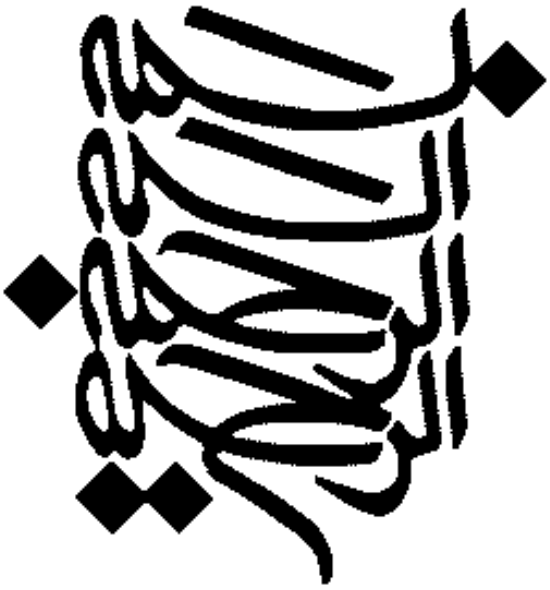

وزارت علوم ، تحقیقات و فناوری

دانشگاه تفرش

دانشکده مهندسی عمران -سازه

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی سطح عملکرد ساختمانهای فولادی با سیستم قاب خمشی، طراحی شده با نسخه سوم آئین نامه ۲۸۰۰، طبق دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود

استاد راهنما:

آقای دکتر محمد قاسم سحاب

دانشجو:

ابوالفضل صالحی

تابستان ۱۳۹۱

تقدیم به :

پدر و مادر مهربانم که همواره در طول حیات پر بارشان از حمایت های بی دریغ آنها بهرمند بوده ام و تقدیم به همه آنها که مرا علم آموختند .

تشکر و قدردانی:

بر خود لازم می دانم که بـدین وسـیله از زحمـات بـی دریـغ و راهنمـائی هـای ارزنده استاد ارجمند آقای دکتر محمد قاسم سحاب صمیمانه تشکر و قدردانی نمـایم. همچنین از اعضای هیات داوران بخاطر حضور در جلسه دفاعیه و فراهم نمودن امکان ارائه پربار آن تشکر نموده و سپاس خود را به حضورشان تقدیم می دارم.

چکیده

فلات ایران از نظر وقوع زلزله یکی از فعال ترین مناطق جهان بوده و هر از چند گاه زلزله مخرب مصیبت بار با آسیب های جانبی و مالی وسیع در کشورمان به وقوع می پیوندد که پیشگیری از وقوع یا کاهش تلفات جانی و مالی ناشی از این زلزله ها در کشورمان ایران از اهمیت خاصی برخوردار است . یکی از فعالیت هایی که امروزه در کشورهای مختلف از جمله ایران صورت گرفته , بررسی ساختمانهای موجود و ابنیه درحال خدمت است تا نقاط ضعف آنها شناسایی شده و بعدا بصورت مناسبی مقاوم سازی گردند . این امر موجب پیدایش مبحث بهسازی لرزه ای شده است . براساس سیاستهای اتخاذ شده از سوی دولت , سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور اقدام به تدوین و انتشار دستور العملی برای آن منظور نموده است که مبنای بهسازی لرزه ای ساختمان ها ا ست .

حال باتوجه به نیاز روز افزون ساختمان های موجود کشور به بهسازی لرزه ای به جهت پتانسیل بالای زلزله و همچنین نیاز مبرم مهندسین محاسب برای استفاده از روش های تعیین سطوح عملکرد ساختمانها ، ضروری می باشد تا بین روش های ذکر شده در دستورالعمل های بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود (پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله ۱۳۸۵) و تفسیر دستور العمل بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود (ضرایب تغییر مکان , طیف ظرفیت) بررسی مطالعاتی صورت گیرد و همچنین سطوح عملکردی ساختمان های موجود بر اساس دستورالعمل بهسازی لرزه ای مورد ارزیابی قرار گیرد .

در این پایان نامه با استفاده از دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود به بررسی سطح عملکرد بر روی ساختمان فولادی دارای قاب خمشی با شکل پذیری متوسط طراحی شده با نسخه سوم آیین نامه ۲۸۰۰ ایران که شامل ۳ ساختمان با طبقات ۶، ۱۰ و ۱۲ با استفاده از نرم افزار های ETABS و SAP در منطقه با لرزه خیزی خیلی زیاد می باشد، پرداخته می شود .

با بررسی نتایج حاصل از این تحقیق به این نتیجه می رسیم روش های مبتنی بر تحلیل استاتیکی غیرخطی در قیاس با تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی بعنوان روش مبنا ، در ارزیابی سطح عملکرد سازه از دقت کافی برخوردار بوده و همچنین ساختمان های طراحی شده ، سطح عملکرد آیین نامه ۲۸۰۰ ایران (ایمنی جانی) را برآورده می کنند.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل۱ : ۱٤

موضوع این پژوهش واهمیت آن ۱٤

۱-۱. مقدمه ۱۴
۱-۲. پیشینه تحقیق ۱۶
۱-۲-۱. طراحی براساس عملکرد با استفاده از کنترل تغییر مکان ۱۶
۱-۲-۲. کنترل سطح عملکردساختمان های بتنی طراحی شده باآیین نامه های موجود کشور ۱۶
۱-۲-۳. ارزیابی لرزه ای ساختمان های فولادی قاب خمشی معمولی ۱۶
۱-۲-۴. مطالعه تطبیقی استاندارد۲۸۰۰با دستورالعمل بهسازی لرزه ای قاب خمشی ویژه بتنی... ۱۶
۱-۳. موضوع پایان نامه ۱۷
۱-۴. روش تحقیق ۱۷
۱-۵. نگاهی به فصول این پایان نامه..... ۱۷

فصل۲ : ۱۹

بررسی تحقیقات انجام شده در زمینه موضوع این پایان نامه ۱۹

۲-۱. مقدمه ۱۹
۲-۲. تاریخچه فعالیت های انجام شده ۱۹

فصل۳: ۲۹

تحلیل پوش آور (بهسازی لرزه ای) ۲۹

۳-۱. مقدمه ۲۹
۳-۲. مقدمه ای کلی بر طراحی براساس عملکرد..... ۲۹
۳-۳. تعاریف..... ۳۰
۳-۳-۱. سطوح عملکرد ساختمان : ۳۰
۳-۳-۲. تحلیل خطر زلزله و طیف طراحی : ۳۳
۳-۳-۳. محدوده کاربرد روش های غیر خطی :..... ۳۳
۳-۳-۴. ضریب آگاهی..... ۳۴
۳-۴. ظرفیت اجزای سازه ۳۴
۳-۴-۱. ظرفیت اجزا در روش های غیرخطی..... ۳۴
۳-۵. تحلیل استاتیکی غیرخطی..... ۳۵
۳-۵-۱. ملاحظات خاص مدل سازی و تحلیل..... ۳۵
۳-۵-۲. نقطه کنترل..... ۳۶

۳-۵-۳. توزیع بار جانبی ۳۶
۳-۵-۴. مدل رفتار دو خطی نیرو – تغییر مکان سازه ۳۷
۳-۵-۵. محاسبه زمان تناوب اصلی موثر ۳۷
۳-۵-۶. برآورد نیروها وتغییر شکل ها ۳۸
۳-۵-۷. ساختمان با دیافراگم صلب ۳۸
۳-۵-۸. ساختمان با دیافراگم نیمه صلب ۴۰
۳-۵-۹. ساختمان با دیافراگم نرم ۴۰
۳-۶. تحلیل دینامیکی غیرخطی ۴۱
۳-۶-۱. ملاحظات خاص مدل سازی و تحلیل ۴۱
۳-۶-۲. برآورد نیروها و تغییر شکل ها ۴۱
۳-۷. معیارهای پذیرش روش های غیرخطی ۴۱
۳-۷-۱. برآورد نیروها و تغییر شکل های طراحی ۴۱
۳-۷-۲. معیارهای پذیرش برای روش های غیرخطی ۴۲

فصل ٤ : ٤٣

تحلیل و طراحی ساختمان های منتخب بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش سوم ٤٣

۴-۱. مقدمه ۴۳
۴-۲. تعاریف مدل های اولیه ۴۳
۴-۳. بارگذاری ثقلی ۴۶
۴-۴. بارگذاری لرزه ای ۴۶
۴-۴-۱. جزئیات بارگذاری لرزه ای ساختمان ۶ طبقه ۴۷
۴-۴-۲. جزئیات بارگذاری لرزه ای ساختمان ۱۰ طبقه ۴۸
۴-۴-۳. جزئیات بارگذاری لرزه ای ساختمان ۱۲ طبقه ۴۹
۴-۵. مدل سازی ۵۰
۴-۶. تحلیل ۵۰
۴-۶-۱. طراحی ۵۰
۴-۷. کنترل تغییر مکان ۵۷

فصل ٥ : ٦٣

تعیین سطح عملکرد ساختمان های طراحی شده برمبنای نشریه ۳٦۰ ٦٣

۵-۱. مقدمه ۶۳
۵-۲. تحلیل به روش استاتیکی غیر خطی ۶۳
۵-۲-۱. هدف بهسازی ۶۳
۵-۲-۲. توزیع بار جانبی در تحلیل استاتیکی غیر خطی ۶۴
۵-۲-۳. اثر همزمانی مولفه های زلزله ۶۷
۵-۲-۴. نقطه کنترل ۶۷

۵-۲-۵. ترکیب بارگذاری ثقلی ۶۷
۵-۲-۶. معرفی و اختصاص مفاصل ۶۸
۵-۲-۷. تعیین مکان هدف به روش ضرایب تغییر مکان ۷۳
۵-۲-۸. تعیین تغییر مکان هدف به روش طیف ظرفیت ۷۴
۵-۳. منحنی ظرفیت سازه ها ۷۵
۵-۴. تعیین سطح عملکرد سازه ها ۸۱
۵-۴-۱. کنترل محدوده سطح عملکرد در نرم افزار ۸۱
۵-۴-۲. کنترل برش ۸۴
۵-۴-۳. تعیین سطح عملکرد بر اساس تغییر مکان نسبی ۸۸
۵-۵. سطوح عملکرد اعضاء ۹۲
۵-۶. برش پایه ۹۳
۵-۷. تحلیل به روش دینامیکی غیر خطی ۹۴
۵-۷-۱. همپایه کردن PGA ۹۴
۵-۷-۲. انتخاب شتاب نگاشت ۹۴
۵-۷-۳. تعریف شتاب نگاشت در نرم افزار ۱۰۳
۵-۷-۴. تغییر مکان نسبی طبقات در تحلیل دینامیکی غیرخطی ۱۰۷

فصل٦ : ۱۱۱

جمع بندی نتایج وپیشنهاد هایی برای تحقیقات بیشتر ۱۱۱

۶-۱. نتایج ۱۱۱
۶-۲. پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی ۱۱۱

مراجع ۱۱۲

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل۲-۱. نتایج مقایسه منحنی های پوش آور با تحلیل دینامیکی غیر خطی ۲۱

شکل۲-۲. سنجش پاسخ طبقه میانی برای تحلیل های استاتیکی و دینامیکی غیر خطی ۲۳

شکل۳-۱. منحنی ساده شده نیرو-تغییرمکان ۳۷

شکل۴-۱. پلان مدل های طراحی شده ۴۴

شکل۴-۲. نمای سه بعدی ساختمان ۶ طبقه ۴۵

شکل۴-۳. مقطع اعضاء در محور ۲ ساختمان ۶ طبقه ۵۱

شکل۴-۴. نسبت تنش ها در محور ۲ ساختمان ۶ طبقه ۵۲

شکل۴-۵. مقطع اعضاء در محور ۲ ساختمان ۱۰ طبقه ۵۳

شکل۴-۶. نسبت تنش ها در محور ۲ ساختمان ۱۰ طبقه ۵۴

شکل۴-۷. مقطع اعضاء در محور ۲ ساختمان ۱۲ طبقه ۵۵

شکل۴-۸. نسبت تنش ها در محور ۲ ساختمان ۱۲ طبقه ۵۶

شکل۵-۱. پنجره تعریف الگوی توزیع بار جانبی در تحلیل استاتیکی غیر خطی (PUSH1) ۶۵

شکل۵-۲. پنجره تعریف الگوی توزیع بار جانبی در تحلیل استاتیکی غیر خطی (PUSH2) ۶۵

شکل۵-۳. پنجره تعریف الگوی توزیع بار جانبی در تحلیل استاتیکی غیر خطی (PUSH1) ۶۶

شکل۵-۴. پنجره تعریف الگوی توزیع بار جانبی در تحلیل استاتیکی غیر خطی (PUSH2) ۶۶

شکل۵-۵. پنجره مربوط به تعریف مشخصات مفصل تیرها V_2 ..... ۶۹

شکل۵-۶. پنجره مربوط به تعریف مشخصات مفصل تیرها M_3 ..... ۶۹

شکل۵-۷. پنجره مربوط به تعریف مشخصات مفصل ستون ها P_{test} ۷۰

شکل۵-۸. پنجره مربوط به تعریف مشخصات مفصل ستون ها PM_2M_3 ..... ۷۰

شکل۵-۹. منحنی نیرو - تغییر مکان ۷۱

شکل۵-۱۰. منحنی لنگر - دوران ۷۲

شکل۵-۱۱. منحنی نیرو - تغییر مکان ۷۲

شکل۵-۱۲. منحنی تغییر شکل پلاستیک ۷۳
شکل۵-۱۳. منحنی ظرفیت برای سازه ۶ طبقه تحت الگوهای بار جانبی ۷۵
شکل۵-۱۴. منحنی ظرفیت برای سازه ۱۰ طبقه تحت الگوهای بار جانبی ۷۶
شکل۵-۱۵. منحنی ظرفیت برای سازه ۱۲ طبقه تحت الگوهای بار جانبی ۷۶
شکل۵-۱۶. منحنی ظرفیت برای سازه ۶ طبقه ۷۷
شکل۵-۱۷. مقایسه تغییر مکان هدف برای الگوهای مختلف بار جانبی در ساختمان ۶ طبقه ۷۸
شکل۵-۱۸. مقایسه برش پایه برای الگوهای مختلف بار جانبی در ساختمان ۶ طبقه ۷۸
شکل۵-۱۹. مقایسه تغییر مکان هدف برای الگوهای مختلف بار جانبی در ساختمان ۱۰ طبقه ۷۹
شکل۵-۲۰. مقایسه برش پایه برای الگوهای مختلف بار جانبی در ساختمان ۱۰ طبقه ۷۹
شکل۵-۲۱. مقایسه تغییر مکان هدف برای الگوهای مختلف بار جانبی در ساختمان ۱۲ طبقه ۸۰
شکل۵-۲۲. مقایسه برش پایه برای الگوهای مختلف بار جانبی در ساختمان ۱۲ طبقه ۸۰
شکل۵-۲۳. مفاصل پلاستیک در ساختمان ۶ طبقه ۸۲
شکل۵-۲۴. مفاصل پلاستیک در ساختمان ۱۰ طبقه ۸۳
شکل۵-۲۵. مفاصل پلاستیک در ساختمان ۱۲ طبقه ۸۴
شکل۵-۲۶. پنجره ظرفیت برشی مجاز تیر در ساختمان ۶طبقه ۸۵
شکل۵-۲۷. پنجره برش موجود تیر در ساختمان ۶ طبقه ۸۵
شکل۵-۲۸. پنجره ظرفیت برشی مجاز تیر در ساختمان ۱۰طبقه ۸۶
شکل۵-۲۹. پنجره برش موجود تیر در ساختمان ۱۰ طبقه ۸۶
شکل۵-۳۰. پنجره ظرفیت برشی مجاز تیر در ساختمان ۱۲طبقه ۸۷
شکل۵-۳۱. پنجره برش موجود تیر در ساختمان ۱۲ طبقه ۸۷
شکل۵-۳۲. تغییر مکان نسبی ساختمان ۶طبقه تحت الگوهای PUSH ۸۹
شکل۵-۳۳. تغییر مکان نسبی ساختمان ۱۰ طبقه تحت الگوهای PUSH ۹۰
شکل۵-۳۴. تغییر مکان نسبی ساختمان ۱۲ طبقه تحت الگوهای PUSH ۹۱
شکل۵-۳۵. مولفه های شتاب نگاشت (NORTHRIDGE) ۹۵
شکل۵-۳۶. مولفه های شتاب نگاشت (SAN FERNANDO) ۹۶

شکل۵-۳۷. مولفه های شتاب نگاشت (VICTORIA).....۹۷
شکل۵-۳۸. مولفه های شتاب نگاشت (IMPERIAL VALLEY).....۹۸
شکل۵-۳۹. مولفه های شتاب نگاشت (LIVERMORE).....۹۹
شکل۵-۴۰. مولفه های شتاب نگاشت (LOMA PRIETA).....۱۰۰
شکل۵-۴۱. مولفه های شتاب نگاشت (WHITTIER NARROWS).....۱۰۱
شکل۵-۴۲. تعریف مولفه های شتاب نگاشت SAN FERNANDO.....۱۰۳
شکل۵-۴۳. تعریف مولفه های شتاب نگاشت NORTHRIDGE.....۱۰۴
شکل۵-۴۴. تعریف مولفه های شتاب نگاشت LOMA PRIETA.....۱۰۴
شکل۵-۴۵. تعریف مولفه های شتاب نگاشت IMPERIAL VALLEY.....۱۰۵
شکل۵-۴۶. تعریف مولفه های شتاب نگاشت LIVERMORE.....۱۰۵
شکل۵-۴۷. تعریف مولفه های شتاب نگاشت VICTORIA.....۱۰۶
شکل۵-۴۸. تعریف مولفه های شتاب نگاشت WHITTIER NARROWS.....۱۰۶
شکل۵-۴۹. تغییر مکان نسبی طبقات تحت شتاب نگاشت های مختلف (6 story).....۱۰۷
شکل۵-۵۰. تغییر مکان نسبی طبقات تحت شتاب نگاشت های مختلف (10 story).....۱۰۸
شکل۵-۵۱. تغییر مکان نسبی طبقات تحت شتاب نگاشت های مختلف (12 story).....۱۰۸

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول۳-۱. ضریب آگاهی ۳۴
جدول۳-۲. اطلاعات لازم برای محاسبه ظرفیت اجزای سازه در تحلیل های غیرخطی..... ۳۵
جدول۳-۳. تعریف ضریب C_0..... ۳۸
جدول۳-۴. تعریف ضریب C_m..... ۳۹
جدول۳-۵. تعریف ضریب C_2..... ۴۰
جدول۴-۱. مقادیر بارهای زنده و مرده در بارگذاری ثقلی ۴۶
جدول۴-۲. پارامتر های مورد استفاده در بارگذاری لرزه ای ساختمان ۶ طبقه..... ۴۷
جدول۴-۳. جزییات بارگذاری لرزه ای ساختمان ۶ طبقه..... ۴۷
جدول۴-۴. پارامتر های مورد استفاده در بارگذاری لرزه ای ساختمان ۱۰ طبقه ۴۸
جدول۴-۵. جزییات بارگذاری لرزه ای ساختمان ۱۰ طبقه ۴۸
جدول۴-۶. پارامتر های مورد استفاده در بارگذاری لرزه ای ساختمان ۱۲ طبقه ۴۹
جدول۴-۷. جزییات بارگذاری لرزه ای ساختمان ۱۲ طبقه ۴۹
جدول۴-۸. تغییر مکان نسبی ساختمان ۶ طبقه..... ۵۸
جدول۴-۹. تغییر مکان نسبی ساختمان ۱۰ طبقه ۵۹
جدول۴-۱۰. تغییر مکان نسبی ساختمان ۱۲ طبقه ۶۱
جدول۵-۱. تغییر مکان هدف به روش ضرایب تغییر مکان مطابق با دستورالعمل بهسازی لرزه ای ۷۴
جدول۵-۲. تغییر مکان هدف به روش طیف ظرفیت مطابق با دستورالعمل بهسازی لرزه ای..... ۷۴
جدول۵-۳. کنترل تشکیل اولین مفصل پلاستیک ۷۷
جدول۵-۴. محدوده تعیین سطوح عملکرد ۸۸
جدول۵-۵. تعیین سطح عملکرد برای ساختمان ۶ طبقه ۸۹

جدول۵-۶. تعیین سطح عملکرد برای ساختمان ۱۰ طبقه..... ۹۰
جدول۵-۷. تعیین سطح عملکرد برای ساختمان ۱۲ طبقه..... ۹۱
جدول۵-۸. سطوح عملکردی اعضاء و محدوده عملکردی برای ساختمان ۶ طبقه..... ۹۲
جدول۵-۹. سطوح عملکردی اعضاء و محدوده عملکردی برای ساختمان ۱۰ طبقه..... ۹۲
جدول۵-۱۰. سطوح عملکردی اعضاء و محدوده عملکردی برای ساختمان ۱۲ طبقه..... ۹۳
جدول۵-۱۱. برش پایه حاصل از تحلیل استاتیکی خطی..... ۹۳
جدول۵-۱۲. مقیاس شتاب نگاشت..... ۱۰۲
جدول۵-۱۳. ماکزیمم تغییر مکان نسبی به همراه طبقه مربوطه..... ۱۰۹
جدول۵-۱۴. تعیین سطح عملکرد برای هر ۳ ساختمان..... ۱۱۰

فصل ۱:
موضوع این پژوهش واهمیت آن

۱-۱. مقدمه

علیرغم اینکه کشور ایران بر روی کمر بند زلزله قرار گرفته است و جزء مناطق لرزه خیر شدید دنیا محسوب مـی شـود ، اما تا بیش از چهار دهه پیش ، طراحی و محاسبه سازه ساختمانها در برابر زلزله مرسوم نبوده است و اولین توصیه هـا در ایـن باره پس از زلزله ۱۳۴۱ بوئین زهرا در آیین نامه بارگذاری ساختمانها و ابنیه فنی (استاندارد ۵۱۹) آورده شد ۲۶ سـال پـس از آن اولین آیین نامه خاص طراحی ساختمانها در برابر زلزله تحت عنوان اسـتاندارد ۲۸۰۰ در سـال ۱۳۶۷ هجـری خورشـیدی منتشر گردید . بنابراین توجه به مسائل طراحی ساختمان ها در برابر زلزله نسبت به طراحی در برابـر بارهـای قـائم بـا تـاخیر صورت گرفته و اگر سیر تکاملی آیین نامه های مربوطه را هم بررسی کنیم ، خواهیم دید که آیین نامه ها پس از هر تجدیـد نظر ، به استناد دانسته های جدید تر ، قیود و مقررات بیشتری طلب کرده و خواستار طراحی سازه ها در برابر نیرو های بزرگتر شده اند.

تدوین ((آیین نامه ایمنی ساختمان ها در برابر زلزله)) در دهه ۴۰ ، که بعد هـا در فصـلی از اسـتاندارد ۵۱۹ ایـران قـرار گرفـت ، گـامی در ایـن مسـیر بـود . تصـویب و اجـرای اجبـاری ((آیـین نامـه طراحـی سـاختمان هـا در برابـر زلزلـه)) (استاندارد ۲۸۰۰) در سال های ۱۳۶۶ و ۱۳۶۷ نیز عزم ملی و برنامه دولت جمهوری اسلامی ایران را با وجه علمی، رسـمیت قانونی بخشید. هدف از این آیین نامه ، تعیین حداقل ضوابط ومقررات برای طرح واجرای ساختمان ها در برابر اثرهای ناشـی از زلزله است بطوری که بارعایت آن انتظار می رود :

الف: با حفظ ایستایی ساختمان در زلزله های شدید ، تلفات جانی به حداقل برسد و نیـز سـاختمان در برابـر زلزلـه هـای خفیف ومتوسط بدون وارد شدن آسیب عمده سازه ها قادربه مقاومت باشد [۱].

ب: ساختمان های با اهمیت خیلی زیاد ، در زمان وقوع زلزله های شدید ، بدون آسـیب عمـده سـازه ای ، قابلیـت بهـره برداری بدون وقفه خود را حفظ کنند . ساختمان های با اهمیت زیاد ، در زمان وقوع زلزله های خفیف و متوسط ، قابلیت بهره برداری خود را حفظ کنند و در ساختمان های با اهمیت متوسط ، خسارات سازه ای و غیر سازه ای به حداقل برسد .

زلزله شدید که زلزله طرح نامیده می شود ، زلزله ای است که احتمال وقوع آن و یا زلزله های بزرگتر از آن ، در ۵۰ سال عمرمفید ساختمان ، کمتر از ۱۰درصد باشد .

زلزله خفیف ومتوسط یا زلزله سطح بهره برداری ، زلزله ای است که احتمال وقوع آن و یا زلزلـه هـای بزرگتـر از آن ، در ۵۰ سال عمر مفید ساختمان ، بیشتر از ۹۹/۵ درصد است[۱] .

با توجه به مطالب یاد شده ، بطور کلی می توان لزوم بهسازی لرزه ای را در موارد زیر بیان نمود :

الف: تعداد از ساختمان ها اساساً برای زلزله طراحی نشده اند و در نتیجه آسیب پذیر می باشند .

ب: ساختمانهایی که در طراحی آنها بار زلزله دیده شده است ولی دچار ضعف اجرایی می باشند .

ج: با توجه به افزایش روز افزون دانش مهندسی زلزله و مطرح شدن ضوابط جدید در آیین نامه ها ، ساختمان هایی کـه در قبل برای نیروی زلزله طراحی شده اند ، الزاماً تامین کننده ضوابط جدید نمی باشند . لـذا ایـن سـاختمان هـا نیـز آسـیب پذیرند، هر چند که آسیب پذیری آنها کمتر می باشد .

از آنجایی که به دلایل اقتصادی و اجرایی نمیتوان همه این ساختمانها ی آسیب پذیر را با سـاختارهای جدیـد جـایگزین کرد، می بایست در ابتدا وضع موجود این ساختمانها مورد بررسی قرار گرفته، میزان ایمنی آنها ارزیابی شده و در صورت لـزوم به ایمن سازی آنها مبادرت ورزید .

تغییر نگرش از طراحی بر اساس نیرو به سمت طراحی بر مبنای رفتار و عملکرد سازه ، در بهسازی لرزه ای روش جدیدی را در زمینه طراحی به وجود آورده است که اصطلاحا طراحی براساس عملکرد نامیده می شود . طراحی براساس عملکرد بـر مبنای طراحی در حالات حدی می باشد .

دستور العمل بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود برای کنترل آسیب پذیری ساختمان ها هدف های گونا گون را دنبـال می کند . یکی از این اهداف عملکرد ایمن جانی در سطح خطر-۱ می باشد[۲].

در صورتی که سطح خطر-۱ معادل زلزله طرح موجود در استاندارد ۲۸۰۰ فرض گردد ، ایـن هـدف معـادل بـه حـداقل رساندن تلفات جانی در زلزله های شدید می باشد کـه معـادل هـدف مطـرح شـده در اسـاندارد ۲۸۰۰ بـرای سـاختمانهای مسکونی است .

این دستورالعمل برای کنترل آسیب پذیری ساختمان های موجود تدوین شده و تفاوت های عمـده ای بـا آیـین نامـه های طراحی دارد . قسمت اعظم این تفاوت در ضرایب ایمنی ((ضرایب افزایش بار وضرایب کاهش مقاومت)) و یـا ضـرایب اطمینان می باشند .

بنابراین بررسی و مقایسه نتایج حاصل ازطراحی بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ و کنترل آن توسط دستورالعمل بهسازی لـرزه ای ساختمان های موجود می تواند معادل بودن هدف این دستورالعمل را با هدف آیین نامه ۲۸۰۰ روشن کند .

۱-۲. پیشینه تحقیق

از جمله سوابق و پیشینه تحقیقی می توان به مقاله های زیر اشاره کرد :

۱-۲-۱. طراحی براساس عملکرد با استفاده از کنترل تغییر مکان

این مقاله توسط محسن تهرانی زادهو همکاران مطرح گردیده است . در این تحقیق ضمن تشریح اصول اساسی طراحی براساس عملکرد با بررسی معیارهای پذیرش و تغییر مکان ، روش طیف ظرفیت و پارامتر های موثر بر آن مورد ارزیابی قرار گرفته ، سطوح عملکردی سازه های مورد مطالعه تعیین و تحقق اهداف آیین نامه۲۸۰۰ براساس سطح عملکرد قابل تعبیر بررسی شده است ؛ موارد فوق برای سه سازه فلزی بلند ، متوسط و کوتاه با روش دینامیکی غیرخطی به عنوان روش مبنا کنترل و نتایج مقایسه گردیده است . در بخش نتیجه گیری ؛ اثر بارهای ثقلی و جانبی در تحلیل استاتیکی غیرخطی و دینامیکی غیرخطی ، مقایسه تغییر مکان های حاصل از دو روش ، ارزیابی سازه ها براساس معیارهای پذیرش ، بررسی و مقایسه معیار های پذیرش و همچنین قابلیت عملکرد سازه های طراحی شده براساس آیین نامه ۲۸۰۰ با توجه به معیار های پذیرش ارائه گردیده است [۳] .

۱-۲-۲. کنترل سطح عملکردساختمان های بتنی طراحی شده باآیین نامه های موجود کشور

این مقاله توسط طارق مهدی و همکاران در کنفرانس بین المللی بتن و توسعه ارائه شده است . در این تحقیق رفتار سیستم قاب خمشی ویژه فولادی با سیستم باربری جانبی قاب خمشی ویژه و با تعداد طبقات ۳ ، ۵ ، ۷ ، ۹ و ۱۲ انتخاب و براساس استاندارد ۲۸۰۰ طراحی شدند و سپس ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ ایران در مورد آنها اعمال و ضوابط کنترل کننده ، در طراحی سازه ها بررسی گردید . سپس ساختمان ها با دستورالعمل بهسازی لرزه ای ، با استفاده از روش آنالیز استاتیکی غیرخطی ، در دو سطح خطر ۱ و ۲ و برای سطوح عملکرد ایمنی جانی LS و آستانه فروریزش CP مورد ارزیابی قرار گرفته و معیارهای پذیرش اعضا کنترل شده اند . در پایان نقاط ضعف این ساختمان ها مورد بررسی و جمع بندی قرار گرفته است [۴] .

۱-۲-۳. ارزیابی لرزه ای ساختمان های فولادی قاب خمشی معمولی

این مقاله توسط غلامرضا قدرتی امیری و همکاران در انجمن سازه های فولادی ایران ارائه شده است . در این مقاله ساختمان های فولادی قاب خمشی معمولی طراحی شده با استاندارد ۲۸۰۰ زلزله ایران براساس دستورالعمل بهسازی لرزه ای ارزیابی و عملکرد لرزه ای آنها در حوزه رفتار های خطی و غیرخطی بررسی گردیده است [۵] .

۱-۲-٤. مطالعه تطبیقی استاندارد۲۸۰۰با دستورالعمل بهسازی لرزه ای قاب خمشی ویژه بتنی

این مقاله توسط محمد حسین حبشی زاده و همکاران ارائه شده که در این مقاله سعی شده است مقایسه پارامتریک نیازهای طراحی در خصوص تلاش های بوجود آمده بین استاندارد ۲۸۰۰ ایران و دستورالعمل بهسازی لرزه ای در مورد قاب های خمشی ویژه بتنی برای طراحی سطح عملکرد بی وقفه مورد بررسی قرار گیرد [۶] .

۱-۳. موضوع پایان نامه

هدف اصلی این پایان نامه تعیین سطح عملکرد سازه با استفاده از روش های (ضرایب تغییر مکان و طیف ظرفیت) ، مطرح شده در دستور العمل بهسازی لرزه ای و تفسیر دستورالعمل بهسازی لرزه ای در برآورد سطح عملکرد ساختمان فولادی دارای قاب خمشی متوسط می باشد .

در واقع میزان دقت روشهای فوق با تحلیل دینامیکی غیر خطی به عنوان روش مبنا مقایسه می گردد .

همچنین به این پرسش پاسخ می دهیم که ساختمان طراحی شده با آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش سوم در چه سطحی از عملکرد براساس ضوابط دستورالعمل بهسازی لرزه ای قرار می گیرد آیا این ساختمان هدف آیین نامه ۲۸۰۰ را برآورد می کند و تعداد طبقات آن در برآورده کردن این هدف چه تاثیری دارد .

۱-٤. روش تحقیق

روش کار در این پایان نامه به این گونه است که سه ساختمان متقارن و منظم ۶,۱۰,۱۲ طبقه فولادی با قاب خمشی متوسط با نرم افزار ETABS بصورت سه بعدی (3D) براساس آیین نامه ۲۸۰۰ و بر روی خاک نوع ۲ در برابر زلزله طراحی شده اند . سپس این سه ساختمان به همان صورت سه بعدی در نرم افزار SAP2000 تحلیل استاتیکی غیر خطی (Pushover) گشته و کارآیی روش های ضرایب تغییر مکان وطیف ظرفیت بعنوان دو روش این تحلیل در تخمین تغییر مکان ماکزیمم بام ساختمان فولادی با قاب خمشی متوسط و در ادامه سطح عملکرد ساختمان های مورد نظر طبق محدودیتهای این دستورالعمل بررسی می شود .

ضمناً با بکارگیری هفت شتاب نگاشت زلزله و انجام تحلیل دینامیکی غیر خطی بعنوان روش مبنا این نتایج کنترل می گردد .

۱-۵. نگاهی به فصول این پایان نامه

- **فصل اول :**

همانطور که از نظر گذشت فلات ایران از نظر وقوع زلزله یکی از فعال ترین مناطق جهان بوده و هر از چندگاه زلزله مخرب مصیبت بار با آسیب های جانبی و مالی وسیع در کشورمان به وقوع می پیوندد که پیشگیری از وقوع یا کاهش تلفات جانبی و مالی ناشی از این زلزله ها در کشورمان ایران از اهمیت خاصی برخوردار است .

این امر سبب پیدایش آیین نامه طراحی ۲۸۰۰ ایران شده و همانطور که اشاره شد با بررسی ساختمان های موجود و نقاط ضعف آنها ونحوه بهسازی آن موجب پیدایش مبحث بهسازی لرزه ای شده است .

در این پایان نامه به بررسی کارایی این دستورالعمل در تعیین سطوح عملکرد سازه با توجه به روش های موجود در آن پرداخته می شود . روش کار بر اساس طراحی ساختمان های ۶ و ۱۰ و۱۲ طبقه فولادی با قاب خمشی متوسط طبق آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله و طراحی شده و همان ساختمان ها را در SAP 2000 مدل کرده وکارایی روش های ضرایب تغییر مکان وطیف ظرفیت بعنوان دو روش این تحلیل در تخمین تغییر مکان ماکزیمم بام ساختمان فولادی با قاب خمشی متوسط و در ادامه سطح عملکرد ساختمان های مورد نظر طبق محدودیتهای این دستورالعمل بررسی می شود .

- **فصل دوم :**

در این فصل مروری بر ادبیات فنی این موضوع و همچنین پیشینه تحقیقات انجام شده در خصوص تحلیل های غیرخطی و نحوه شروع و شکل گیری آن و در ادامه به بررسی مقالات ارائه شده در کنفرانس ها و کنگره های داخلی و نتایج حاصل شده می پردازیم .

- **فصل سوم :**

این فصل به توضیح چگونگی انجام تحلیل استاتیکی غیر خطی(PUSH OVER) ومحاسبات مربوط به آن و مبانی خاص طراحی در این نوع تحلیل می پردازد همچنین به ضوابط رعایت شده در آن اشاره ای خواهیم داشت .

روش های تحلیلی که در طراحی براساس عملکرد و بهسازی لرزه ای سازه ها مطرح می شوند ، عمدتا برمبنای آنالیز استاتیکی غیرخطی می باشند . دلیل استفاده از این نوع آنالیز ، سرعت بالای انجام آن ، سادگی تفسیر نتایج و دقت قابل قبول آن می باشد . این در حالیست که تحلیل های پیچیده بجز در موارد خیلی خاص و یا با فرض وجود اطلاعات کافی برای نشان دادن رفتار صحیح سیکلی بار ، تغییر شکل اعضای سازه ای از نظر اقتصادی توجیه پذیر نمی باشد .

این روش بصورت یک سری تحلیل گام به گام می باشد . در هرگام از این تحلیل ، کاهش سختی اعضا در اثر ایجاد مفاصل پلاستیک بر اثر بارگذاری بر تحلیل گام بعدی درنظرگرفته می شود . در این روش بار جانبی ناشی از زلزله با یک الگوی بار مشخص ، استاتیک و بتدریج بصورت فزاینده به سازه اعمال می شود تا آنجا که تغییر مکان نقطه کنترل (مرکز جرم طبقه بام) تحت بارجانبی به مقدار مشخصی که تغییر مکان هدف نامیده می شود ، برسد و یا اینکه سازه فرو بریزد. سپس تغییر شکل ها و نیروهای ایجاد شده در اعضا با معیارهای پذیرش آن ها در سطوح عملکردی مختلف مقایسه و سطح عملکرد سازه و اجزای سازه ای تعیین می شود. در واقع تغییر مکان هدف نشان دهنده تقاضای تغییر مکانی زلزله مورد انتظار می باشد.

- **فصل چهارم :**

در این فصل بر اساس بارگزاری مورد نظر و پلان مشخص ساختمان های ۶ و۱۰ و۱۲ طبقه با توجه به ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله ویرایش سوم و ضوابط مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان تحلیل خطی و طراحی شده و تغییر مکان مجاز آن بر اساس تغییر مکان نسبی مجاز مورد بررسی قرار می گیرد .

- **فصل پنجم :**

در این فصل ساختمان های انتخاب شده در فصل ۴ ، تحلیل و طراحی شده بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ ایران ، طبق ضوابط دستورالعمل بهسازی لرزه ای مدلسازی و بارگذاری می شوند . همچنین با توجه به عملکرد هر یک از اعضاء مفصل مناسب به اعضاء اختصاص داده می شود .

سپس با انجام تحلیل استاتیکی غیر خطی ودینامیکی غیر خطی به عنوان روش مبنا به بررسی الگوهای بار جانبی پیشنهادی دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود پرداخته و با مقایسه آنها و همچنین انتخاب ۷ شتاب نگاشت برای تحلیل دینامیکی غیر خطی به تعیین سطوح عملکرد ساختمان های انتخاب شده در فصل چهارم می پردازیم .

- **فصل ششم :**

در این فصل نتایج حاصل از این تحقیق بیان شده و درآخر پیشنهاداتی برای تکمیل و ادامه این تحقیق ارائه می شود .

فصل۲:
بررسی تحقیقات انجام شده در زمینه موضوع این پایان نامه

۲-۱. مقدمه

در این فصل ابتدا مروری بر شروع و شکل گیری تحلیل های غیر خطی خواهیم داشت و در ادامه به بررسی مقالات ارائه شده در کنفرانس ها و کنگره های داخلی و نتایج حاصل شده می پردازیم .

۲-۲. تاریخچه فعالیت های انجام شده

شاید بتوان مبنای شروع بررسی رفتار غیرخطی در سازه ها را به کارهای تحقیقاتی Leibnitz ، در مورد رفتار پلاستیک تیر های دو سر گیردار و سراسری نسبت داد [۷] . ولی در خصوص استفاده از روش های تحلیل استاتیکی غیرخطی در مهندسی زلزله نخستین فعالیت های پژوهشی به تحقیقات Gulkan و Sozen بر می گردد که جهت بررسی رفتار یک سازه چند درجه آزاد استفاده از سازه معادل یا جانشین به صورت یک سیستم یک درجه آزاد (SDOF) پیشنهاد دادند [۸] .

با گذشت زمان و انجام تحقیقات بیشتر ، روش تحلیل استاتیکی غیرخطی به سه روش ؛ طیف ظرفیت ، N2 و ضرایب اصلاح جابجایی طبقه بندی گردید . در همه این روش ها ظرفیت سازه با استفاده از منحنی نیرو- جابجایی حاصل از تحلیل استاتیکی غیرخطی با الگوی بار فرضی تعیین و برای این منظور نیروی برش پایه و جابجایی بام جهت مقایسه با طیف تقاضا به ترتیب به شتاب طیفی و جابجایی طیفی یک سیستم یک درجه آزاد معادل تبدیل می گردد .

تفاوت اصلی در بین روش های مختلف به تعیین طیف تقاضا (جابجایی هدف) بر می گردد . Freeman و همکاران یک روش ارزیابی سریع برای ساختمان ها ارائه دادند که می توان آن را بعنوان پایه و اساس روش طیف ظرفیت کنونی در نظر گرفت [۹] . استفاده از تحلیل دینامیکی غیرخطی سیستم های یک درجه آزادی معادل توسط Saiidi و Sozen پیشنهاد گردید [۱۰] . براساس این ایده Fajfar و Fischinger اولین ویرایش روش N2 را توسعه دادند [۱۱] .

با این وجود تا میانه های دهه ۹۰ میلادی علی رغم انجام پژوهش های نه چندان زیاد در خصوص روش های استاتیکی غیرخطی موجود توسط محققان مختلف ، از سوی انجمن ها و تشکلات جامعه مهندسی زلزله توجه چندانی به گسترش و ساده سازی روش های غیرخطی نشد .

با توجه به محدودیت های روش تحلیل Pushover ، کوشش های فراوانی جهت مرتفع نمودن و یا کاستن نواقص موجود و ارائه روش های گوناگون توسط محققان مختلف انجام گردیده است. از جمله این روش ها می توان به انواع

روش های تحلیل Pushover نظیر در نظر گرفتن اثر مودهای بالاتر در این روش اشاره نمود . برای درنظر گرفتن اثر مودهای بالاتر ، Paret و همکاران روشی ساده ، اما کارآمد برای در نظر گرفتن چندین مود را پیشنهاد دادند . این روش شامل چند تحلیل Pushover با بردارهای نیروی گوناگون با اثرات مودهای مختلف را شامل می شد [۱۲] ، ولی شاید بتوان ادعا نمود که اولین تلاش برای بهبود روش تحلیل Pushover مرسوم به روش Sasaki تحت عنوان MMP مربوط می شود.

براساس این روش ، تحلیل های Pushover متعددی برای یک سازه و با الگوی نیروی متفاوت براساس مودهای گوناگون انجام می گیرد و سپس نتایج بدست آمده برای ارزیابی پاسخ کلی سازه با هم ترکیب می شوند [۱۳] . روش ترکیب نتایج تحلیل Pushover تحت عنوان PRC توسط Moghadam پیشنهاد شد که در آن با استفاده از الگوی بارگذاری منطبق با شکل های مودی ، پاسخ لرزه ای ماکزیمم با ترکیب نتایج چندین تحلیل Pushover تخمین زده می شد[۱۴] .

با ارائه روش های مختلف برای در نظر گرفتن اثر مودهای بالاتر در روش تحلیل Pushover ، محققان به معایب و نواقص روش های جدید و نیز روش های سنتی بیشتر پی می بردند .

در سال ۲۰۰۲ میلادی ، روشی توسط Chopra و Geol براساس MMP مطرح شد ، که روش تحلیل استاتیکی غیرخطی فزاینده مودال یا MPA نامیده شد[۱۵] . تحقیقات بیشتر در مقایسه با تحلیل های دینامیکی غیرخطی نشان داد که MPA تخمین خوبی برای پارامترهای پاسخ عمومی سازه نظیر تغییر مکان نسبی بین طبقات و یا جابجایی مطلق طبقات ارائه می دهد[۱۶].

روش MPA یک پیشرفت بارز در تحلیل Pushover مرسوم بوده و از نظر تئوری و از لحاظ مفهومی جذاب و از دقت بالاتری برخوردار می باشد . دقت آن بدلیل حصول نتایج نزدیک به تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی بوده و ارزیابی کامل از رفتار سازه می باشد . با این وجود ، نیاز به اجرای سه یا چهار تحلیل متمایز برای بدست آوردن دقت مورد نظر از موارد اشکالات مطرح در این روش به شمار می رود .

در سال ۱۹۹۶ میلادی ، انجمن تکنولوژی های کاربردی (ATC) دستورالعمل مربوط به ارزیابی و بهسازی لرزه ای ساختمان های بتنی (ATC-40) را ارائه داد و در آن بصورت جداگانه به معرفی و بررسی روش تحلیل استاتیکی غیرخطی پرداخت [۱۷].

روش استاتیکی غیرخطی نیز همزمان در دستورالعمل FEMA-356 توسعه یافته و مورد استفاده قرار گرفته است[۱۸] . همچنین روشی شبیه روش استاتیکی غیرخطی موجود در FEMA-273 در مقررات اخیر NEHRP ارائه شده است[۱۹]. با وجود تمام روش های ارائه شده ، آنچه در دستورالعمل ATC-40 وجود دارد ، علاوه بر وجود برخی روش های ساده شده تحلیل غیرخطی استاتیکی ، تکنیکی جدید و آسان برای تخمین سختی جانبی موثر و برش پایه تسلیم موثر ارائه نموده است.

در این روش مدل غیرخطی سازه با یک مدل رفتار دو خطی ساده جایگزین گردیده و مقادیر بدست آمده برای محاسبه زمان تناوب موثر سازه در جهت برآورد تغییر مکان هدف ، بکار گرفته شده است . جزییات دوخطی سازی برای سازه هایی با سختی مثبت و منفی بعد از تسلیم متفاوت می باشد ، ولی اصول و کلیات دوخطی سازی برای هر دو نوع یکسان است . در سال های اخیر روش مذکور در ATC-40 بصورت گسترده در تحلیل لرزه ای سازه ها مورد توجه مهندسان و محققان زیادی بوده است .

یکی از نقایص موجود روش دوخطی سازی ATC-40 ، هنگامی است که جابجایی بام کمتر از جابجایی هدف باشد . در این حالت کار انجام شده براساس منحنی دوخطی با منحنی واقعی Pushover برابر نخواهد بود . این نقصان در زلزله های