دانشکده مهندسی عمران

ارزیابی و ارائه روابط پیشنهادی برای تخمین پتانسیل خرابی پیش رونده در قابهای فولادی

رساله برای دریافت درجه دکتری

در رشته مهندسی عمران گرایش سازه

دانشجو

فرشاد مهرابی

اساتید راهنما:

علی خیرالدین (استاد دانشکده مهندسی عمران-دانشگاه سمنان)

محسن گرامی (استادیار دانشکده مهندسی عمران-دانشگاه سمنان)

مهرماه ۱۳۹۱

دانشکده مهندسی عمران

ارزیابی و ارائه روابط پیشنهادی برای تخمین پتانسیل خرابی پیش رونده در قابهای فولادی

رساله برای دریافت درجه دکتری

در رشته مهندسی عمران گرایش سازه

دانشجو

فرشاد مهرابی

اساتید راهنما:

علی خیرالدین (استاد دانشکده مهندسی عمران-دانشگاه سمنان)

محسن گرامی (استادیار دانشکده مهندسی عمران-دانشگاه سمنان)

مهرماه ۱۳۹۱

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه سمنان

دانشکده مهندسی عمران

اینجانب فرشاد مهرابی متعهد می شوم که محتوای علمی این نوشتار با عنوان " **ارزیابی و ارائه روابط پیشنهادی برای تخمین پتانسیل خرابی پیش رونده در قابهای فولادی** " که به عنوان رساله دکتری رشته مهندسی عمران گرایش سازه به دانشگاه ارائه شده است، دارای اصالت پژوهشی بوده و حاصل فعالیت های علمی اینجانب می باشد.

در صورتی که خلاف ادعای فوق در هر زمانی محرز شود، کلیه حقوق معنوی متعلق به این پایان نامه از اینجانب سلب شده و موارد قانونی مترتب به آن نیز از طرف مراجع قابل پیگیری است.

نام و نام خانوادگی: فرشاد مهرابی

شماره دانشجویی:۸۶۲۱۱۴۵۰۰۱

امضاء

مجوز بهره‌برداری از پایان‌نامه

بهره‌برداری از این پایان‌نامه در چهارچوب مقررات کتابخانه و با توجه به محدودیتی که توسط استاد راهنما به شرح زیر تعیین می‌شود، بلامانع است:

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه برای همگان با ذکر مرجع بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه با اخذ مجوز از استاد راهنما با ذکر مرجع بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه تا تاریخ ..... ممنوع است.

نام استاد یا اساتید راهنما:

تاریخ:

امضاء:

تقدیم به:

روح پاک پدرم که عالمانه به من آموخت تا چگونه در عرصه زندگی، ایستادگی را تجربه نمایم. ای پدر از تو هر چه میگویم باز هم کم می آورم خورشیدی شدی و از روشنایی ات جان گرفتم و در ناامیدی ها نازم را کشیدی و لبریزم کردی از شوق.

و به:

مادرم، دریای بی کران فداکاری و عشق که وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه مهر.

و به:

همسرم، اسطوره زندگیم، پناه خستگیم و امید بودنم .

و به:

پدر و مادر همسرم، به پاس همدلی و همراهی و همگامی ایشان.

تشکر و قدردانی:

به مصداق «من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق » بسی شایسته است از استاتید فرهیخته و فرزانه جناب آقایان پرفسور علی خیرالدین و دکتر محسن گرامی که با کرامتی چون خورشید ، سرزمین دل را روشنی بخشیدند و گلشن سرای علم و دانش را با راهنمایی های کار ساز و سازنده بارور ساختند. تقدیر و تشکرنمایم.

شما که روشنایی بخش تاریکی جان هستید و ظلمت اندیشه را نور می بخشید. چگونه سپاس گویم مهربانی و لطف شما را که سرشار از عشق و یقین است. چگونه سپاس گویم تأثیر علم آموزی شما را که چراغ روشن هدایت را بر کلبه ی محقر وجودم فروزان ساخته است. آری در مقابل این همه عظمت و شکوه شما مرا نه توان سپاس است و نه کلام وصف.

چکیده

در علم ساختمان به واقعه ای که، در آن یک خرابی اولیه در یک یا چند عضو از سازه باعث خرابی اعضای مجاور آنها و گسترش خرابی، و مواردی(در صورت به تعادل نرسیدن سیستم) منجر به خرابی کلی سازه میگردد خرابی پیش رونده گویند. در این رساله ضمن بحث پیرامون این نوع واقعه و مسائل مرتبط با آن روشی ساده برای بررسی آن ارائه شده است.

علیرغم وارد شدن این بحث در آیین نامه ها و حتی داشتن آیین نامه خاص، اما هنوز مسائل بسیاری در این خصوص است که نیاز به بررسی و شناخت دقیق تری دارند. به عنوان مثال در مورد ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله، با توجه به سیستمهای مختلف مهاربندی مورد استفاده در آنها، نیاز یا عدم نیاز به کنترل پتانسیل خرابی پیش رونده در این گونه سازه ها مسئله ای است که احتیاج به بررسی و مطالعه دارد. چرا که این سوالی است که، در خیلی از نوشته های قبلی در این خصوص، مطرح شده است، و جوابهای متفاوتی، به آن داده شده است. بدین لحاظ در این رساله روی ۴۲ مدل سازه ای با سیستم های مختلف لرزه ایِ که براساس آیین نامه ایران طرح شده اند، پتانسیل خرابی پیش رونده بررسی گردید و نتایج نشان داد که، در این سازه ها علیرغم داشتن ضوابط طرح لرزه ای، احتمال وقوع خرابی پیش رونده، وجود دارد. ولیکن وسعت خرابی ها در سازه های مختلف متفاوت و متاثر از سیستم سازه ای آنها و همچنین موضع وقوع حادثه میباشد.

به علاوه در این رساله مقدار ضریب افزایش بار دینامیکی(ضریب ضربه) که برای لحاظ اثرات دینامیکی بار در تحلیلهای استاتیکی در آیین نامه های خرابی پیش رونده پیشنهاد شده است مورد بحث و بررسی قرار گرفته و با استفاده از مفهوم شکل پذیری و تعادل دینامیکی در کنار بکارگیری روش انرژی یک روش ساده برای محاسبه ضریب اضافه بار، ارائه میشود که پس از اثبات صحت روش پیشنهادی، نتایج نشان از کوچکتر بودن مقادیر بدست آمده از این روش در مقایسه با مقادیر داده شده در آیین نامه ها دارد. در ادامه بر پایه نتایج روش پیشنهادی یک سری فرمول و همچنین یک گراف ساده شده برای محاسبه هر چه ساده تر ضریب افزایش بار ارائه میگردد.

واژه‌های کلیدی: خرابی پیش رونده، ضریب اضافه بار، حذف ستون، سازه فلزی، سیستمهای باربرجانبی

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه ۱

۱-۱- عنوان تحقیق ۲

۱-۲- مقدمه ای بر تحقیق ۲

۱-۳- طراحی مقاوم سازه ها در برابر بارهای بیش از حد ۴

۱-۳-۱- تأمین شکل پذیری ۵

۱-۳-۲- تأمین اضافه مقاومت ۶

۱-۳-۳- تأمین مقاومت موضعی ۶

۱-۳-۴- تأمین پیوستگی ۶

۱-۴- روشهای طراحی برای کاهش پتانسیل خرابی پیش رونده ۷

۱-۴-۱- روش طرح غیر مستقیم ۸

۱-۴-۲- روش طرح مستقیم ۱۰

۱-۴-۳- روش بار معادل ۱۰

۱-۴-۴- روش تحلیل استاتیکی خطی ۱۱

۱-۴-۵ روش تحلیل استاتیکی غیر خطی ۱۱

۱-۴-۶- روش دینامیکی خطی ۱۲

۱-۴-۷- روش دینامیکی غیر خطی ۱۲

۱-۴-۸- روش بار مشخصه موضعی ۱۲

۱-۵- لزوم انجام تحقیق ۱۲

۱-۶- فرضیه های تحقیق ۱۳

۱-۷- فرضیات تحقیق ۱۴

۱-۸- روش تحقیق ۱۴

۱-۹- اهداف تحقیق و نوع آوری ۱۵

۱-۱۰- ساختار فصول رساله ۱۵

فصل ۲: مروری بر تحقیقات گذشته ۱۷

۲-۱- مقدمه ۱۸

۲-۲- خطرات بار بیش از حد ۲۱

۲-۲-۱- انفجار گاز ۲۲

۲-۲-۲- موج حاصل از انفجار بمب ۲۲

۲-۲-۳- برخورد هواپیما ۲۵
۲-۲-۴- برخورد وسائط نقلیه ۲۶
۲-۲-۵- آتش سوزی ۲۶
۲-۲-۶- اشتباهات طراحی و ساخت ۲۸
۲-۳- مقاومت سازه های اسکلتی در مقابل تخریب پیش رونده ۲۸
۲-۳-۱- سازه های اسکلت فولادی ۲۹
۲-۳-۲- سازه های بتن آرمه ۳۲
۲-۴- موردشناسی تخریب پیش رونده ۳۳
۲-۴-۱- برج های دوقلوی مرکز تجارت جهانی ۳۴
۲-۴-۲- ساختمان های پنتاگون ۳۸
۲-۴-۳- ساختمان اداری فدرال مورا ۴۱
۲-۴-۴- ساختمان رونان پوینت ۴۳
۲-۴-۵- ساختمان واقع در خیابان ۱۳۰ آزادی ۴۵
۲-۵- روش های ارزیابی تخریب پیش رونده ۴۷
۲-۶- ضوابط مربوط به تخریب پیش رونده در آیین نامه ها ۵۴
۲-۶-۱- استانداردهای انگلیسی در طراحی ۵۴
۲-۶-۲- ضوابط یوروکد Euro Code ۵۶
۲-۶-۳- ضوابط آیین نامه کانادا ۵۷
۲-۶-۴- استانداردهای کشوری در ایالات متحده ۵۷
۲-۶-۵- استانداردهای دولتی ایالات متحده ۵۸

فصل ۳: معرفی روش تحقیق ۶۳
۳-۱- مقدمه ۶۴
۳-۲- علت انتخاب هدف ۶۴
۳-۳- روش تحقیق ۶۸
۳-۳-۱- رفتار غیر خطی و مدل سازی آن ۶۹
۳-۳-۲- مفاهیم اولیه اجزاء محدود ۷۰
۳-۳-۳- رفتار فولاد ۷۱
۳-۳-۴- تحلیل غیر خطی ۷۱
۳-۳-۵- روش تحلیل غیرخطی ۷۲
۳-۳-۶- معیار همگرایی ۷۴
۳-۳-۷- تنش و کرنش مؤثر (تنش و کرنش متعادل شده) ۷۴

۳-۳-۸- معیار ماکزیمم اعوجاج یا معیار ون میزز ۷۶
۳-۳-۹- آشنایی با نرم‌افزار ANSYS ۷۷
۳-۳-۱۰- معرفی کلی و توانائی‌های برنامه ANSYS ۷۸
۳-۳-۱۱- معرفی المان‌های انتخاب شده جهت مدل‌سازی ۸۵

فصل ۴: خرابی پیش رونده در ساختمانهای فولادی ۸۶

۴-۱- مقدمه ۸۷
۴-۲- روش بررسی ۸۷
۴-۲-۱- طول مؤثر ستون ۸۷
۴-۲-۲- دستورالعمل های طراحی ۸۸
۴-۲-۳- حدود کنترل ۸۸
۴-۲-۴- روش های آنالیز ۸۸
۴-۲-۵- حد مجاز خرابی بر اثر حذف ستون خارجی ۹۰
۴-۳- بررسی خرابی پیش رونده در سازه های طرح شده بر اساس آیین-نامه های ایران ۹۰
۴-۴- بررسی تا ثیر المانهای اضافه(مهاربند) بر خرابی پیش رونده ۹۷
۴-۴-۲- خصوصیات مواد و بارگذاری ۹۷
۴-۴-۳- مدل-۱ ..... ۹۸
۴-۴-۴- مدل-۲ ..... ۹۸
۴-۴-۵- مدل-۳ ..... ۱۰۱
۴-۴-۶- مدل -۴ ..... ۱۰۱
۴-۴-۷- مدل-۵ ..... ۱۰۳
۴-۴-۸- مقایسه مدلها ۱۰۴

فصل ۵: محاسبه ضریب ضربه در روش حذف ستون ۱۰۵

۵-۱- مقدمه ۱۰۶
۵-۲- بررسی قاب چند طبقه ۱۰۷
۵-۳- پاسخ استاتیکی غیر خطی ۱۱۱
۵-۳-۱- مقایسه نتایج تحلیلی با نتایج آزمایشگاهی ۱۱۱
۵-۳-۲- مدل سازی در ANSYS بدست آوردن پاسخ استاتیکی غیر خطی ۱۱۳
۵-۴- تأثیر پارامترهای مختلف در دیاگرام پاسخ استاتیکی غیر خطی ۱۱۸
۵-۴-۱- تأثیر ممان اینرسی تیر و طول دهانه (L) ۱۱۸
۵-۵- بررسی و ساده سازی پاسخ دینامیکی ۱۲۰

۵-۶- بررسی پاسخ دینامیکی از طریق روش انرژی ۱۲۱
۵-۷- مطالعات آماری ۱۲۸
۵-۷-۱- R-Square (ضریب تشخیص) ۱۲۸
۵-۷-۲- Adj. R- Square ۱۲۹
۵-۷-۳- SSE (جمع خط ها) ۱۲۹
۵-۷-۴- واریانس ۱۲۹
۵-۷-۵- استاندارد انحراف معیار ۱۲۹
۵-۸- مدل سازی ریاضی در MATLAB ۱۲۹
۵-۹- ساده سازی فرمولهای ریاضی ۱۳۲
۵-۱۰- مقایسه نمودارهای بدست آمده برای R–λ در مدلهای مختلف ۱۳۳
۵-۱۰-۱- مدل برای حالت حذف ستون میانی ۱۳۳
۵-۱۰-۲- تأثیر طبقات در منحنی R–λ ۱۳۶

فصل ۶: جمع‌بندی، نتایج و پیشنهادها ۱۳۹
۶-۱- مقدمه ۱۴۰
۶-۲- خرابی پیش رونده در سازه های طرح شده بر اساس آیین نامه های ایران ۱۴۰
۶-۳- محاسبه ضریب ضربه در موضع حذف ستون ۱۴۱
۶-۴- پیشنهادات ۱۴۳

مراجع ۱۴۴

فهرست اشکال

شکل (۱-۱) کلاف بندی سازه در برابر خرابی پیش رونده ۹
شکل (۲-۱) دیاگرام فشار-زمان ناشی از انفجار گاز(Leyendecer&Ellingwood1977)..... ۲۲
شکل (۲-۲) شکل کلی دیاگرام فشار-زمان ناشی از انفجار بمب (a): در فاصله یک متر، (b): در فاصله پنج متر، (c): در فاصله ده متر..... ۲۴
شکل (۲-۳) حالت بارگذاری معکوس در یک تیر دو دهانه بتنی در اثر حذف ستون ۳۳
شکل (۲-۴) ساختمانهای تجارت جهانی نیویورک در زمان حمله ۱۱ سپتامبر ۲۰۰۱ ..... ۳۴
شکل (۲-۵) ساختمان پنتاگون قبل از حمله ۱۱ سپتامبر ۳۸
شکل (۲-۶) ساختمان پنتاگون پس از حمله ۱۱ سپتامبر ۳۹
شکل (۲-۷) ساختمان مورا پس از حمله تروریستی ۴۲
شکل (۲-۸) ساختمان رونان پوینت پس از واقعه می ۱۹۶۸ ..... ۴۵
شکل (۳-۱) روش نیوتن – رافسون برای حل معادلات غیر خطی ۷۳
شکل (۳-۲) منحنی تاریخچه یک بارگذاری با دو گام ۷۹
شکل (۳-۳) انواع مدلها جهت رفتار غیرخطی مصالح در نرم‌افزار ANSYS..... ۸۳
شکل (۳-۴) Sheel 181 المان پوسته‌ای ۸ گره‌ای ۸۵
شکل (۴-۱)(دو نمونه از مدلهای مورد بررسی ۹۰
شکل (۴-۲) تغییر شکل مدل ۶ طبقه صلب در اثر حذف ستون گوشه تحت بار گذاری معادله(۴-۱)..... ۹۳
شکل (۴-۳) تغییر شکل مدل ۶ طبقه صلب-باد بندی در اثر حذف ستون داخلی تحت بار گذاری معادله(۴-۱) ۹۳
شکل (۴-۴) (a) نمای سه بعدی (b) پلان قاب مورد مطالعه ۹۷
شکل (۴-۵) تغییر شکل قاب پس از حذف ستون کناری و در اثر ترکیبات بارگذاری کنترل کننده خرابی پیش رونده..... ۱۰۰
شکل (۴-۶) دیاگرام ممان خمشی در یک قاب خارجی شامل ستون حذف شده(پایین)، ودر یک قاب داخلی(بالا) ۱۰۰
شکل (۴-۷) استفاده از بادبند به شکل V معکوس در مدل-۳..... ۱۰۱
شکل (۴-۸) بادبندی قاب خارجی در مدل-۴ ..... ۱۰۲
شکل (۴-۹) دیاگرام ممان خمشی در قاب خارجی شامل ستون حذف شده در مدل-۴..... ۱۰۲

شکل (۴-۱۰) دیاگرام برش در قاب خارجی شامل ستون حذف شده در مدل-۴..... ۱۰۲
شکل (۴-۱۱) بادبندی قاب خارجی در مدل-۵..... ۱۰۳
شکل (۴-۱۲) دیاگرام ممان خمشی در قاب خارجی شامل ستون حذف شده در مدل-۵..... ۱۰۳
شکل (۴-۱۳) دیاگرام برش در قاب خارجی شامل ستون حذف شده در مدل-۵..... ۱۰۳
شکل (۵-۱) ساختمان چند طبقه تحت اثر حذف ستون..... ۱۰۸
شکل (۵-۲) زیر سازه مشتمل بر دهانه های مجاور ستون حذف شده..... ۱۰۹
شکل (۵-۳) زیر سازه شامل طبقات روی ستون حذف شده..... ۱۱۰
شکل (۵-۴) زیر سازه با یک طبقه منفرد..... ۱۱۰
شکل (۵-۵) تیر دو دهانه منفرد..... ۱۱۰
شکل (۵-۶) مدل آزمایشگاهی آستانه اصل..... ۱۱۱
شکل (۵-۷) مشخصات مدل آزمایشگاهی آقای آستانه..... ۱۱۱
شکل (۵-۸) مدل ساخته شده در نرم افزار ANSYS..... ۱۱۲
شکل (۵-۹) مقایسه خروجیهای مدل ساخته شده در ANSYS با کارهای آستانه و Min Yu..... ۱۱۲
شکل (۵-۱۰) قسمتی از یک سازه اصلی با موضع در نظر گرفته شده برای حذف ستون..... ۱۱۳
شکل (۵-۱۱) زیر سازهِ در نظر گرفته شده برای بررسی..... ۱۱۳
شکل (۵-۱۲)(مدل ساخته شده در ANSYS..... ۱۱۴
شکل (۵-۱۳) المان بندی مدل ساخته شده در ANSYS..... ۱۱۵
شکل (۵-۱۴) دیاگرام تنش-کرنش فولاد..... ۱۱۶
شکل (۵-۱۵) جابجایی تیر تحت بار..... ۱۱۶
شکل (۵-۱۶) شکل جابجایی تیر در نرم افزار..... ۱۱۷
شکل (۵-۱۷) دیاگرام نیرو- تغییرمکان حاصل برای مدل ساخته شده در ANSYS..... ۱۱۸
شکل (۵-۱۸) دیاگرام نیرو-تغییر مکان برای دهانه ۴ متر با ممان اینرسی متفاوت..... ۱۱۸
شکل (۵-۱۹) دیاگرام نیرو-تغییر مکان برای دهانه ۵ متر با ممان اینرسی متفاوت..... ۱۱۹
شکل (۵-۲۰)(دیاگرام نیرو-تغییر مکان برای دهانه ۶ متر با ممان اینرسی متفاوت..... ۱۱۹
شکل (۵-۲۱) دیاگرام نیرو-تغییر مکان برای دهانه ۵ متر با ارتفاع تیر مختلف..... ۱۲۰
شکل (۵-۲۲) توصیف تصویری ساده سازی مدل حرف ستون به مدل استاتیکی (a) مدل با ستون حذف
شده (b) مدل تحت بار دینامیکی (c) مدل تحت بار استاتیکی..... ۱۲۱
شکل (۵-۲۳) توصیف روش انرژی با مساوی قرار دادن دو سطح هاشور خورده..... ۱۲۲

شکل (۵-۲۴) پارامتر های مورد استفاده درمحاسبه $\boldsymbol{Pp}$ ۱۲۳
شکل (۵-۲۵) شکل کلی نمودار λ-R ۱۲۵
شکل (۵-۲۶) نمودار λ-R برای تیرهای با دهانه ۴ مترو ضخامتهای مختلف بار ۱۲۵
شکل (۵-۲۷) نمودار λ-R برای تیرهای با دهانه ۵ مترو ضخامتهای مختلف بار ۱۲۶
شکل (۵-۲۸) نمودار λ-R برای تیرهای با دهانه ۶ مترو ضخامتهای مختلف بار ۱۲۶
شکل (۵-۲۹) شکل تغییرات بار اعمالی در تحلیل دینامیکی ۱۲۷
شکل (۵-۳۰) نتیجه تغییر شکل زیر بار در نتیجه تحلیل دینامیکی ۱۲۸
شکل (۵-۳۱) گراف ساده شده پیشنهادی برای منحنی $\boldsymbol{\lambda - R}$ ۱۳۲
شکل (۵-۳۲) مدل با ۴تیر ساخته شده در نرم افزار ANSYS ۱۳۴
شکل (۵-۳۳) تغییر شکل بوجود آمده در مدل با ۴ تیر و حذف ستون میانی ۱۳۴
شکل (۵-۳۴) مقایسه نمودار نیرو-تغییر مکان تیر دو دهانه با تیر چهار دهانه ۱۳۵
شکل (۵-۳۵) مقایسه بین دو نمودار λ-R برای تیر دو دهانه با تیر ۴ دهانه با ضخامت بال ۱/۸ سانتیمتر ۱۳۵
شکل (۵-۳۶) مقایسه بین دو نمودار λ-R برای تیر دو دهانه با تیر ۴ دهانه با ضخامت بال ۲ سانتیمتر ۱۳۶
شکل (۵-۳۷) قابهای ۳، ۴، ۵ و ۷ طبقه مدل شده ۱۳۷
شکل (۵-۳۸) مقایسه نمودار نیرو-تغییر مکان برای قابهای با تعداد طبقات مختلف ۱۳۷
شکل (۵-۳۹) مقایسه بین نمودارهای λ-R برای قابهای با تعداد طبقات مختلف ۱۳۸

فهرست جداول

جدول (۴-۱) حدود مقاومت تعیین شده در UFC و مراحل بعدی پروسه در صورت تجاوز از حدود[۸].... ۸۸
جدول (۴-۲) بارهای اعمال شده بر مدل ۹۱
جدول (۴-۳) مشخصات مقاطع سازه ۱۲ طبقه ۹۲
جدول (۴-۴) نتایج مربوط به قابهای صلب ۳طبقه ۹۴
جدول (۴-۵) نتایج مربوط به قابهای صلب-باد بندی ۳طبقه ۹۴
جدول (۴-۶) نتایج مربوط به قابهای صلب ۶طبقه ۹۵
جدول (۴-۷) نتایج مربوط به قابهای صلب-بادبندی ۶ طبقه ۹۵
جدول (۴-۸) نتایج مربوط به قابهای صلب ۱۲طبقه ۹۶
جدول (۴-۹) نتایج مربوط به قابهای صلب-بادبندی ۱۲طبقه ۹۶
جدول (۴-۱۰) بارهای اعمال شده بر مدل ۹۸
جدول (۴-۱۱) نیروهای داخلی در یک تیرخارجی در مدلهای مختلف ۱۰۴
جدول (۵-۱) مقایسه سه روش پیشنهادی برای محاسبه λ ۱۳۳

فهرست علائم اختصاری

ارتفاع جان تیر	D
طول دهانه تیر	L
ممان پلاستیک تیر	M_p
نیروی ثقلی	P
نیروی قائم دینامیکی	P_d
بار قائمی که باعث شروع رفتار غیر خطی در مدل میشود	P_p
بار قائم استاتیکی معادل	P_s
نسبت P_d به P_p	R
نیروی مقاوم داخلی	R_e
جابجایی	u
جابجایی در اثر P_d	u_d
جابجایی در اثر P_s	u_s
سرعت	$\dot{u}$
شتاب	$\ddot{u}$
ضریب افزایش بار	λ

فصل ۱

مقدمه

۱-۱- عنوان تحقیق

ارزیابی و ارائه روابط پیشنهادی برای تخمین پتانسیل خرابی پیش رونده در قابهای فولادی

۱-۲- مقدمه ای بر تحقیق

بحث خرابی پیش رونده[۱]، عبارت از گسترش خرابی در سازه در اثر یک خرابی موضعی اولیه در آن است که، پس از واقعه ساختمان رونان پوینت[۲] در سال ۱۹۶۸ میلادی در انگلیس مطرح و نخستین بحث ها در خصوص طرح ساختمانها در برابر اینگونه تخریب شکل گرفت. و در پی واقعه برجهای دو قلو در سال ۲۰۰۱ در آمریکا به یک بحث فراگیر در انجمنهای مهندسین مرتبط با طرح و اجرای ساختمانهای بلند جهت جلوگیری از وقوع اینگونه تراژدی ها بدل شد. بدین لحاظ یک سری بررسی های موشکافانه و دقیق روی ساختمانها در اثر اعمال بارهای بیش از حدی مثل برخورد هواپیما، انفجار و غیره صورت گرفت. اهداف اصلی این تحقیقات عبارت بودند از:

۱ . تعیین میزان توانمندی دینامیکی سازه های بلند در هنگام وقوع اینگونه حوادث.

۲ . شناخت مکانیزمی که باعث توسعه خرابی اولیه می شود.

۳ . ارائه روشهایی جهت مقاوم کردن ساختمان ها در هنگام وقوع اینگونه حوادث.

ساختمانهای معمولی که بر اساس استانداردهای موجود و برای بارگذاریهای عادی طراحی شده اند دارای یک سیستم سازه ای با درجه ای محدود از مقاومت و شکل پذیری هستند که تا حدودی در برابر بارهای بیش از حد و خرابی پیش رونده مقاومت می کنند. ساختمانهای قدیمی که معمولاً دارای دهانه های کوچک اند و همچنین سیستم های بتن مسلح یا ساختمانهای با دیوار بنایی تا حدودی در برابر اینگونه وقایع مقاومند[۱]. ولیکن تغییر در سیستمهای معماری و همزمان استفاده از توانایی های کامپیوتر و همچنین مصالح با مقاومت بالا در طرح سازه ها باعث بو جود آمدن ساختمانهای مدرن و ضمناً سبک و

---

۱ Progressive collapse

۲ Ronan Point

انعطاف پذیر شده است که، البته آنها را در مقابل بارهای پیش بینی نشده آسیب پذیر تر کرده است.

هدف در تکنولوژی های نوین ساخت کاهش هزینه های اجراء است که بالطبع نتیجه آن محدود شدن ظرفیت جذب انرژی و همچنین پیوستگی سازه است که هر دو باعث افزایش میزان آسیب پذیری ساختمان در برابر خرابی پیش رونده اند. علاوه بر این، مقررات جدید آیین نامه ها در خصوص طرح در برابر زلزله که تاکید بسیاری بر شکل پذیری و پیوستگی دارند در بسیاری از کشور ها مثل انگلستان، شمال آمریکا و اروپا که دارای خطر لرزه خیزی کمی هستند لازم الاجرا نیستند و از طرف دیگر این شرایط اجتماعی است که درجه اهمیت یک خطر را تعیین میکند که به آن پرداخته بشود یا خیر.

در طول سه دهه اخیر آگاهی عمومی و اطلاع رسانی نسبت به اهمیت ایمنی ساختمان با توجه به وقایع اخیر مثل ساختمان رونان پوینت و برجهای دو قلو افزایش یافته و لذا مهندسین و مالکان ساختمانهای بلند مرتبه و با اهمیت تمایل به مقاوم کردن ساختمان ها در برابر خرابی پیش رونده و بیان یک روش مرتبط با این امر در استانداردها دارند[۲].

هر چند بیشتر دانش و تکنولوژی موجود برای مقاوم کردن ساختمانها در برابر خرابی پیش رونده اخیراً بدست آمده است و مدرن است ولی نمی توان ساختمانی را طرح و اجراء کرد که، هیچگونه احتمال خطری را برای آن متصور نشد چرا که هنوز ناشناخته های بسیاری در مورد سازه ها و رفتار آنها در مواجه با وقایع و همچنین خصوصیات مواد سازنده آنها وجود دارد و ضمناً خطر را نمی توان محدود کرد.

علیرغم اینکه استانداردهای معتبر دنیا دستور العملهایی جهت محدود کردن خرابی پیش رونده در چند سال اخیر ارائه نموده اند و حتی در بعضی مواقع روشهایی جهت بدست آوردن مقاومت مناسب در برابر آن را بیان داشته اند ولیکن منطقی و مؤثر بودن آنها هنوز بحث بر انگیز است. همچنین هنوز شناخت دقیقی از رفتار دینامیکی سازه در مقابل بارهای بیش از اندازه و غیر عادی وجود ندارد و روشهای ارائه شده در بعضی مواقع دست بالا و غیر اقتصادی هستند. بعلاوه با توجه به گستردگی سیستمهای سازه ای نیاز به افزایش دانش مقاوم سازی در برابر خرابی پیش رونده همسو با این گستردگی که در ضمن استفاده از آن ساده نیز باشد حس می شود.

در قسمت بعد یک توضیح جامع در خصوص بحث مقاومت در برابر خرابی پیش رونده و روشهای مورد استفاده برای آن در سازه ها به همراه بیان مزایا و معایب هر روش آورده شده است. در ادامه اصول