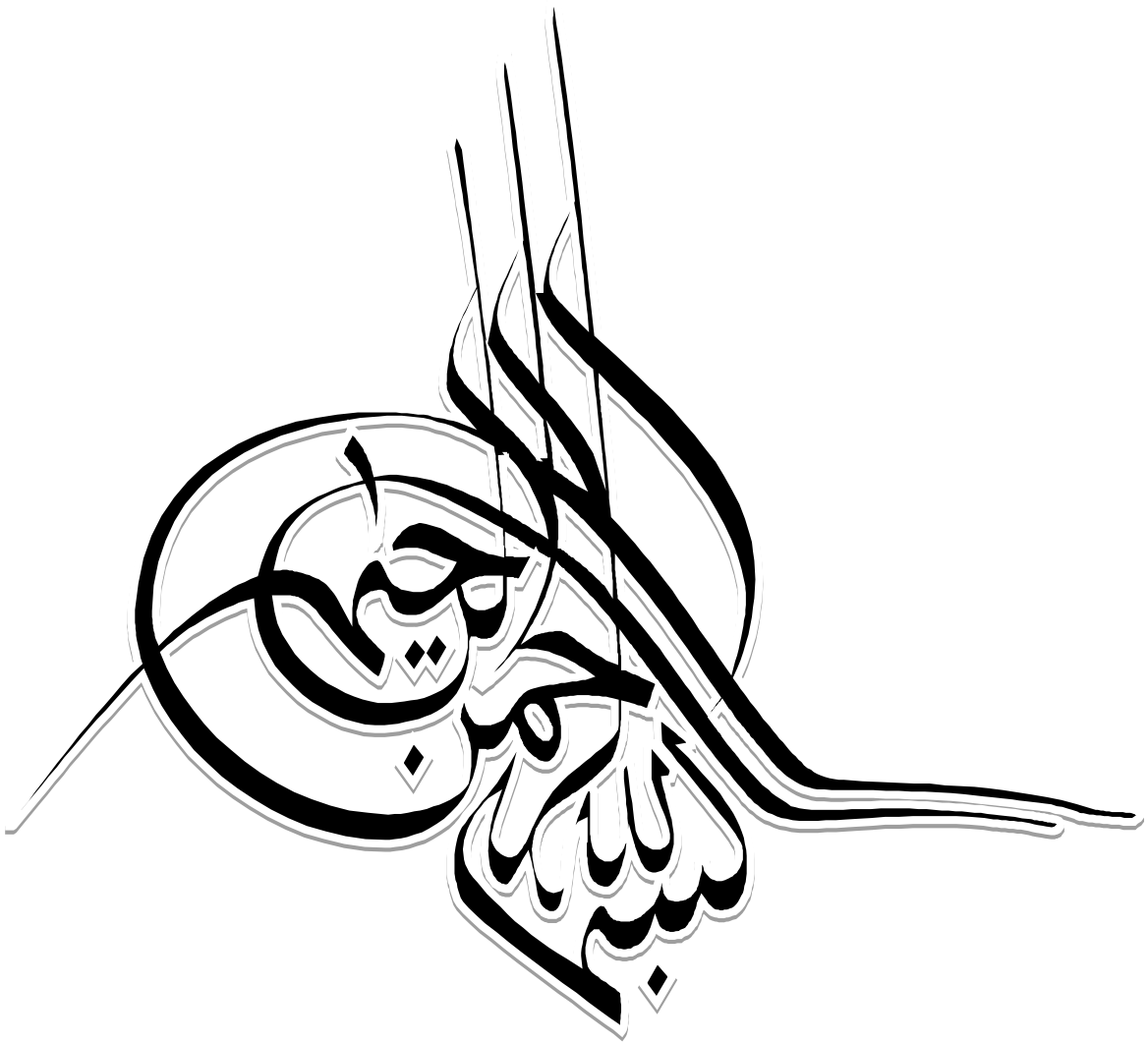
بسم الله الرحمن الرحيم

همه امتیازات این پایان‌نامه به دانشگاه لرستان تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب آن در مجلات، کنفرانس‌ها یا سخنرانی‌ها، باید نام دانشگاه لرستان (یا استاد یا اساتید راهنمای پایان‌نامه) و دانشجو با ذکر مأخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

دانشگاه لرستان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه عمران

عنوان پایان نامه:

بررسی خرابی پیشرونده در قاب های خمشی فولادی

استاد راهنما:

دکتر مجتبی حسینی

استاد مشاور:

دکتر نادر فنائی

نگارش:

امیرمحمد یوسفی

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران- مهندسی سازه

بهمن ۱۳۹۲

تقدیم به

پدرم،

که از دستان رنج دیده اش،تلاش و از نگاهش محبت آموختم

ومادرم،

که در کلامش گرمای مهر و در قلبش معبد ایمان یافتم.

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 محمد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان ولدار وجودشان است.

با تقدیر و تشکر شایسته از استاد ارجمندم جناب آقای **دکتر مجتبی حسینی** عزیزی که راهنما، استاد اخلاق، مشوق و حامی من در امر تحصیل بوده اند کسی که صبورانه و خستگی ناپذیر، دریچه های علم را به روی من گشودند و در این راه، همواره پشتیبان من بوده اند و تشکر فراوان از زحمات بی دریغ استاد مشاور ارجمندم جناب آقای **دکتر نادر فغانی** و از تمام همراهان و دوستان بلند نظرم در دوره کارشناسی و کارشناسی ارشد که در شرایط مختلف پشتیبان روحی و علمی ام بودند از صمیم قلب متشکرم و در نهایت از تمام دوستان، همکلاسان و اساتید محترمی که در تمام دوران تحصیل مرا یاری نمودند مینهایت سپاسگزارم.

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 ام را به اتمام برسانم و خواهر مهربانم که با صبر، متانت و مهربانی فراوان در نگارش این اثر یاری نمودند؛ سپاسگزاری می نمایم.

شکر خدا که هر چه طلب کردم از خدا

بر منتهای همت خود کامران شدم

امیر محمد یوسفی

بهمن ۱۳۹۲

عنوان	فهرست مطالب	صفحه

فصل اول: مقدمه و کلیات ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- اهداف و ساختار ۳

فصل دوم: مروری بر مطالعات پیشین و آیین نامه ها ۵

۲-۱- مقدمه ٦

۲-۲- مروری بر مطالعات پیشین ٦

۲-۳- ضوابط فعلی در آیین نامه ها ۱۵

۲-۳-۱- آیین نامه های ساختمانی ۱۵

۲-۳-۲- معرفی آیین نامه ها و استانداردهای جاری ۱۷

۲-۳-۲-۱- استاندارد ۷-۰۵ انجمن مهندسین عمران آمریکا ۱۷

۲-٤- راهنماهای طراحی در اسناد دولتی آمریکا GSA، UFC ۱۸

۲-٤-۱- روش GSA ۱۸

۲-٤-۲- روش UFC ۱۹

۲-۵- انواع روش های تحلیل خرابی پیشرونده ۲۰

۲-۵-۱- تحلیل های استاتیکی ۲۱

۲-۵-۲- تحلیل های دینامیکی ۲۳

۲-٦-معیارهای پذیرش برای خرابی پیشرونده ۲۳

۲-۷-بارهای اعمالی برای تحلیل استاتیکی و دینامیکی ۲٤

۲-۸- جمع بندی ۲٦

فصل سوم: بررسی خرابی پیشرونده در ساختمان های طراحی شده براساس مقررات ملی ساختمان ایران **۲۷**

۳-۱- مقدمه ۲۸

۳-۲- طراحی ساختمان ۲۸

عنوان	فهرست مطالب	صفحه

۳-۲-۱- هندسه سازه..... ۲۸

۳-۲-۲- بارگذاری..... ۳۰

۳-۲-۲-۱- بارگذاری ثقلی..... ۳۰

۳-۲-۲-۲- بارگذاری جانبی..... ۳۱

۳-۲-۳-طراحی مقاطع..... ۳۲

۳-۲-۳-۱- ترکیب بار زلزله تشدید یافته..... ۳۲

۳-۲-۳-۲- مقاومت ستون ها..... ۳۳

۳-۲-۳-۳- الزامات طراحی قاب خمشی ویژه درمبحث دهم مقررات ملی ساختمان..... ۳٤

۳-۲-۳-٤- الزامات طراحی قاب خمشی متوسط در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان..... ۳٦

۳-۲-۳-۵- الزامات طراحی قاب خمشی معمولی در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان..... ۳۷

۳-۲-۳-٦- مقاطع قاب های طراحی شده..... ۳۷

۳-۳- مدلسازی اجزا محدودی..... ۳۸

۳-٤- تحلیل خرابی پیشرونده..... ۳۹

۳-٤-۱- روش تحلیل خرابی پیشرونده..... ٤۰

۳-٤-۱-۱- حالت اول..... ٤۲

۳-٤-۱-۲- حالت دوم..... ٤٤

۳-٤-۱-۳- حالت سوم..... ٤٦

۳-٤-۱-٤- حالت چهارم..... ٤۸

۳-٤-۱-۵- حالت پنجم..... ۵۰

۳-٤-۱-٦- حالت ششم..... ۵۲

۳-٤-۱-۷- حالت هفتم..... ۵٤

۳-٤-۱-۸- حالت هشتم..... ۵٦

۳-٤-۱-۹- حالت نهم ۵۸
۳-٤-۱-۱۰- حالت دهم ٦۰
۳-٤-۱-۱۱- حالت یازدهم ٦۲
۳-٤-۱-۱۲- حالت دوازدهم ٦٤
۳-٤-۲- روش بررسی پتانسیل بروز خرابی پیشرونده ٦٦
۳-٤-۳- بحث در مورد نتایج قاب مورد مطالعه ۷۰
فصل چهارم: محاسبه ضریب تاثیر حذف اعضا و ضریب افزایشی بار ۷۱
٤-۱- مقدمه ۷۲
٤-۲ - روش محاسبه ضریب افزایشی بار ۷۲
٤-۳- محاسبه ضریب افزایشی بار ۷۲
٤-۳-۱- حالت اول: ۷۳
٤-۳-۲- حالت دوم: ۷۳
٤-۳-۳- حالت سوم: ۷٤
٤-۳-٤- حالت چهارم: ۷۵
٤-۳-۵- حالت پنجم: ۷۵
٤-۳-٦- حالت ششم: ۷٦
٤-۳-۷- حالت هفتم: ۷۷
٤-۳-۸- حالت هشتم: ۷۷
٤-۳-۹- حالت نهم: ۷۸
٤-۳-۱۰- حالت دهم: ۷۹
٤-۳-۱۱- حالت یازدهم: ۷۹
٤-۳-۱۲- حالت دوازدهم: ۸۰

عنوان	فهرست مطالب	صفحه

٤-٤- بحث در مورد نتایج بدست آمده ٨١

فصل پنجم: جمع بندی و ارائه پیشنهاد تحقیقات آتی ٨٢

٥-١- خلاصه نتایج ٨٣

٥-٢- توصیه هایی برای پژوهش های آتی ٨٤

پیوست شماره یک ٨٥

لیست مقالات ١٠٦

مراجع ١٠٧

Abstract ١١٣

عنوان	فهرست اشکال	صفحه

شکل ۱-۲- ساختمان رونان پوینت بعد از خرابی ۱۶ می ۱۹۶۸ ..... ۷

شکل ۲-۲- ساختمان مارال فدرالبعد از حمله ۱۹ آپریل سال ۱۹۹۵..... ۸

شکل ۳-۲- برج های مرکز تجارت جهانی در ۱۱ سپتامبر سال ۲۰۰۱..... ۹

شکل ٤-۲ محل تشکیل مفصل پلاستیک..... ۲۱

شکل ۵-۲- نحوه بارگذاری برای لحاظ آثار دینامیکی حذف ستون..... ۲۵

شکل٦-۲- بارگذاری در تحلیل استاتیکیبرطبق آیین نامه های GSA 2003و راهنمای DoD 2005..... ۲۵

شکل۷-۲- بارگذاری در تحلیل دینامیکیبرطبق آیین نامه های GSA 2003و راهنمای DoD 2005..... ۲٦

شکل ۱-۳ : پلان ساختمان ۱۰ طبقه مورد مطالعه..... ۲۹

شکل ۲-۳ : نمای قاب پیرامونی ساختمان ۱۰ طبقه مورد مطالعه..... ۳۰

شکل ۳-۳- برش طراحی تیرها در قاب خمشی ویژه در طراحی به روش تنش مجاز..... ۳۵

شکل ٤-۳ : مدل مصالح فولاد Steel02..... ۳۸

شکل ۵-۳- پلان و قاب خارجی ساختمان مورد مطالعه..... ۳۹

شکل ٦-۳- نمای قاب خارجی ساختمان مورد مطالعه..... ٤۰

شکل ۷-۳ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون B ، طبقه اول، سناریوی اول..... ٤۲

شکل ۸-۳ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون C ، طبقه اول، سناریوی اول..... ٤۲

شکل ۹-۳ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون D ، طبقه اول، سناریوی اول..... ٤۳

شکل ۱۰-۳ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون E ، طبقه اول، سناریوی اول..... ٤۳

شکل ۱۱-۳ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون F ، طبقه اول، سناریوی اول..... ٤۳

شکل ۱۲-۳ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون A ، طبقه اول، سناریوی دوم..... ٤٤

شکل ۱۳-۳ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون C ، طبقه اول، سناریوی دوم..... ٤٤

شکل ۱٤-۳ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون D ، طبقه اول، سناریوی دوم..... ٤۵

شکل ۱۵-۳ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون E ، طبقه اول، سناریوی دوم..... ٤۵

عنوان	فهرست اشکال	صفحه

شکل ۳-۱۶ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون F ، طبقه اول، سناریوی دوم..... ۴۵

شکل ۳-۱۷ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون A ، طبقه اول، سناریوی سوم..... ۴۶

شکل ۳-۱۸ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون B ، طبقه اول، سناریوی سوم..... ۴۶

شکل ۳-۱۹ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون D ، طبقه اول، سناریوی سوم..... ۴۷

شکل ۳-۲۰ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون E ، طبقه اول، سناریوی سوم..... ۴۷

شکل ۳-۲۱ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون F ، طبقه اول، سناریوی سوم..... ۴۷

شکل ۳-۲۲ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون B ، طبقه پنجم، سناریوی چهارم..... ۴۸

شکل ۳-۲۳ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون C ، طبقه پنجم، سناریوی چهارم..... ۴۸

شکل ۳-۲۴ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون D ، طبقه پنجم، سناریوی چهارم..... ۴۹

شکل ۳-۲۵ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون E ، طبقه پنجم، سناریوی چهارم..... ۴۹

شکل ۳-۲۶ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون F ، طبقه پنجم، سناریوی چهارم..... ۴۹

شکل ۳-۲۷ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون A ، طبقه پنجم، سناریوی پنجم..... ۵۰

شکل ۳-۲۸ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون C ، طبقه پنجم، سناریوی پنجم..... ۵۰

شکل ۳-۲۹ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون D ، طبقه پنجم، سناریوی پنجم..... ۵۱

شکل ۳-۳۰ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون E ، طبقه پنجم، سناریوی پنجم..... ۵۱

شکل ۳-۳۱ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون F ، طبقه پنجم، سناریوی پنجم..... ۵۱

شکل ۳-۳۲ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون A ، طبقه پنجم، سناریوی ششم..... ۵۲

شکل ۳-۳۳ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون B ، طبقه پنجم، سناریوی ششم..... ۵۲

شکل ۳-۳۴ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون D ، طبقه پنجم، سناریوی ششم..... ۵۳

شکل ۳-۳۵ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون E ، طبقه پنجم، سناریوی ششم..... ۵۳

شکل ۳-۳۶ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون F ، طبقه پنجم، سناریوی ششم..... ۵۳

شکل ۳-۳۷ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون B ، طبقه هشتم، سناریوی هفتم..... ٥٤
شکل ۳-۳۸ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون C ، طبقه هشتم، سناریوی هفتم..... ٥٤
شکل ۳-۳۹ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون D ، طبقه هشتم، سناریوی هفتم..... ٥٥
شکل ۳-٤۰ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون E ، طبقه هشتم، سناریوی هفتم..... ٥٥
شکل ۳-٤۱ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون F ، طبقه هشتم، سناریوی هفتم..... ٥٥
شکل ۳-٤۲ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون A ، طبقه هشتم، سناریوی هشتم..... ٥٦
شکل ۳-٤۳ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون C ، طبقه هشتم، سناریوی هشتم..... ٥٦
شکل ۳-٤٤ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون D ، طبقه هشتم، سناریوی هشتم..... ٥٧
شکل ۳-٤٥ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون E ، طبقه هشتم، سناریوی هشتم..... ٥٧
شکل ۳-٤٦ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون F ، طبقه هشتم، سناریوی هشتم..... ٥٧
شکل ۳-٤۷ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون A ، طبقه هشتم، سناریوی نهم..... ٥٨
شکل ۳-٤۸ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون B ، طبقه هشتم، سناریوی نهم..... ٥٨
شکل ۳-٤۹ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون D ، طبقه هشتم، سناریوی نهم..... ٥٩
شکل ۳-٥۰ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون E ، طبقه هشتم، سناریوی نهم..... ٥٩
شکل ۳-٥۱ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون F ، طبقه هشتم، سناریوی نهم..... ٥٩
شکل ۳-٥۲ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون B ، طبقه نهم، سناریوی دهم..... ٦۰
شکل ۳-٥۳ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون C ، طبقه نهم، سناریوی دهم..... ٦۰
شکل ۳-٥٤ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون D ، طبقه نهم، سناریوی دهم..... ٦۱
شکل ۳-٥٥ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون E ، طبقه نهم، سناریوی دهم..... ٦۱
شکل ۳-٥٦ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون F ، طبقه نهم، سناریوی دهم..... ٦۱

عنوان	فهرست اشکال	صفحه

شکل ۵۷-۳ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون A ، طبقه نهم، سناریوی یازدهم..... ۶۲

شکل ۵۸-۳ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون C ، طبقه نهم، سناریوی یازدهم..... ۶۲

شکل ۵۹-۳ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون D ، طبقه نهم، سناریوی یازدهم..... ۶۳

شکل ۶۰-۳ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون E ، طبقه نهم، سناریوی یازدهم..... ۶۳

شکل ۶۱-۳ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون F ، طبقه نهم، سناریوی یازدهم..... ۶۳

شکل ۶۲-۳ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون A ، طبقه نهم، سناریوی دوازدهم..... ۶۴

شکل ۶۳-۳ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون B ، طبقه نهم، سناریوی دوازدهم..... ۶۴

شکل ۶۴-۳ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون D ، طبقه نهم، سناریوی دوازدهم..... ۶۵

شکل ۶۵-۳ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون E ، طبقه نهم، سناریوی دوازدهم..... ۶۵

شکل ۶۶-۳ : تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون F ، طبقه نهم، سناریوی دوازدهم..... ۶۵

شکل ۱-۴ : ضریب تاثیر حذف عضو بر نیروی محوری ستون های طبقه اول، سناریوی اول..... ۷۳

شکل ۲-۴ : ضریب تاثیر حذف عضو بر نیروی محوری ستون های طبقه اول، سناریوی دوم..... ۷۴

شکل ۳-۴ : ضریب تاثیر حذف عضو بر نیروی محوری ستون های طبقه اول، سناریوی سوم..... ۷۴

شکل ۴-۴ : ضریب تاثیر حذف عضو بر نیروی محوری ستون های طبقه پنجم، سناریوی چهارم..... ۷۵

شکل ۵-۴ : ضریب تاثیر حذف عضو بر نیروی محوری ستون های طبقه پنجم، سناریوی پنجم..... ۷۶

شکل ۶-۴ : ضریب تاثیر حذف عضو بر نیروی محوری ستون های طبقه پنجم، سناریوی ششم..... ۷۶

شکل ۷-۴ : ضریب تاثیر حذف عضو بر نیروی محوری ستون های طبقه هشتم، سناریوی هفتم..... ۷۷

شکل ۸-۴ : ضریب تاثیر حذف عضو بر نیروی محوری ستون های طبقه هشتم، سناریوی هشتم..... ۷۸

شکل ۹-۴ : ضریب تاثیر حذف عضو بر نیروی محوری ستون های طبقه هشتم، سناریوی نهم..... ۷۸

شکل ۱۰-۴ : ضریب تاثیر حذف عضو بر نیروی محوری ستون های طبقه نهم، سناریوی دهم..... ۷۹

عنوان	فهرست اشکال	صفحه

شکل ۱۱-٤ : ضریب تاثیر حذف عضو بر نیروی محوری ستون های طبقه نهم، سناریوی یازدهم..... ۸۰

شکل ۱۲-٤ : ضریب تاثیر حذف عضو بر نیروی محوری ستون های طبقه نهم، سناریوی دوازدهم..... ۸۰

عنوان	فهرست جداول	صفحه

جدول۱-۲- معیار پذیرش در تحلیل دینامیکی راهنمای GSA۲۰۰۳..... ۲٤

جدول ۱-۳ مقاطع فولادی طراحی شده برای ساختمان با سیستم قاب خمشی متوسط..... ۳۷

جدول ۲-۳ : حالت های تحلیل خرابی پیشرونده..... ٤۱

جدول ۳-۳- ظرفیت اعضای قاب خمشی کناری طراحی شده..... ٦۹

چکیده

هرگاه یکی از اعضای اصلی و قائم یک سازه گسیخته شود آن سازه مستعد خرابی پیشرونده می باشد. گسیختگی یکی از اعضای اصلی و باربر سازه، منجر به گسیختگی اعضای مجاور گشته و در نهایت سبب خرابی کل سازه و یا قسمتی از آن می گردد. گسیختگی این اعضای قائم اصلی می تواند به وسیله بارهای فوق العاده ای نظیر: زلزله، آتش سوزی، خطای طراحی یا ساخت، ضربه یک اتومبیل در محوطه پارکینگ و غیره، حاصل گردد. راهنماهای مهمی نظیر: راهنماهای مدیریت تعمیرات عمومی و وزارت دفاع آمریکا، اصول طراحی کاربردی و مناسبی را جهت کاهش پتانسیل خرابی پیشرونده در سازه ها ارائه کرده اند. خرابی پیشرونده در مقررات ملی ساختمان ایران، برای ساختمان ها در نظر گرفته نشده است. به علاوه، با در نظر گرفتن این واقعیت که رفتار ساختمان های قاب خمشی فولادی با شکل پذیری متوسط بعد از سناریوهای حذف ستون به طور کامل مورد بررسی قرار نگرفته است، بنابراین این مطلب اساس تحقیق حاضر را تشکیل داده است. هدف از این پایان نامه، بررسی مدل سازه ای ساختمان های قاب خمشی فولادی به وسیله نرم افزار OpenSEES بوده که براساس مباحث شش و ده مقررات ملی ساختمان ایران و استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش سوم طراحی گشته اند. در این مطالعه، جهت ارزیابی پتانسیل مدل ساختمان در برابر خرابی پیشرونده، روش مسیر جایگزین و به دنبال آن تحلیل دینامیکی غیر خطی توصیه شده در آیین نامه وزارت دفاع آمریکا مورد استفاده قرار گرفته است و نتایج با این آیین نامه و نشریه ۳۶۰ مورد مقایسه قرار گرفته اند. موارد مورد بررسی اعم از حذف ستون طبقه اول و ستون های مختلفی از ارتفاع سازه می باشند. بر طبق نتایج حاصل از تحلیل دینامیکی صورت گرفته روی قاب های خمشی فولادی، به غیر از ستون گوشه در طبقه اول و پنجم، دیگر اعضای قاب مقاومت لازم در برابر خرابی پیشرونده را دارا می باشند. در ادامه ضرایب تاثیر حذف ستون و بحرانی ترین محل های حذف تعیین گردیده است. در آخر، ضرایب افزایش بار جدیدی برای طراحی سازه های با سیستم قاب خمشی فولادی پیشنهاد گردیده است.

کلمات کلیدی: خرابی پیشرونده، ساختمان های قاب خمشی فولادی، روش مسیر جایگزین،تحلیل دینامیکی غیرخطی، ضریب افزایش بار

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

خرابی پیشرونده را به صورت گسترش خرابی اولیه از عضوی به عضو دیگر که سرانجام به خرابی تمام سازه یا قسمت بزرگی از آن می انجامد تعریف می کنند [۱]. خطرات احتمالی و بارهای غیر عادی که می تواند موجب خرابی پیشرونده شوند، شامل این موارد می باشند: برخورد هواپیما، خطای طراحی یا ساخت، آتش سوزی، انفجار گازها، اضافه بار تصادفی، برخورد وسایل نقلیه، انفجار بمب ها و غیره[۲]. چون احتمال وقوع این خطرات کم است، در طراحی سازه ای آنها را در نظر نمی گیرند یا با اندازه گیری های غیر مستقیم به بررسی آنها می پردازند. اکثر آنها ویژگی کنش طی مدت زمان نسبتا کوتاه را دارند و به پاسخ های دینامیکی می انجامند[۳].

گرچه عدم تناسب بین علت و معلول ویژگی مشترکی است، اما مکانیسم های گوناگونی وجود دارد که چنین نتیجه ای را به بار می آورند. بنابراین شناسایی انواع مختلف خرابی پیشرونده و تلاش برای طبقه بندی آنها مفید به نظر می رسد. خرابی پیشرونده دارای انواع گوناگونی می باشد، شامل خرابی های پنکیکی[۱]، زیپی[۲]، دومینو[۳]، مقطعی[۴]، ناپایداری[۵] و ترکیبی[۶]. از مولفه های اصلی انواع فوق می توان به خرابی اولیه اعضای قائم حمل بار، جدا شدن جزئی یا کامل و سقوط اعضا، تبدیل انرژی پتانسیل به انرژی جنبشی، توزیع مجدد نیروی تحمل شده توسط این اعضا در باقیمانده سازه، برخورد اعضای سازه ای جدا شده و در حال سقوط به باقیمانده سازه، بارگذاری ضربه ای ناشی از ناگهانی بودن خرابی اولیه، خرابی دیگر اعضای قائم حمل بار به علت بارگذاری ضربه ای، ناپایداری اعضا در فشار که منجر به عدم استحکام می شود و پیشرفت خرابی در جهت قائم اشاره کرد[۴].

[1] Pancake-type collapse
[2] Zipper-type collapse
[3] Domino-type collapse
[4] Section-type collapse
[5] Instability-type collapse
[6] Mixed-type collapse

۱-۲- اهداف و ساختار

با توجه به اینکه بر اساس مقررات ملی ساختمان ایران، بحث خرابی پیشرونده در روند طراحی ساختمان ها مد نظر نبوده و با در نظر داشتن این واقعیت که رفتار ساختمان های قاب های خمشی فولادی پس از دست دادن اعضای سازه ای به طور کامل مورد مطالعه قرار نگرفته است، موضوع فوق اساس تحقیق حاضر را تشکیل داده است.

پیرامون خرابی پیشرونده این نوع از ساختمان ها سوالات متنوعی پیش روی محققین و طراحان قرار داشته است. از آن جمله می توان به موارد ذیل اشاره نمود:

۱- آیا ساختمان های طراحی شده بر اساس مقررات ملی ساختمان ایران از مقاومت کافی در برابر خرابی پیشرونده برخوردار هستند؟

۲- در صورتیکه بخواهیم پتانسیل بروز خرابی پیشرونده را در این نوع از ساختمان ها بررسی نماییم می بایست چه شرایطی را در تحلیل و طراحی در نظر گرفت؟

۳- پس از از دست دادن عضو، نیروهای داخلی اعضا تا چه اندازه به ظرفیت نهایی آنها نزدیک خواهد شد؟

۴- بحرانی ترین محل های از دست دادن اعضای سازه ای در کجا واقعند؟

۵- حالت های خرابی محتمل بر حسب سناریوهای مختلف حذف چگونه خواهد بود؟

با توجه به موارد فوق می توان گفت هدف از انجام این تحقیق بررسی خرابی پیشرونده در ساختمان های قاب های خمشی فولادی می باشد که بر اساس مباحث ششم و دهم از مقررات ملی ساختمان ایران و با در نظر گرفتن الزامات ویرایش سوم آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) طراحی شده اند. به علاوه در این پایان نامه حالت های محتمل خرابی بعد از حذف ناگهانی اعضا و محل های بحرانی حذف اعضا تعیین گردیده است. همچنین با استفاده از نتایج، ضریب بارگذاری اصلاح شده جهت تحلیل استاتیکی این رویداد در مورد قاب های مورد مطالعه ارائه گردیده است.

بدین جهت در این پایان نامه همانطور که ملاحظه می گردد در فصل اول به بیان تعریف خرابی پیشرونده، علل و عوامل ایجاد و انواع آن اشاره گردیده و با توجه به اهمیت موضوع، اهداف و ساختار تحقیق بیان گردیده است.

در فصل دوم ابتدا به تاریخچه خرابی پیشرونده و شرح مختصری از مطالعاتی که بر روی این موضوع از گذشته تا کنون بر روی انواع قاب های ساختمانی صورت گرفته است، بصورت مختصر ارائه گردید. در ادامه به شرح روش های طراحی در برابر خرابی پیشرونده و سیاست های کلی آیین نامه ای برای مقاومت در برابر خرابی پیشرونده بیان گردید. سپس به معرفی و مروری کلی از آیین نامه هایی که در حال حاضر برای طراحی ساختمان ها در برابر خرابی پیشرونده استفاده می شوند و روش های تحلیل و بارگذاری و معیارهای پذیرش مطرح شده در آنها پرداخته شد.

در فصل سوم با ارائه مشخصات هندسی قاب های خمشی فولادی مورد بررسی در این تحقیق، به بیان الزامات طراحی این قاب ها براساس مباحث ششم و دهم از مقررات ملی ساختمان ایران و ویرایش سوم آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) پرداخته شده است و با توجه به این موارد مشخصات مقاطع فولادی قاب ها ارائه گردیده است. در ادامه این فصل روش مدل سازی عددی و فرضیات مرتبط با آن به همراه روش تحلیل خرابی پیشرونده بیان گردیده است. سپس با توجه به سناریوهای حذف ناگهانی اعضای سازه ای، تحلیل های دینامیکی غیرخطی بر روی قاب ها صورت گرفته و پتانسیل بروز خرابی پیشرونده در آنها مشخص گردیده است.

در فصل چهارم با استفاده از نتایج فصل قبل و نتایج تحلیل دینامیکی غیرخطی صورت گرفته روی قاب ها، با محاسبه ضرایب تاثیر اعضا به تعیین ضریب اصلاح بارگذاری جهت تحلیل استاتیکی این رویداد و محل های بحرانی حذف ناگهانی اعضا پرداخته شده است.

در فصل پنجم به جمع بندی نتایج مربوط به بررسی خرابی پیشرونده در ساختمان های با سیستم قاب خمشی پرداخته شده و در انتها نیز با توجه به فرضیات و مطالعه صورت گرفته، پیشنهاداتی جهت انجام تحقیقات آتی در این زمینه ارائه گردیده است.