- ضریب شکل پذیری کلی سازه ۳۹
۲- ۶- ۲-۲-۲- ضریب کاهش بر اثر شکل‌پذیری ۳۹
۲- ۶- ۲-۲-۳- روش های تعیین ضریب شکلپذیری $R\mu$ ۴۱
۲- ۶- ۲-۲-۳-۱- روش میراندا ۴۱
۲- ۶- ۲-۲-۳-۲- روش نیومارک و هال ۴۲
۲- ۶- ۲-۲-۳-۳- روش کراوینکلر و ناسار ۴۳
۲- ۶- ۲-۲-۳-۴- روش ویدیک ۴۴
۲- ۶- ۲-۳- ضریب قید اضافی R_R ۴۵
۲- ۶- ۳- روش های محاسبه ضریب رفتار ۴۶

عنوان **صفحه**

۲- ۶- ۳-۱- روش ضریب شکل پذیری یانگ ۴۷

فصل سوم : مدل سازی ، نرم افزارهای استفاده شده و مطالب تحلیلی

۳- ۱- مقدمه ۵۳

۳- ۲ معرفی هندسه مدل های انتخابی ۵۳

۳- ۳- سیستم سازه ای انتخابی ۵۴

۳- ۴- مشخصات مربوط به طراحی اولیه ۵۵

۳- ۵- مراحل انجام تحلیل ۵۸

۳- ۵- ۱- مراحل انجام تحلیل و طراحی اولیه ۵۸

۳- ۶- مراحل مدلسازی در نرم افزار Perform-3D ۵۹

۳- ۷- حالت های بارگذاری ۶۱

۳- ۷- ۱- حالت های بارگذاری ثقلی ۶۱

۳- ۷- ۲- حالت های بارگذاری استاتیکی پوش آور ۶۲

۳- ۸- ترسیم تصاویر پوش آور ۶۴

۳- ۹- تغییر مکان هدف ۶۶

۳- ۱۰- نحوه به دست آوردن ضریب رفتار پس از تحلیل استاتیکی غیر خطی ۶۹

فصل چهارم: ارائه و بررسی نتایج

۴- ۱- مقدمه ۷۱

۴- ۲- تغییرمکان نسبی طبقات ۷۱

۴- ۳- منحنی های پوش آور ۸۱

۴- ۴- تغییرمکان هدف ۹۶

۴- ۵- ضریب رفتار ۹۸

فصل پنجم: نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات

۵-۱- مقدمه ۱۰۹

۵-۲- نتیجه گیری ۱۰۹

۵-۳- پیشنهادات ۱۱۱

فهرست منابع ۱۱۲

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل(۲-۱) خصوصیات نیرو- تغییر مکان در روشهای مختلف تحلیل پیشرفته ۱۰
شکل(۲-۲) مفهوم گسترش خصوصیات پلاستیک در روشهای مختلف تحلیل پیشرفته ۱۱
شکل(۲-۳) مقایسه سطح تسلیم پیشنهادی آئین نامه *LRFD* و آئین نامه *NEHREP* ۱۳
شکل(۲-۴) رابطه نیرو-جابجایی در مفاصل پلاستیک محوریNEHREP ۱۵
شکل(۲-۵): رابطه لنگر – دوران در مفصل پلاستیک خمشی ۱۶
شکل(۲-۶): دوران صلب مفصل پلاستیک ۱۷
شکل(۲-۷): رابطه نیرو – جابجایی در مفصل پلاستیک برشی ۱۹
شکل(۲-۸): رفتار مختلف اعضا ۱۹
شکل(۲-۹): نحوه بدست آوردن منحنی رفتاری از روی منحنی هیسترزیس ۲۱
شکل(۲-۱۰): منحنی پوش آور بدست آمده از تحلیل استاتیکی غیرخطی ۲۲
شکل(۲-۱۱): منحنی ظرفیت نهایی سازه ۲۴
شکل(۲-۱۲) ساختمان چند طبقه: (a)پلان ، (b) قابها در جهت محورهای x وy ۲۷
شکل(۲-۱۳) تبدیل منحنی پوش اور به منحنی ظرفیت سازه درهر مود:(a) منحنی ظرفیت سازه (b) طیف ظرفیت سازه ۳۱
شکل(۲-۱۴) تغییرات نیاز شکل‌پذیری تغییرمکانی با تغییر در مقاومت جانبی سیستم ۳۹
شکل(۲-۱۵) طیف ارتجاعی و غیرارتجاعی با شکل‌پذیری ثابت ۴۰
شکل(۲-۱۶) روابط $R_\mu - \mu - T$ میراندا و برترو برای زمین های سنگی ۴۱
شکل(۲-۱۷) روابط $R_\mu - \mu - T$ میراندا و برترو برای زمین های رسوبی ۴۲
شکل(۲-۱۸) روابط $R_\mu - \mu - T$ نیومارک و هال ۴۳
شکل(۲-۱۹) روابط $R_\mu - \mu - T$ کراوینکلر و نسار..... ۴۴
شکل(۲-۲۰) روابط $R_\mu - \mu - T$ ویدیک ۴۵
شکل(۲-۲۱) سیستم های قاب خمشی مقاوم در برابر بارهای لرزه‌ای ۴۵
شکل(۲-۲۲) منحنی پاسخ واقعی و ایده‌ال کلی سازه ۴۷
شکل(۳-۱): مدل های rec، F-100، F-200 و F-300 ..... ۵۴
شکل(۳-۲): مدل های S-100، S-200 و S-300 ..... ۵۴
شکل(۳-۳): مدل های t-100، t-200 و t-300 ..... ۵۴
شکل(۳-۴): مقایسه نمودار نیرو-تغییرشکل در FEMA356 و Perform-3D ۶۰
شکل(۳-۵): جزئیات نمودار نیرو-تغییرشکل در Perform-3D ۶۱

عنوان **صفحه**

شکل(۳-۶): نمودار اندرکنش P-M-M در ستون ها ۶۱
شکل(۳-۷): شکل (۳-۷) الگوهای مختلف بار جانبی ۶۳
شکل(۳-۸): گام های اصلی مشترک بین روش های پوش آور ۶۴
شکل(۳-۹): تفاوت بین روش های پوش آور ۶۵
شکل(۳-۱۰): منحنی ساده شده نیرو–تغییرمکان به روش انرژی ۶۶
شکل(۳-۱۱): شتاب طیفی لازم ۶۷
شکل(۳-۱۲): سختی ها ۶۷
شکل(۴-۱): تغییرمکان نسبی طبقات مدل r ec-۰۳ در جهت H۱ و H۲ تحت سه الگوی بارگذاری ۷۱
شکل(۴-۲): تغییرمکان نسبی طبقات مدل F-۳۰۰-۰۳ در جهت H۱ و H۲ تحت سه الگوی بارگذاری ۷۲
شکل(۴-۳): تغییرمکان نسبی طبقات مدل t -۳۰۰-۰۳ در جهت H۱ و H۲ تحت سه الگوی بارگذاری ۷۲
شکل(۴-۴): تغییرمکان نسبی طبقات ۱۰مدل در تراز ۳ طبقه درجهتH۱وH۲ تحت الگوی بارگذاری مودال ۷۳
شکل(۴-۵): تغییرمکان نسبی طبقات مدل r ec-۰۶ در جهت H۱ و H۲ تحت سه الگوی بارگذاری ۷۳
شکل(۴-۶): تغییرمکان نسبی طبقات مدل F-۳۰۰-۰۶ در جهت H۱ و H۲ تحت سه الگوی بارگذاری ۷۴
شکل(۴-۷): تغییرمکان نسبی طبقات مدل t -۳۰۰-۰۶ در جهت H۱ و H۲ تحت سه الگوی بارگذاری ۷۴
شکل(۴-۸): تغییرمکان نسبی طبقات ده مدل در تراز ۶ طبقه در جهت H۱وH۲ تحت الگوی بارگذاری مودال ۷۵
شکل(۴-۹): تغییرمکان نسبی طبقات مدل r ec-۱۰ در جهت H۱ و H۲ تحت سه الگوی بارگذاری ۷۶
شکل(۴-۱۰): تغییرمکان نسبی طبقات مدل F-۳۰۰-۱۰ در جهت H۱ و H۲ تحت سه الگوی بارگذاری ۷۶
شکل(۴-۱۱): تغییرمکان نسبی طبقات مدل t -۳۰۰-۱۰ در جهت H۱ و H۲ تحت سه الگوی بارگذاری ۷۷
شکل(۴-۱۲): تغییرمکان نسبی طبقات ۱۰مدل درتراز ۱۰طبقه درجهت H۱وH۲تحت الگوی بارگذاری مودال ۷۸
شکل(۴-۱۳): تغییرمکان نسبی طبقات مدل r ec-۱۵ در جهت H۱ و H۲ تحت سه الگوی بارگذاری ۷۹
شکل(۴-۱۴): تغییرمکان نسبی طبقات مدل F-۳۰۰-۱۵ در جهت H۱ و H۲ تحت سه الگوی بارگذاری ۷۹
شکل(۴-۱۵): تغییرمکان نسبی طبقات مدل t -۳۰۰-۱۵ در جهت H۱ و H۲ تحت سه الگوی بارگذاری ۸۰
شکل(۴-۱۶): تغییرمکان نسبی طبقات ده مدل درتراز ۱۵طبقه درجهت H۱وH۲ تحت الگوی بارگذاری مودال ۸۱
شکل(۴-۱۷): منحنی پوش آور مدل r ec-۰۳ برحسب شتاب و تغییرمکان طیفی در جهت H۱ و H۲ تحت سه الگوی بارگذاری ۸۲
شکل(۴-۱۸): منحنی پوش آور مدل F-۳۰۰-۰۳ برحسب شتاب و تغییرمکان طیفی در جهت H۱ و H۲ تحت سه الگوی بارگذاری ۸۳
شکل(۴-۱۹): منحنی پوش آور مدل t -۳۰۰-۰۳ برحسب شتاب و تغییرمکان طیفی در جهت H۱ و H۲ تحت سه الگوی بارگذاری ۸۳

عنوان **صفحه**

شکل(۴-۲۰): منحنی پوش آور ده مدل در تراز ۳ طبقه برحسب برش پایه و تغییرمکان نسبی مرجع در جهت H_1 و H_2تحت الگوی بارگذاری مودال ۸۴

شکل(۴-۲۱): منحنی پوش آور مدل r ec-۰۶ برحسب شتاب و تغییرمکان طیفی در جهت H_1 و H_2 تحت سه الگوی بارگذاری ۸۵

شکل(۴-۲۲): منحنی پوش آور مدل ۳۰۰-F-۰۶ برحسب شتاب و تغییرمکان طیفی در جهت H_1 و H_2 تحت سه الگوی بارگذاری ۸۶

شکل(۴-۲۳): منحنی پوش آور مدل ۳۰۰- t-۰۶ برحسب شتاب و تغییرمکان طیفی در جهت H_1 و H_2 تحت سه الگوی بارگذاری ۸۶

شکل(۴-۲۴): منحنی پوش آور ده مدل در تراز ۶ طبقه برحسب برش پایه و تغییرمکان نسبی مرجع در جهت H_1 و H_2تحت الگوی بارگذاری مودال ۸۷

شکل(۴-۲۵): منحنی پوش آور مدل r ec-۱۰ برحسب شتاب و تغییرمکان طیفی در جهت H_1 و H_2 تحت سه الگوی بارگذاری ۸۸

شکل(۴-۲۶): منحنی پوش آور مدل ۳۰۰-F-۱۰ برحسب شتاب و تغییرمکان طیفی در جهت H_1 و H_2 تحت سه الگوی بارگذاری ۸۹

شکل(۴-۲۷): منحنی پوش آور مدل ۳۰۰- t-۱۰ برحسب شتاب و تغییرمکان طیفی در جهت H_1 و H_2 تحت سه الگوی بارگذاری ۸۹

شکل(۴-۲۸): منحنی پوش آور ده مدل در تراز ۱۰ طبقه برحسب برش پایه و تغییرمکان نسبی مرجع در جهت H_1 و H_2تحت الگوی بارگذاری مودال ۹۰

شکل(۴-۲۹): منحنی پوش آور مدل r ec-۱۵ برحسب شتاب و تغییرمکان طیفی در جهت H_1 و H_2 تحت سه الگوی بارگذاری ۹۱

شکل(۴-۳۰): منحنی پوش آور مدل ۳۰۰-F-۱۵ برحسب شتاب و تغییرمکان طیفی در جهت H_1 و H_2 تحت سه الگوی بارگذاری ۹۲

شکل(۴-۳۱): منحنی پوش آور مدل ۳۰۰- t-۱۵ برحسب شتاب و تغییرمکان طیفی در جهت H_1 و H_2 تحت سه الگوی بارگذاری ۹۲

شکل(۴-۳۲): منحنی پوش آور ده مدل در تراز ۱۵ طبقه برحسب برش پایه و تغییرمکان نسبی مرجع در جهت H_1 و H_2تحت الگوی بارگذاری مودال ۹۳

شکل(۴-۳۳): منحنی پوش آور مدل r ec در چهار تراز برحسب برش پایه و تغییرمکان نسبی مرجع در جهت H_1 و H_2تحت الگوی بارگذاری مودال ۹۴

شکل(۴-۳۴): منحنی پوش آور مدل ۳۰۰-F در چهار تراز برحسب برش پایه و تغییرمکان نسبی مرجع در جهت H_1 و H_2تحت الگوی بارگذاری مودال ۹۵

عنوان **صفحه**

شکل(۴-۳۵): منحنی پوش آور مدل ۳۰۰-S در چهار تراز برحسب برش پایه و تغییرمکان نسبی مرجع در جهت H_1 و H_2تحت الگوی بارگذاری مودال ۹۵
شکل(۴-۳۶): منحنی پوش آور مدل ۳۰۰- t در چهار تراز برحسب برش پایه و تغییرمکان نسبی مرجع در جهت H_1 و H_2تحت الگوی بارگذاری مودال ۹۶
شکل(۴-۳۷): تغییرمکان هدف مدلها در چهار تراز در جهتH_1 ..... ۹۷
شکل(۴-۳۸): تغییرمکان هدف مدلها در چهار تراز در جهتH_2 ..... ۹۸
شکل(۴-۳۹): ضریب رفتار مدلها در تراز ۳ طبقه در جهت H_1 و H_2، به چهار روش و میانگین آنها ۱۰۰
شکل(۴-۴۰): ضریب رفتار مدلها در تراز ۶ طبقه در جهت H_1 و H_2، به چهار روش و میانگین آنها ۱۰۲
شکل(۴-۴۱): ضریب رفتار مدلها در تراز ۱۰ طبقه در جهت H_1 و H_2، به چهار روش و میانگین آنها ۱۰۴
شکل(۴-۴۲): ضریب رفتار مدلها در تراز ۱۵ طبقه در جهت H_1 و H_2، به چهار روش و میانگین آنها ۱۰۶
شکل(۴-۴۳): ضریب رفتار مدلها در چهار تراز در جهت H_1 و H_2 ..... ۱۰۷

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول(۲-۱): رفتار اجزای مختلف سازه فولادی ۲۰

جدول(۲-۲): مقادیر مختلف ضریب قیداضافی برای استفاده در طراحی طبق توصیه ATC-۱۹ ..... ۴۶

جدول(۳-۱): مشخصات مقاطع المان ستون ۵۶

جدول(۳-۲): مشخصات مقاطع المان تیر ۵۷

جدول(۳-۳): مشخصات مصالح فولادی و بتنی ۵۸

جدول(۴-۱): تغییر مکان هدف حاصل از منحنی پوش آور تحت بارگذاری مودال در جهت H_1 ..... ۹۷

جدول(۴-۲): تغییر مکان هدف حاصل از منحنی پوش آور تحت بارگذاری مودال در جهت H_2 ..... ۹۷

جدول(۴-۳): ضرایب رفتارمدل۳طبقه حاصل ازمنحنی پوش آورتحت بارگذاری مودال درجهتH_1 به۴روش ۹۹

جدول(۴-۴): ضرایب رفتارمدل۳طبقه حاصل ازمنحنی پوش آورتحت بارگذاری مودال درجهتH_2 به۴روش ۹۹

جدول(۴-۵): ضرایب رفتارمدل۶طبقه حاصل ازمنحنی پوش آورتحت بارگذاری مودال درجهتH_1 به۴روش ۱۰۱

جدول(۴-۶): ضرایب رفتارمدل۶طبقه حاصل ازمنحنی پوش آورتحت بارگذاری مودال درجهتH_2 به۴روش..... ۱۰۱

جدول(۴-۷): ضرایب رفتارمدل۱۰طبقه حاصل ازمنحنی پوش آورتحت بارگذاری مودال درجهتH_1 به۴روش..... ۱۰۳

جدول(۴-۸): ضرایب رفتارمدل۱۰طبقه حاصل ازمنحنی پوش آورتحت بارگذاری مودال درجهتH_2 به۴روش..... ۱۰۳

جدول(۴-۹): ضرایب رفتارمدل۱۵طبقه حاصل ازمنحنی پوش آورتحت بارگذاری مودال درجهتH_1 به۴روش ۱۰۵

جدول(۴-۱۰): ضرایب رفتارمدل۱۵طبقه حاصل ازمنحنی پوش آورتحت بارگذاری مودال درجهتH_2 به۴روش ۱۰۵

چکیده:

ساختمان های نامنظم، قسمت اعظمی از ساختمان های موجود در مناطق شهری را تشکیل می دهند. انواع نامنظمی ها باعث ایجاد اثرات نامطلوب و اختلال در عملکرد سازه در هنگام وقوع زلزله می شوند. با توجه به اینکه احداث ساختمانهای نامنظم اجتناب ناپذیر است، نیاز به انطباق روشهای جدید ارزیابی و طراحی بر اساس عملکرد برای این نوع سازه ها ضروری می باشد. بنابراین در این تحقیق، تحلیل استاتیکی غیرخطی فزاینده مودال در تخمین پاسخ سازه های نامنظم در پلان، برای شناخت بیشتر و کاربردی شدن آن، مورد بررسی قرار خواهد گرفت. تحلیل استاتیکی غیرخطی فزاینده مودال روشی بسیار ساده با اعمال نیروی استاتیکی براساس شکل مودها به سازه می باشد. باتوجه به موفقیت این روش در تعیین پاسخ های سازه، به خصوص سازه های مرتفع، نسبت به روشهای تحلیل استاتیکی و سهولت آن نسبت به تحلیل دینامیکی غیرخطی، تحقیقات گسترده ای جهت توسعه آن برای سازه های متفاوت، صورت گرفته است. در این روش، نیاز لرزه ای در هر مود بطور جداگانه با استفاده از آنالیز استاتیکی غیرخطی (Pushover Analysis) و با توزیع نیروی اینرسی مطابق با همان مود تعیین می گردد. در این تحقیق ۴۰ مدل شامل ۱۰ مدل در چهار تراز ارتفاعی ۳، ۶، ۱۰ و ۱۵ طبقه با شکل هندسی و میزان پیش آمدگی های متفاوت در پلان تحت آنالیز قرار گرفتند، و تغییرمکان نسبی ماکزیمم در مرکز جرم طبقات، منحنی های پوش آور، تغییرمکان هدف و ضریب رفتار آنها تعیین گردید. همچنین بین نتایج حاصل از الگوهای مختلف تحلیل استاتیکی غیرخطی فزاینده نیز مقایسه ای صورت گرفته است. نتایج حاصله، نشان می دهد که با افزایش ارتفاع و افزایش پیش آمدگی پلان در جهت اعمال بار، مقادیر ضریب رفتار کاهش می یابد. نتایج بدست آمده از حالت های بارگذاری مودال و یکنواخت نیز به هم نزدیک بوده و همگرایی خوبی دارند.

کلمات کلیدی: تحلیل استاتیکی غیرخطی فزاینده مودال، سازه نامنظم در پلان، منحنی پوش آور، تغییرمکان هدف، ضریب رفتار سازه.

فصل اول: پیشگفتار

۱-۱- مقدمه:

در سالهای اخیر، نگرش کلی درطراحی سازه ها، به ویژه طراحی در مقابل بارهای ناشی از زلزله دچار تغییراتی شده است، که در واقع منشاء اصلی این تغییرات، ناکارآمدی روشهای قدیمی رایج بیشتر در دو مقوله اقتصادی بودن طرح و رفتار مناسب سازه در مقابل زلزله های متفاوت بوده است و در واقع جهت حرکت دانش مهندسی سازه در سمتی می باشد که با هزینه کمتر، سطح ایمنی مناسبتر(ونه لزوماً بیش از نیاز) برای سیستمهای سازه ای تامین گردد. دراین میان نیاز به محاسبات مکرر و وقت گیر جهت ارزیابی روشهای جدید باتوسعه رایانه های پرسرعت سریع الحصول تر گردیده و باشتاب زیادی درحال پیشرفت می باشد. یکی از مهمترین پیشرفت ها دراین زمینه، تاکید بر طراحی درحالتهای حدی است که عموماً از آن تحت عنوان طراحی براساس عملکرد یاد می گردد.

در طراحی بر اساس عملکرد ، روشهای تحلیل استاتیکی نقش ویژه ای دارند و تقریباً درتمامی آنها روش تحلیل استاتیکی غیرخطی (Pushover) بعنوان روش اصلی تحلیل مورد استفاده قرار می گیرد . با ترکیب تحلیل استاتیکی غیرخطی و مفاهیم نیاز لرزه ای بصورت طیف و یا رکورد تاریخچه زمانی که توسط محققین مختلف صورت گرفته است ، روشهای مختلف مانند روش تحلیل طیف ظرفیت(Capacity Spectrum Method) و یا روش تحلیل استاتیکی غیرخطی مودی (Modal Pushover Analysis) ارائه گردیده است. همچنین روشهای طراحی مستقیم براساس تغییرمکان نیز از جمله روشهایی هستند که معمولاً در آنها از اصول سازه یک درجه آزاد که رفتار آن توسط منحنی Pushover تعیین می شود ، استفاده می گردد.

با توجه به استقبال روز افزون جامعه مهندسین به استفاده از روشهای اشاره شده ، نیاز به تحقیقاتی که در آن اصول این روش ها مطرح گردیده و کارآمدی آن مورد ارزیابی قرار گرفته باشد ، احساس می گردد. در این راستا دو روش عمده با عنوان تحلیل طیف ظرفیت و تحلیل استاتیکی فزاینده غیرخطی مودی که به اختصار[۱] CSM و [۲]MPA نامیده می شوند درحال بررسی می باشد که در هر دو این روشها آنچه که مورد ارزیابی دینامیکی قرار می گیرد، سازه یک درجه آزاد معادلی می باشد که رفتار آن توسط تحلیل استاتیکی غیرخطی برروی سازه اصلی به دست آمده است.

نکته دیگر اینکه همواره نظم زیباست و تا حد ممکن در هر زمینه ای باید به سمت مجموعه های منظم پیش رفت. این مقوله در سیستم ساختمانها نیز قابل تامل است به این صورت که همواره ساختمانهای منظم زیباتر می باشد و معمولاً سرلوحه کار طراحان و معماران می باشد که چه در پلان و چه در ارتفاع لحاظ گردد و حاصل آن اینستکه ساختمانها علاوه بر زیبایی عملکرد خوبی هم از خود نشان می دهند، ولی به ناچار گاهی ناگزیریم ساختمانهای نامنظم در پلان ویاارتفاع طراحی و اجرا

---

[۱]- Capacity Spectrum Method

[۲]- Modal Pushover Analysis

کنیم، به همین دلیل لازم است رفتار این نوع ساختمانها بطور کامل مورد بررسی قرار گیرد. بنابراین با توجه به مطالب فوق دراین پایان نامه عدم تقارن هندسی سازه در پلان مورد بررسی قرار گرفته و فرض شده که سازه در ارتفاع هیچگونه نامنظمی ندارد . این عدم تقارن در پلان سازه می تواند ناشی از عوامل متفاوت از جمله جرم یا سختی باشد که مورد اول بخاطر عدم توزیع نامتقارن جرم نسبت به سختی[1](M.E.S) و مورد دوم بعلت عدم توزیع نامتعادل سختی(مقاومت) نسبت به توزیع جرم[2] (S.E.S) می باشد. هر دو عامل سبب خروج از مرکزیت بین مرکز سختی و مرکز جرم گردیده و سبب بوجود آمدن تغییر شکل پیچشی در سازه می گردند.

سازه های نامتقارن تحت بارهای وارده به مراتب نسبت به سازه های متقارن آسیب پذیرترند ، بدلیل اینکه این نوع سازه بخاطر عدم انطباق بین مرکز جرم و مرکز سختی در اثر اعمال بار وارده علاوه بر تغییر شکلهای جانبی دچار تغییرشکلهای پیچشی نیز می شوند در نتیجه این مسئله در طراحی باید لحاظ گردد. در زلزله 1985 مکزیک 42% ساختمانها بعلت آثار پیچش ناشی از عدم تقارن سازه دچار آسیب کلی شده و یا خراب شدند. بهم خوردن توزیع متعادل جرم نسبت به سختی درطبقات سازه علاوه بر ایجاد خروج از مرکزیت بین مرکز سختی و مرکز جرم ، سبب تغییر میزان ممان اینرسی جرمی طبقه حول مرکز جرم آن می گردد. این عوامل ، پاسخهای استاتیکی و همچنین دینامیکی سازه را تحت تاثیر قرار می دهد. این تغییرات علاوه بر عوامل فوق الذکر به جرم سازه، سختی انتقالی و پیچشی سازه ، نوع سیستم سازه ای و نحوه بارگذاری و شتاب نگاشتهای اعمالی و محتوی فرکانسی آنها نیز وابسته است در این تحقیق عدم تقارن هندسی پلان که منجر به عدم تقارن جرمی طبقات می شود، و میزان حساسیت رفتار سازه با تغییر مقادیرآن، با استفاده از روش آنالیز استاتیکی غیرخطی فزاینده مودی مورد بررسی قرار گرفته است.

همچنین به علت رفتار غیر خطی مصالح در هنگام زلزله انرژی قابل ملاحظه ای در این مواد تلف می شود. قابلیت جذب انرژی مواد از مهمترین پارامترهای رفتار آن ها در مقابل زلزله می باشد. به قابلیت جذب انرژی مواد و تحمل تغییر شکل های غیر خطی بدون فروریزش، شکل پذیری می گویند. شکل پذیری دارای سه پارامتر شامل: تغییر شکل غیر خطی مواد، جزئیات مناسب اجرایی، و انسجام و یکپارچگی سیستم سازه ای می باشد.

می توان گفت که عمده ترین فعالیت ساخت سازه ای مقاوم در برابر زلزله به شکل پذیری ساختمان بر می گردد. به علت رفتار غیر خطی و شکل پذیری سازه ها برای تحمل نیروی شدید زلزله، به جای طراحی سازه برای نیروهای بسیار بزرگ، از ظرفیت رفتار غیر خطی می توان استفاده کرد. به این ترتیب بررسی پارامتر های موجود در رفتار غیر خطی و شکل پذیری دارای اهمیت زیادی است. این مباحث تحت عنوان ضریب رفتار مطرح شده که در این پایان نامه به آن پرداخته شده است.

۱- Mass Eccentricity System

2 – Stiffness Eccentricity System

۱-۲- هدف:

هدف این پایان نامه همانگونه که بیان گردید بررسی روش MPA برای سازه های دارای نامنظمی هندسی در پلان می باشد و بدین منظور در ابتدا یک ساختمان فلزی ۳ طبقه با سیستم قاب خمشی فضایی و متقارن در هر دو جهت در نظر گرفته شد و سپس این کار عیناً برای ۹ مدل نا منظم در تراز ۳ طبقه تکرار گردید. در ادامه برای بررسی تأثیر ارتفاع، این ۱۰ مدل در ترازهای ۶، ۱۰ و ۱۵ طبقه مدلسازی شدند. مدل های مورد نظر علاوه بر تحلیل پوش آور مودال، تحت حالت های بارگذاری یکنواخت و خطی نیز قرار گرفته و نتایج حاصل از این سه روش با یکدیگر مقایسه شدند. در پایان با استفاده از منحنی های پوش آور، ضریب رفتار به روش های مختلف برای سازه ها محاسبه شده و با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفته اند.

۱-۳- ساختار پایان نامه:

این پایان نامه در ۵ فصل تهیه و تنظیم شده است که به شرح ذیل می باشد :

فصل اول شامل مقدمه و بیان کلیات ، توضیح مسئله بصورت کلی و هدف از انجام این تحقیق را بیان می نماید(فصل فعلی).

فصل دوم در ابتدا اشاره ای کوتاه به روش های طراحی بر اساس عملکرد و در قسمت دوم روش استاتیکی فزاینده غیرخطی مفاهیم پایه و مقدماتی این روش و بیان نظرات گوناگون پرداخته شده و در بخش سوم این فصل در خصوص روش آنالیز استاتیکی غیرخطی مودی (MPA) بطور کامل بحث شده است و همچنین اساس و مقدمات آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و در انتها راجع به مفاهیم ضریب رفتار، پارامترهای مؤثر و روش های محاسبه آن توضیحاتی ارائه گردیده است.

در فصل سوم مدلهای انتخابی معرفی شده اند و همچنین مختصری در مورد طراحی اولیه مدلها ، همچنین مشخصات اجزا، نرم افزارهای انتخابی بکارگرفته شده، و روش انجام تحقیق توضیحاتی ارائه گردیده است.

فصل چهارم، نتایج مورد نظر بصورت مقایسه ای ارائه گردیده است و بدلیل حجم زیاد خروجی ها ، گرافها و نمودارها و جداول قسمتی از نتایج مربوطه به عنوان نمونه در این فصل ارائه گردیده است.

فصل پنجم به نتیجه گیری ، بحث در خصوص نتایج و ارائه پیشنهادات جهت تحقیقات آتی اختصاص یافته است.

در انتها هم مراجع مورد استفاده بیان شده است.

فصل دوم: ادبیات فنی

۲- ۱- مقدمه:

هدف دستورالعملها و آئین نامه های فعلی عمدتاً کاهش تلفات جانی ناشی از زمین لرزه می باشد و با این هدف تدوین می گردد ولی تجاربی که از زلزله های اخیر بدست آمده است نشان دهنده کارآمدی و یا عدم کارآمدی آنها در زمینه کاهش تلفات ناشی از زلزله می باشد. از طرف دیگر خرابی های ناشی از زلزله های بزرگ نیز نشان دهنده این مطلب می باشد که میزان خسارت مالی سازه ای و غیرسازه ای وارده به سازه ها در برخی از موارد بسیار شدید می باشد. از جمله کاستی های موجود در روش مرسوم طراحی، عدم امکان ارزیابی صحیح از عملکرد کلی سازه و اجزای آن می باشد. بنابراین بر اساس نگرش جدید که در سالهای اخیر به طور جدی برای طراحی اعضای مقاوم لرزه ای مطرح شده است تاکید بر رفتار عملکردی سازه جایگزین تاکید بر رفتار مقاومتی آن شده است. در۷۰ سال گذشته ، دوره ای که در آن محاسبات خاص طراحی مربوط به مقاومت لرزه ای در آئین نامه ها گنجانده می شدند، مقاومت و رفتار معادل یکدیگر درنظر گرفته می شدند اما در ۲۵ سال اخیر با درک این موضوع که افزایش مقاومت لزوماً به معنای افزایش ایمنی یا کاهش تلفات و خطر نیست ، به این پدیده(رفتار و عملکرد) با دیدگاه جدیدی توجه شد. هدف از طراحی براساس عملکرد اینست که بتوان سازه ای ساخت که عملکرد آن در مقابل زلزله های مختلف قابل پیش بینی باشد تا بتوان عملکرد سازه را بسته به هدف مورد نظر انتخاب کرد. این امر می تواند بعنوان آغاز عصر طراحی بر اساس عملکرد مورد توجه قرار گیرد[1] .

لذا با توجه به اهداف و معیاری عملکردی موجود در آئین نامه ها همانند طراحی بر اساس مقاومت شاخصهای معینی برای سازه در نظر گرفته می شود. براساس این اهداف ، ملاکها و سطح عملکردی برای سازه تعریف می گردد و طراحی بر همین اساس صورت می گیرد. بررسی ملاکها و معیارهای مورد نظر در آئین نامه ها در این تحقیق مورد نظر نمی باشد بلکه با توجه به اینکه جهت بررسی عملکرد سازه ها ابتدا نیاز است ابزار لازم جهت این نوع بررسی آماده گردد بنابراین برای کاربردی شدن روشهای جدید از جمله آنالیز MPA که بررسی آن موضوع این تحقیق بوده نیاز است خصوصیات غیرخطی برای سازه مورد بررسی لحاظ شود، به همین جهت مختصری در مورد روش عملکرد و شاخصهای مورد استفاده در این روش بر اساس آئین نامه ها پرداخته می شود.

همانگونه که پیش تر اشاره شد در روش طراحی بر اساس مقاومت، نیروی داخلی اعضاء بعنوان شاخص طراحی و مقاومت اعضا بعنوان حدود این نیرو در نظر گرفته می شود ولی در روشهای طراحی براساس عملکرد بر رفتار غیرخطی سیستم های سازه ای در زلزله های شدید تاکید می گردد، بهترین شاخص برای تعیین رفتار سازه براساس عملکرد شاخص تغییرمکان می باشد.

۲- ۲- مفهوم طراحی لرزه ای بر اساس عملکرد:

طراحی بر اساس عملکرد مستلزم انتخاب معیارهای درست ، سیستم سازه ای مناسب ، تعیین محل قرارگیری سازه، تعیین هندسه اعضاء و ارائه جزئیات برای سازه و اطمینان از کیفیت ساخت و نگهداری در دراز مدت می باشد . مفهوم طراحی براساس عملکرد ، تنها به ساختمان محدود نمی شود بلکه بطور کلی برای همه سازه ها و اجزای الحاقی غیرسازه ای متصل به آن و محتویات ساختمان قابل استفاده می باشد.

اگرچه عنوان طراحی لرزه ای براساس عملکرد جدید است، مفاهیم اولیه ایجاد ساختمانها و سازه هایی که تحت زلزله های مختلف به سطوح عملکرد مورد نیاز برسند ، مسلماً جدید نیست. بلکه بیش از ۲۰ سال است که[1] SEAOC نشان داده که نیازهای نیروی جانبی توصیه شده توسط آن قادرند دربرگیرنده تعدادی از اهداف عملکردی معین، مانند آنچه در ذیل می آید، باشند [۲] :

- مقاومت در برابر زلزله های خفیف بدون خسارت.
- مقاومت دربرابر زلزله های متوسط با خسارت سازه ای و غیر سازه ای جزئی.
- مقاومت در برابر زلزله های بزرگ با خسارت قابل ملاحظه سازه ای اما بااحتمال اندک برای به خطر افتادن ایمنی جانی.
- مقاومت در برابر سطوح شدید زلزله ممکن، بدون فرو ریزش.

هدف طراحی در آئین نامه های فعلی حفظ ایمنی جانی تحت اثر زلزله های سطح خطر۱(این سطح خطر براساس ۱۰٪ احتمال رویداد در ۵۰ سال که معادل ۴۷۵ سال است، تعیین می شود و در آئین نامه ۲۸۰۰ تحت عنوان زلزله طرح نامیده می شود) است که این خود یک بهسازی مبنا است، اما ممکن است برای سازه های خاص و در شرایط خاص احتیاج به اهداف کاملتر و مشخص تری باشد. آئین نامه های فعلی سعی کرده اند با وارد کردن ضریب اهمیت این مسئله را در برگیرند که تجربه نشان داده است که این روش نمی تواند نیازهای مختلف طراحی را برآورده سازد و به این منظور در روشهای عملکرد به جای دو هدف طراحی خدمت پذیری و ایمنی جانی، چهار سطح عملکردی درنظر گرفته می شود.

۱) عملکرد کامل(Fully Operational)

۲) عملکردی(Operational)

۳) ایمنی جانی(Life Safety)

۴) حد فرو ریزش(Collapse Prevention)

1- Structural Engineering Association Of California