دانشگاه شمال

دانشکده فنی مهندسی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشته عمران- سازه

عنوان پایان نامه:

ارزیابی خرابی پیش رونده ناشی از حذف بادبند در قابهای مهاربندی شده برون محور فولادی

استاد راهنما:

دکترمرتضی نقی پور

استاد مشاور:

دکترغلامرضا عبدالله زاده

دکترسید محمد سیدپور

نگارش:

بهنام سجودی توسروندانی

زمستان۱۳۹۲

بسم الله الرحمن الرحيم

تشکر و قدردانی

در اینجا لازم می دانم از زحمات استاد راهنمای گرامی جناب آقای دکتر مرتضی نقی پور که در طول بیش از یکسال اینجانب را از راهنمایی های بی دریغ خود بی نصیب نگذاشته سپاس گزاری کنم. از اساتید مشاور محترم، جناب آقای دکترغلامرضا عبدالله زاده و جناب آقای دکتر سید محمد سیدپور نیزکمال سپاس گزاری را دارم.

و از تمام اساتید و دوستانی که مرا در پیشبرد این مجموعه یاری کردند، صمیمانه متشکرم و از ایزد منان توفیق روزافزون ایشان را آرزومندم.

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم پدر و مادری فداکار نصیبم ساخت تا در سایه درخت پر بار وجودشان بیاسایم و از ریشه آنها شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم. والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم چرا که این دو وجود پس از پروردگار مایه هستی ام بوده اند، دستم را گرفتند و به من راه رفتن را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند.آموزگارانی که برایم زندگی، بودن و انسان بودن را معنا کردند حال این برگ سبزی است تحفه درویش تقدیم وجود پاکشان.

چکیده

امنیت سازه همیشه در طراحی پروژه های مهندسی عمران برای مهندسان امری کلیدی بوده است. یکی از مکانیزم هایی که سازه در آن دچار شکست می شود و در سالهای اخیر توجه زیادی به آن شده است مربوط به خرابی پیش رونده است. پدیده خرابی پیش رونده در سازه ها در هنگام زلزله و حتی در یک انفجار نزدیک به سازه به چالشی مهم تبدیل شده است و می تواند مشکلاتی را برای سازه ها به وجود آورد و حتی منجر به ویرانی کل سازه گردد. خرابی پیش رونده را به صورت گسترش خرابی موضعی اولیه از عضوی به عضو دیگر که سرانجام به خرابی تمام سازه و یا قسمت بزرگی از آن می انجامد، تعریف می کنند. در این تحقیق با استفاده از روش مسیر جایگزین و تحلیل دینامیکی غیر خطی به ارزیابی پتانسیل خرابی پیش رونده ناشی از حذف مهاربند در قاب های مهاربندی شده برون محور پرداخته شده است. در ادامه تحقیق به ارزیابی خرابی پیش رونده در قابهای مهاربندی شده برون محور ناشی از حذف ستون، ناشی از حذف همزمان ستون و مهاربند و به ارزیابی خرابی پیش رونده در قابهای خمشی و مقایسه آن با سیستم برون محور نیز پرداخته شده است. همچنین تأثیر پارامترهایی مانند تعداد طبقات، آرایش مهاربندها و نوع اتصال بررسی شده است. برای این منظور سه ساختمان پنج، ده و پانزده طبقه با سیستم قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی، سه ساختمان پنج، ده و پانزده طبقه با سیستم قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های کناری، سه ساختمان پنج، ده و پانزده طبقه با سیستم قاب خمشی و یک ساختمان پنج طبقه با سیستم ترکیبی(دوگانه) قاب خمشی به همراه مهاربند برون محور جهت تحلیل و طراحی در نرم افزار ETABS مدل گردید. سپس یکی از قاب های محیطی هر ساختمان جهت ارزیابی پدیده خرابی پیش رونده در نرم افزار SAP2000 مدل گردید. نتایج بیانگر آنست که با حذف مهاربند، سازه در مقابل خرابی پیش رونده مقاوم است. همچنین مشاهده گردید حذف تک ستون فقط زمانیکه در کنار ستون حذف شده مهاربندی وجود نداشته باشد و حذف همزمان ستون و مهاربند فقط در طبقه آخر سبب ایجاد خرابی پیش رونده در سازه می شود. نتایج نشان داد که با حذف همزمان ستون و مهاربند احتمال رخ دادن خرابی پیش رونده در قاب هایی که دهانه های میانی مهاربندی شده با افزایش ارتفاع افزایش و در قاب هایی که دهانه های کناری مهاربندی شده با افزایش ارتفاع کاهش می یابد. همچنین با مقایسه قاب مهاربندی شده برون محور و قاب خمشی مشاهده شد که قاب مهاربندی شده برون محور در مقابل خرابی پیش رونده بسیار مقاوم تر می باشد. اما سیستم ترکیبی قاب خمشی و مهاربند برون محور در مقابل خرابی پیش رونده در مقایسه با دو سیستم دیگر، سیستمی کاملاً مقاوم می باشد.

کلمات کلیدی: خرابی پیش رونده، تحلیل دینامیکی غیرخطی، مهاربند برون محور، روش مسیرهای جایگزین، قاب خمشی فولادی

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات

۱-۱ مقدمه ۲
۱-۲ هدف و روش انجام تحقیق ۳
۱-۳ نمونه هایی از خرابی پیش رونده ۴
۱-۴ ساختارپایان نامه ۸

فصل دوم: بررسی مبانی خرابی پیش رونده و معرفی مهاربند برون محور

۲-۱ مقدمه ۱۰
۲-۲ بررسی استانداردهای مرتبط با خرابی پیش رونده ۱۱
۲-۲-۱ تعریف خرابی پیش رونده و خرابی موضعی ۱۱
۲-۲-۲ مواردکاربرد ملاحظات مرتبط با خرابی پیش رونده ۱۲
۲-۲-۳ روش های کلی بررسی پدیده خرابی پیش رونده ۱۳
۲-۲-۴ ضوابط اشاره شده در آئین نامه UFC برای بررسی خرابی پیش رونده ۱۵
۲-۲-۴-۱ تحلیل استاتیکی خطی(LSP) ۱۵
۲-۲-۴-۲ تحلیل استاتیکی غیرخطی(NSP) ۱۶
۲-۲-۴-۳ تحلیل دینامیکی غیر خطی(NDP) ۱۶
۲-۳ ملاحظات بهسازی ساختمان ها در برابر خرابی پیش رونده ۱۷
۲-۳-۱ تقویت موضعی برای جلوگیری از آغاز گسیختگی ۱۷
۲-۳-۱-۱ بهبود عناصر آسیب پذیر در برابر تهدیدات مشخص ۱۸
۲-۳-۱-۲ بهسازی عناصرآسیب پذیردربرابرتهدیدات غیرمشخص ۱۸
۲-۳-۱-۳ محدودیت های ناشی از سیستم سازه ای موجود ۱۹
۲-۳-۲ بهبود بازپخش انرژی برای محدود نمودن خرابی موضعی ۱۹
۲-۳-۲-۱ مقاوم سازی موضعی به منظور تامین پاسخ سراسری ۲۰
۲-۳-۲-۲ اضافه نمودن مسیرهای جایگزین انتقال بار ۲۰
۲-۳-۳ روش های بهبود بازپخش انرژی و توزیع مجددبارها ۲۰
۲-۳-۳-۱ عملکرددوطرفه ۲۰
۲-۳-۳-۲ خرپاهای ثانویه ۲۱

۲-۳-۳-۳ ایجادطبقات محکم در ساختمان ۲۱
۲-۳-۴ ارزیابی سیستم های سازه ای موجود ۲۱
۲-۳-۴-۱ مرور اسناد ۲۱
۲-۳-۴-۲ بررسی نحوه ساخت ۲۲
۲-۳-۴-۳ مطالعه مصالح ۲۲
۲-۳-۴-۴ ارزیابی ظرفیت موجودسیستم های سازه ای ۲۳
۲-۴ تاریخچه تحقیق ۲۳
۲-۵ خطرپذیری سازه ها ۳۰
۲-۶ شرایط طراحی برای ساختمان های موجود و ساختمان های جدید ۳۲
۲-۷ انتخاب ستون و یا دیوارهایی که باید حذف شوند ۳۳
۲-۸ روندبارگذاری در تحلیل دینامیکی غیرخطی ۳۴
۲-۹ معیارهای خرابی در اعضا ۳۵
۲-۱۰ مفهوم سطوح عملکرد ۳۶
۲-۱۰-۱ سطوح عملکرد سازه ای ۳۶
۲-۱۰-۲ سطوح عملکرد غیر سازه ای ۳۶
۲-۱۱ معرفی مهاربند برون محور ۳۷
۲-۱۱-۱ خصوصیات مهاربندهای برون محور ۳۸
۲-۱۱-۲ کنترل شکل پذیری تیرپیوند در مهاربند های برون محور ۳۸

فصل سوم: مشخصات مدل های سازه ای مورد بررسی

۳-۱ مقدمه ۴۰
۳-۲ هندسه و بارگذاری سازه ۴۰
۳-۳ فرضیات تحلیل و طراحی ۴۲
۳-۴ مقاطع مورد استفاده برای مدل ها ۴۲
۳-۵ حالات حذف عضو ۴۳

فصل چهارم: ارزیابی خرابی پیش رونده در قاب های مهاربندی شده برون محور فولادی

۴-۱ مقدمه ۴۷

۴-۲ بررسی پاسخ سیستم نسبت به تحلیل دینامیکی غیر خطی ۴۷

۴-۲-۱ تحلیل دینامیکی غیرخطی مدل ۵ طبقه(قاب ساختمانی ساده

و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) ۴۸

۴-۲-۲ تحلیل دینامیکی غیرخطی مدل ۱۰ طبقه(قاب ساختمانی ساده

و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) ۵۴

۴-۲-۳ تحلیل دینامیکی غیرخطی مدل ۱۵طبقه(قاب ساختمانی ساده

و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) ۶۰

۴-۲-۴ تحلیل دینامیکی غیرخطی مدل ۵ طبقه(قاب ساختمانی ساده

و قرارگیری مهاربند در دهانه های کناری) ۶۶

۴-۲-۵ تحلیل دینامیکی غیرخطی مدل ۱۰ طبقه(قاب ساختمانی ساده

و قرارگیری مهاربند در دهانه های کناری) ۷۲

۴-۲-۶ تحلیل دینامیکی غیرخطی مدل ۱۵ طبقه(قاب ساختمانی ساده

و قرارگیری مهاربند در دهانه های کناری) ۷۸

۴-۲-۷ تحلیل دینامیکی غیرخطی مدل ۵ طبقه با سیستم دوگانه(اتصالات خمشی

و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) ۸۴

فصل پنجم: ارزیابی خرابی پیش رونده در قاب های خمشی و مقایسه آن با سیستم قاب مهاربندی شده برون محور

۵-۱ مقدمه ۹۲

۵-۲ بررسی پاسخ سیستم نسبت به تحلیل دینامیکی غیرخطی ۹۲

۵-۲-۱ تحلیل دینامیکی غیرخطی قاب خمشی ۵ طبقه ۹۳

۵-۲-۲ تحلیل دینامیکی غیرخطی قاب خمشی ۱۰ طبقه ۹۶

۵-۲-۳ تحلیل دینامیکی غیرخطی قاب خمشی ۱۵ طبقه ۹۹

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۶-۱ نتیجه گیری ۱۰۴

۶-۲ پیشنهادات ۱۰۶

مراجع ۱۰۷

فهرست جداول

جدول ۲-۱ مقایسه وزن اسکلت سازه در مدل آقای مین لیو ۲۷

جدول۲-۲ درجه اهمیت سازه ها در بحث خرابی پیش رونده ۳۱

جدول ۲-۳ شرایط طراحی برای ساختمانهای موجود و ساختمانهای جدید..... ۳۲

جدول ۳-۱ مقاطع مورد استفاده برای مدل سازی در SAP2000..... ۴۳

جدول ۳-۲ سناریوهای حذف درنظرگرفته شده برای مدل ها در حالت حذف مهاربند(قاب ساختمانی ساده و سیستم دوگانه)..... ۴۴

جدول۳-۳ سناریوهای حذف درنظرگرفته شده برای مدل های قاب خمشی ۴۴

جدول۳-۴ سناریوهای حذف در نظرگرفته شده برای مدل ها در حالت حذف ستون و حذف همزمان ستون و مهاربند (قاب ساختمانی ساده و سیستم دوگانه- قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی)..... ۴۴

جدول۳-۵ سناریوهای حذف در نظرگرفته شده برای مدل ها در حالت حذف ستون و حذف همزمان ستون و مهاربند (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربنددردهانه های کناری) ۴۵

جدول۴-۱ مقادیر DCR درحالت حذف مهاربند درمدل ۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) ۴۸

جدول ۴-۲ جابجایی ماکزیمم گره بالای محل حذف عضودرحالت حذف مهاربند در مدل ۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) ۴۹

جدول ۴-۳ مقادیر DCR درحالت حذف ستون و حذف همزمان ستون ومهاربنددرمدل ۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) ۵۰

جدول ۴-۴ تعداد مفاصل پلاستیک تشکیل شده درتیرهای پیونددرحالت حذف ستون وحذف همزمان ستون و مهاربند درمدل ۵ طبقه(قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) ۵۱

جدول ۴-۵ جابجایی ماکزیمم گره بالای محل حذف عضو در حالت حذف ستون و حذف همزمان ستون و مهاربند در مدل ۵ طبقه(قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) ۵۳

جدول۴-۶ مقادیر DCR درحالت حذف مهاربند درمدل۱۰طبقه(قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند دردهانه های میانی) ۵۴

جدول ۴-۷ جابجایی ماکزیمم گره بالای محل حذف عضو در حالت حذف مهاربند در مدل ۱۰ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) ۵۵

جدول ۴-۸ مقادیر DCR درحالت حذف ستون و حذف همزمان ستون ومهاربند درمدل۱۰طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) ۵۶

جدول ۴-۹تعداد مفاصل پلاستیک تشکیل شده درتیرهای پیوند درحالت حذف ستون و حذف همزمان ستون و مهاربند در مدل ۱۰ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) ۵۷
جدول ۴-۱۰ جابجایی ماکزیمم گره بالای محل حذف عضو در حالت حذف ستون و حذف همزمان ستون و مهاربند درمدل۱۰طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) ۵۹
جدول۴-۱۱ مقادیرDCR درحالت حذف مهاربند درمدل ۱۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) ۶۰
جدول ۴-۱۲ جابجایی ماکزیمم گره بالای محل حذف عضودرحالت حذف مهاربند درمدل ۱۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) ۶۱
جدول ۴-۱۳ مقادیرDCR درحالت حذف ستون و حذف همزمان ستون و مهاربند درمدل ۱۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) ۶۲
جدول ۴-۱۴ تعداد مفاصل پلاستیک تشکیل شده درتیرهای پیوند درحالت حذف ستون و حذف همزمان ستون ومهاربند در مدل ۱۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) ۶۳
جدول ۴-۱۵ جابجایی ماکزیمم گره بالای محل حذف عضو در حالت حذف ستون و حذف همزمان ستون و مهاربند درمدل ۱۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) ۶۵
جدول۴-۱۶ مقادیرDCR درحالت حذف مهاربند درمدل ۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های کناری) ۶۶
جدول ۴-۱۷ جابجایی ماکزیمم گره بالای محل حذف عضو در حالت حذف مهاربند در مدل ۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های کناری) ۶۷
جدول ۴-۱۸ مقادیرDCR درحالت حذف ستون و حذف همزمان ستون و مهاربند درمدل ۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های کناری) ۶۸
جدول ۴-۱۹ تعداد مفاصل پلاستیک تشکیل شده در تیرهای پیوند در حالت حذف ستون و حذف همزمان ستون و مهاربند در مدل ۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های کناری) ۶۹
جدول ۴-۲۰ جابجایی ماکزیمم گره بالای محل حذف عضو در حالت حذف ستون و حذف همزمان ستون و مهاربند در مدل ۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های کناری) ۷۱
جدول۴-۲۱ مقادیرDCR درحالت حذف مهاربند درمدل ۱۰ طبقه(قاب ساختمانی ساده وقرارگیری مهاربند در دهانه های کناری) ۷۲
جدول ۴-۲۲ جابجایی ماکزیمم گره بالای محل حذف عضو درحالت حذف مهاربند درمدل۱۰طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های کناری) ۷۳
جدول ۴-۲۳ مقادیرDCR درحالت حذف ستون و حذف همزمان ستون و مهاربند درمدل ۱۰ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های کناری) ۷۴
جدول ۴-۲۴ تعداد مفاصل پلاستیک تشکیل شده درتیرهای پیوند در حالت حذف ستون و حذف همزمان ستون و مهاربند در مدل ۱۰ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های کناری) ۷۵

جدول ۴-۲۵ جابجایی ماکزیمم گره بالای محل حذف عضو در حالت حذف ستون و حذف همزمان ستون و مهاربند در مدل ۱۰طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های کناری) ۷۷
جدول۴-۲۶ مقادیر DCR درحالت حذف مهاربند درمدل ۱۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های کناری) ۷۸
جدول ۴-۲۷ جابجایی ماکزیمم گره بالای محل حذف عضو در حالت حذف مهاربند در مدل ۱۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده وقرارگیری مهاربند در دهانه های کناری) ۷۹
جدول ۴-۲۸ مقادیر DCR درحالت حذف ستون و حذف همزمان ستون و مهاربند در مدل ۱۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های کناری) ۸۰
جدول ۴-۲۹ تعداد مفاصل پلاستیک تشکیل شده درتیرهای پیوند درحالت حذف ستون و حذف همزمان ستون و مهاربند در مدل ۱۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده وقرارگیری مهاربند در دهانه های کناری) ۸۱
جدول ۴-۳۰ جابجایی ماکزیمم گره بالای محل حذف عضو در حالت حذف ستون و حذف همزمان ستون و مهاربند در مدل ۱۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های کناری) ۸۳
جدول۴-۳۱ مقادیر DCR درحالت حذف مهاربند درمدل ۵ طبقه با سیستم دوگانه (اتصالات خمشی و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) ۸۴
جدول ۴-۳۲ جابجایی ماکزیمم گره بالای محل حذف عضو درحالت حذف مهاربند درمدل ۵ طبقه با سیستم دوگانه (اتصالات خمشی و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) ۸۵
جدول ۴-۳۳ مقادیر DCR درحالت حذف ستون و حذف همزمان ستون و مهاربند درمدل ۵ طبقه با سیستم دوگانه (اتصالات خمشی و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) ۸۶
جدول ۴-۳۴ تعداد مفاصل پلاستیک تشکیل شده درتیرهای پیوند در حالت حذف ستون و حذف همزمان ستون ومهاربند در مدل ۵ طبقه با سیستم دوگانه (اتصالات خمشی و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) .. ۸۷
جدول ۴-۳۵ جابجایی ماکزیمم گره بالای محل حذف عضو در حالت حذف ستون و حذف همزمان ستون و مهاربند درمدل ۵ طبقه با سیستم دوگانه (اتصالات خمشی و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) ۸۹
جدول ۵-۱ تعداد مفاصل پلاستیک تشکیل شده در قاب خمشی ۵ طبقه ۹۴
جدول ۵-۲ جابجایی ماکزیمم گره بالای محل حذف عضو در قاب خمشی ۵ طبقه ۹۵
جدول ۵-۳ تعداد مفاصل پلاستیک تشکیل شده در قاب خمشی ۱۰ طبقه ۹۷
جدول ۵-۴ جابجایی ماکزیمم گره بالای محل حذف عضو در قاب خمشی ۱۰ طبقه ۹۸
جدول ۵-۵ تعداد مفاصل پلاستیک تشکیل شده در قاب خمشی۱۵ طبقه ۱۰۰
جدول ۵-۶ جابجایی ماکزیمم گره بالای محل حذف عضو در قاب خمشی ۱۵ طبقه ۱۰۲
جدول۶-۱ درصدخرابی درهریک از مدل های مورد بررسی ۱۰۵

فهرست اشکال

شکل۱-۱ ساختمان رونن پوینت ۲
شکل۱-۲ ساختمان رونن پوینت ۴
شکل۱-۳ ساختمان تجاری اسکای لاین پلازا ۵
شکل ۱-۴ ساختمان مورافدرال ۵
شکل۱-۵ برج های دوقلوی تجاری،آمریکا ۶
شکل۱-۶ ساختمان بنکر تراست ۷
شکل ۱-۷ برج کبار ۷
شکل۲-۱ مدل های مورد بررسی توسط آقایان جینکو کیم و تائیوان کیم ۲۴
شکل۲-۲ مدل های مورد بررسی توسط جاهوک و دونگ کوک ۲۵
شکل ۲-۳ مدل مورد بررسی توسط مین لیو ۲۶
شکل ۲-۴ مدل مورد بررسی توسط روپا پوراسینقه و همکارانش ۲۸
شکل ۲-۵ مدل مورد بررسی توسط دکتر سید رسول میرقادری و خانم فرانک رحیمی ۲۹
شکل۲-۶ الف)وضعیت تنش هنگام اعمال ٪۲۵ تغییر مکان هدف ب)وضعیت تنش هنگام اعمال ٪۱۰۰
تغییرمکان هدف ۳۰
شکل۲-۷ تعدادی از محل های حذف ستون ۳۳
شکل۲-۸ نحوه اعمال و حذف بارعضو در تحلیل دینامیکی غیرخطی ۳۴
شکل۲-۹ نحوه اعمال بارهای ثقلی و جانبی در تحلیل دینامیکی غیرخطی ۳۴
شکل۲-۱۰ نمونه هایی از قاب مهاربندی برون محور، الف)نوع V شکل، ب)نوع Vشکل بریده،
ج) نوع D شکل ۳۷
شکل۳-۱ پلان مدل های ۵، ۱۰ و۱۵طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی)
و مدل ۵ طبقه (سیستم دوگانه) ۴۱
شکل۳-۲ پلان مدل های ۵، ۱۰ و ۱۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربنددردهانه های کناری) ... ۴۱
شکل۳-۳ پلان مدل های ۵، ۱۰ و ۱۵ طبقه قاب خمشی ۴۲
شکل۴-۱ تاریخچه جابجایی گره بالای مهاربند A_1 طبقه سوم در مدل ۵ طبقه(قاب ساختمانی ساده
و قرارگیری مهاربند دردهانه های کناری) ۴۹
شکل۴-۲ مفاصل پلاستیک تشکیل شده در حالت حذف ستون C_2 و C_3 طبقه اول در مدل ۵ طبقه (قاب
ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) ۵۱

شکل۴-۳ تاریخچه جابجایی گره بالای ستون C_1 طبقه اول در مدل ۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند دردهانه های میانی) ۵۲
شکل۴-۴ تاریخچه جابجایی گره بالای ستون C_2 طبقه اول در مدل ۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربنددردهانه های میانی) ۵۲
شکل۴-۵ تاریخچه جابجایی گره بالای مهاربند A_1 طبقه پنجم درمدل ۱۰ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربنددردهانه های میانی) ۵۵
شکل۴-۶ مفاصل پلاستیک تشکیل شده در حالت حذف ستون C_2 و مهاربند A_1 طبقه دهم در مدل ۱۰ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) ۵۷
شکل۴-۷ تاریخچه جابجایی گره بالای ستون C_2 طبقه اول در مدل ۱۰ طبقه (قاب ساختمانی ساده وقرارگیری مهاربند دردهانه های میانی) ۵۸
شکل۴-۸ تاریخچه جابجایی گره بالای ستون C_3 طبقه دهم در مدل ۱۰ طبقه (قاب ساختمانی ساده وقرارگیری مهاربنددردهانه های میانی) ۵۸
شکل۴-۹ تاریخچه جابجایی گره بالای مهاربند A_2 طبقه هشتم در مدل ۱۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربنددردهانه های میانی) ۶۱
شکل۴-۱۰ مفاصل پلاستیک تشکیل شده در حالت حذف ستون C_2 و C_3 طبقه هشتم در مدل ۱۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) ۶۳
شکل۴-۱۱ تاریخچه جابجایی گره بالای ستون C_2 طبقه هشتم در مدل ۱۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربنددردهانه های میانی) ۶۴
شکل۴-۱۲ تاریخچه جابجایی گره بالای ستون C_3 طبقه اول در مدل ۱۵ طبقه(قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربنددردهانه های میانی) ۶۴
شکل۴-۱۳ تاریخچه جابجایی گره بالای مهاربند A_1 طبقه اول در مدل ۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربنددردهانه های کناری) ۶۷
شکل۴-۱۴ مفاصل پلاستیک تشکیل شده در حالت حذف ستون C_1 و C_2 طبقه اول در مدل ۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی) ۶۹
شکل۴-۱۵ تاریخچه جابجایی گره بالای ستون C_1 طبقه اول در مدل ۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربنددردهانه های کناری) ۷۰
شکل۴-۱۶ تاریخچه جابجایی گره بالای ستون C_2 طبقه سوم در مدل ۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربنددردهانه های کناری) ۷۰
شکل ۴-۱۷ تاریخچه جابجایی گره بالای مهاربند A_1 طبقه پنجم در مدل ۱۰ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربنددردهانه های کناری) ۷۳
شکل۴-۱۸ مفاصل پلاستیک تشکیل شده در حالت حذف ستون C_1 و C_2 طبقه اول در مدل ۱۰ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های کناری) ۷۵

شکل۴-۱۹ تاریخچه جابجایی گره بالای ستون C_2 طبقه پنجم در مدل ۱۰ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربنددردهانه های کناری) ۷۶
شکل ۴-۲۰ تاریخچه جابجایی گره بالای ستون C_1 طبقه دهم در مدل ۱۰ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربنددردهانه های کناری) ۷۶
شکل۴-۲۱ تاریخچه جابجایی گره بالای مهاربند A_2 طبقه هشتم در مدل ۱۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربنددردهانه های کناری) ۷۹
شکل۴-۲۲ مفاصل پلاستیک تشکیل شده در حالت حذف ستون C_1 و C_2 طبقه هشتم در مدل ۱۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربند در دهانه های کناری) ۸۱
شکل۴-۲۳تاریخچه جابجایی گره بالای ستون C_2 طبقه اول در مدل ۱۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربنددردهانه های کناری) ۸۲
شکل۴-۲۴ تاریخچه جابجایی گره بالای ستون C_3 طبقه پانزدهم در مدل ۱۵ طبقه (قاب ساختمانی ساده و قرارگیری مهاربنددردهانه های کناری) ۸۲
شکل۴-۲۵ تاریخچه جابجایی گره بالای مهاربند A_2 طبقه اول در مدل ۵ طبقه با سیستم دوگانه (اتصالات خمشی- قرارگیری مهاربنددردهانه های میانی) ۸۵
شکل۴-۲۶ مفاصل پلاستیک تشکیل شده در حالت حذف ستون C_2 و C_3 طبقه اول در مدل ۵ طبقه با سیستم دوگانه (اتصالات خمشی و قرارگیری مهاربند در دهانه های میانی)..... ۸۶
شکل۴-۲۷ تاریخچه جابجایی گره بالای ستون C_1 طبقه اول در مدل ۵ طبقه با سیستم دوگانه (اتصالات خمشی و قرارگیری مهاربنددردهانه های میانی) ۸۸
شکل۴-۲۸ تاریخچه جابجایی گره بالای ستون C_2 طبقه سوم در مدل ۵ طبقه با سیستم دوگانه (اتصالات خمشی و قرارگیری مهاربنددردهانه های میانی) ۸۸
شکل۵-۱ مفاصل پلاستیک تشکیل شده در حالت حذف ستون C_1 طبقه اول در مدل ۵ طبقه قاب خمشی ۹۳
شکل۵-۲ مفاصل پلاستیک تشکیل شده در حالت حذف ستون C_2 طبقه اول در مدل ۵ طبقه قاب خمشی ۹۳
شکل۵-۳ تاریخچه جابجایی گره بالای ستون C_1 طبقه اول در مدل ۵ طبقه قاب خمشی ۹۴
شکل۵-۴ تاریخچه جابجایی گره بالای ستون C_2 طبقه سوم در مدل ۵ طبقه قاب خمشی ۹۵
شکل۵-۵ مفاصل پلاستیک تشکیل شده در حالت حذف ستون C_1 طبقه اول در مدل ۱۰ طبقه قاب خمشی ۹۶
شکل۵-۶ مفاصل پلاستیک تشکیل شده در حالت حذف ستون C_2 طبقه پنجم در مدل ۱۰ طبقه قاب خمشی ۹۶
شکل۵-۷ تاریخچه جابجایی گره بالای ستون C_2 طبقه اول در مدل ۱۰ طبقه قاب خمشی ۹۷
شکل۵-۸ تاریخچه جابجایی گره بالای ستون C_3 طبقه پنجم در مدل ۱۰ طبقه قاب خمشی ۹۸
شکل۵-۹ مفاصل پلاستیک تشکیل شده در حالت حذف ستون C_2 طبقه اول در مدل ۱۵ طبقه قاب خمشی ۹۹

شکل۵-۱۰ مفاصل پلاستیک تشکیل شده در حالت حذف ستون C_3 طبقه اول
در مدل ۱۵ طبقه قاب خمشی ۱۰۰
شکل۵-۱۱ تاریخچه جابجایی گره بالای ستون C_2 طبقه هشتم در مدل ۱۵ طبقه قاب خمشی..... ۱۰۱
شکل۵-۱۲تاریخچه جابجایی گره بالای ستون C_3 طبقه هشتم در مدل ۱۵ طبقه قاب خمشی..... ۱۰۱

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

وقوع خرابی پیش رونده در سازه ها در هنگام زلزله و حتی در یک انفجار نزدیک به سازه به چالشی مهم تبدیل شده است. خرابی پیش رونده وضعیتی است که در آن بروز یک خرابی موضعی در یک عضو سازه ای منجر به شکست اعضای مجاور آن و فروریزش اضافی در ساختمان می گردد.

به طورکلی ساختمان ها برای شرایط بارگذاری با احتساب انفجارهای گاز، انفجار های بمب، برخوردهای وسایل نقلیه، تصادم های هواپیما، طوفان،گردباد و از این قبیل بارها طراحی نمی شوند. از اینرو زمانی که ساختمان ها در معرض چنین بارهای غیر معمولی قرار می گیرند، ممکن است متحمل آسیب های بزرگی شوند. بلافاصله بعد از ویرانی مشهور ساختمان آپارتمانی رونن پوینت (شکل۱-۱) دستورالعمل های ساختمانی بریتانیا لازم دانست که ساختمان ها باید طوری طراحی شوند که بتوانند خرابی موضعی را با یکپارچه کردن اعضای سازه ای، بهبود بازپخش انرژی و توزیع مجدد بارها (با ایجاد مسیرهای جایگزین انتقال بار) محدود نموده و در مقابله با بارهای غیر معمول مقاومت کنند. این احتیاجات به منظور ساخت سازه های مقاوم در برابر خرابی پیش رونده، مورد توجه قرار می گیرند که سازه هایی شکل پذیر و با توانایی بازپخش بارهای مختلف می باشند[۱].

شکل ۱-۱ ساختمان رونن پوینت[۲]

پدیده خرابی پیش رونده را می توان با روش های تحلیلی متنوعی که از آنالیزهای بسیار ساده تا آنالیزهای بسیار پیچیده را شامل می شوند، مورد بررسی قرار داد که عموماً این تحلیل ها با به کارگیری نرم افزار های اجزاء محدود رایجی مانند SAP2000 که قابلیت کاملی برای در نظر گرفتن خواص دینامیکی و غیر خطی دارد قابل انجام است. واضح است که پدیده خرابی پیش رونده، به دلیل وقوع آن در یک بازه زمانی بسیار کوتاه و تحمیل شدن تغییر شکل های غیر خطی به المان ها پیش از گسیختگی، یک پدیده دینامیکی و غیر خطی می باشد.

۱-۲- هدف و روش انجام تحقیق

بعد از وقوع حملات تروریستی، خصوصاً در برج های دوقلوی تجارت جهانی، مسئله ارزیابی و بررسی پتانسیل وقوع خرابی پیش رونده در سازه های با اهمیت به یکی از محورهای تحقیقاتی تبدیل شده است. این پدیده همچنین می تواند برای سازه های طراحی شده بر اساس آئین نامه های جاری، حین رخداد زلزله های شدید مشکلاتی را به وجود آورد و حتی منجر به ویرانی کل سازه گردد. به عبارت دیگر، هرگونه ضعف در طراحی و یا اجرای المان های سازه ای ممکن است باعث به وجود آمدن پدیده خرابی پیش رونده در سازه ها حین بارگذاری انفجار و یا لرزه ای گردد. لذا مطالعه و بررسی تأثیر این پدیده در سازه ها ضروری به نظر می رسد.

در این پایان نامه روش های مختلف آیین نامه های معتبر جاری در زمینه خرابی پیش رونده مورد ارزیابی قرار گرفته و دستورالعمل های مربوط به کاهش خرابی مورد توجه قرار می گیرد. همچنین با استفاده از تحلیل دینامیکی غیر خطی عملکرد قاب مهاربندی شده برون محور فولادی را که بر اساس آئین نامه های رایج کشور طراحی شده است در برابر خرابی پیش رونده که به دلیل از بین رفتن برخی از اعضای اصلی سازه (ستونها و مهاربندها) به وجود آمده مطابق ضوابط آیین نامه های مربوطه مورد ارزیابی قرار می گیرد سپس عملکردشان در برابر خرابی پیش رونده با سیستم قاب خمشی مقایسه می گردد.

به منظور برآورده شدن اهداف مطرح شده، ساختمانهای ۵، ۱۰و ۱۵ طبقه بر اساس مقررات ملی ساختمان ایران شامل مباحث ششم و دهم که مربوط به بارهای وارد برساختمان و طرح و اجرای ساختمان های فولادی می باشد در نرم افزارETABS طراحی گردید در این طراحی ملاحظات لرزه ای آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (استاندارد۲۸۰۰) در نظر گرفته شد. سپس با توجه به مقاطع فولادی مربوط به تیرها، ستونها و مهاربندی ها، قاب ساختمانی مورد نظر جهت بررسی نیروهای ایجاد شده در اعضای قاب، تغییر مکان گره ها و وضعیت مفاصل پلاستیک به روش تحلیل دینامیکی غیرخطی(تاریخچه زمانی) در نرم افزار SAP2000 مدل گردیده است. سپس با توجه به بارهای وارده و مدل اعمال آنها به سازه و همچنین براساس روش مسیر جایگزین و حذف ناگهانی ستونها و مهاربند ها، پاسخ دینامیکی سیستم تعیین گردیده است.

۱-۳- نمونه هایی از خرابی پیش رونده

شکل۱-۲ ساختمان رونن پوینت[۲]

ساختمان آپارتمان رونن پوینت[1]، شکل ۱-۲، انگلستان، لندن، سال۱۹۶۸، آپارتمان مذکور یک ساختمان ۲۲ طبقه ساخته شده از پانل های پیش ساخته از کف و دیوار باربر غیر مسلح بود. در سال ۱۹۶۸، انفجار گاز در نزدیکی یکی از گوشه های ساختمان در طبقه ۱۸ رخ داد. این انفجار دیوار غیرباربر جلویی و دیوار باربر کناری را منفجرکرد و بنابراین تکیه گاه طبقات بالا را از بین برد. عدم پیوستگی بین اجزاء سازه ای و نبود مسیر فرعی حمل بار منجر به گسیختگی همه طبقات بالا و پایین گردید. این یک نمونه از خرابی پیش رونده است که از دست دادن عضو باربر منجر به خرابی کلی سازه گردید.

1- Ronan point

شکل ۱-۳ ساختمان تجاری اسکای لاین پلازا[۲]

ساختمان تجاری اسکای لاین پلازا[1]، شکل ۱-۳، سال ۱۹۷۳،که به هنگام بتن ریزی در طبقه ۲۴، یک خرابی پیش رونده در کل ارتفاع برج رخ می دهد و هم چنین در اثر ضربه های مخروبه ها، خرابی پیش رونده افقی در کل گاراژ پارکینگ کنار برج اتفاق می افتد.

شکل ۱-۴ ساختمان مورا فدرال[۲]

ساختمان مورا فدرال[2]، شکل۱-۴، شهر اوکلاهاما، سال۱۹۹۵

ضلع شمالی این ساختمان ۹ طبقه بتن مسلح، دراثرانفجاربمب معادل ۴۰۰۰ پوندTNT، شاهتیر انتقالی در طبقه سوم نتوانست بازپخش بارعمودی را تحمل کند و سرانجام باعث رخ دادن این فروپاشی شد.

1- Sky line plaza
2- Murrah Federal