

## مطالعه‌ی عددی خرابی پیش رونده‌ی ناشی از آتش سوزی موضعی در قاب‌های خمش فولادی با استفاده از روش اجزای محدود

شهرام کریمی کوزه‌گران<sup>۱\*</sup>

حسین تقی زاده<sup>۲</sup>

احمد احمدنیا حلیمه جانی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۱ تاریخ چاپ: ۱۴۰۰/۰۲/۱۳

### چکیده

در مطالعه‌ی حاضر به بررسی عددی خرابی پیش رونده‌ی ناشی از آتش سوزی موضعی در قاب‌های خمش فولادی با استفاده از روش اجزای محدود پرداخته شده است. بدین منظور در ابتدا سه ساختمان سه، پنج و هشت طبقه با سیستم قاب خمش فولادی متوسط و ویژه با استفاده از نرم افزار Etabs تحت اثر بارهای مرده، زنده و زلزله مطابق با مبحث ششم مقررات ملی ساختمان و آیین نامه ۲۸۰۰ مدل سازی و طراحی شدند. در گام بعدی و به منظور بررسی خرابی پیش رونده‌ی ناشی از آتش سوزی موضعی، قاب بیرونی از ساختمان‌های شبیه سازی شده به روش المان محدود و به کمک نرم افزار ABAQUS مجدداً شبیه سازی شدند و با استفاده از روش مسیر بار جایگزین، پتانسیل وقوع خرابی پیش رونده در آنها ارزیابی شد. بدین ترتیب و با توجه به توضیحات اشاره شده، متغیرهای مورد بررسی به ترتیب شامل تعداد طبقات (۳، ۵ و ۸ طبقه)، نوع قاب خمش (قاب متوسط و ویژه) می باشند که در دو حالت حذف و بدون حذف ستون ارزیابی شدند. مهم ترین نتایج حاصل نشان می دهد که با افزایش ارتفاع، درصد تغییرات نیروی محوری قرار گرفته در مجاورت محل حذف در قاب‌های خمش ویژه در مقایسه با قاب‌های خمش متوسط کمتر شده است؛ بطوریکه این نسبت برای ساختمان سه طبقه برابر ۰/۷ درصد، برای ساختمان ۵ طبقه برابر ۷/۸ درصد و برای ساختمان ۸ طبقه برابر ۱۱/۳۰ درصد شده است؛ بنابراین در طراحی ساختمان‌های فولادی در برابر خرابی پیش رونده، استفاده از سیستم قاب خمش ویژه با افزایش ارتفاع اثر گذاری بیشتری در مقایسه با سیستم‌های قاب خمش متوسط دارند.

### کلمات کلیدی

قاب خمش فولادی، خرابی پیش رونده، آتش سوزی موضعی، روش اجزای محدود

۱. کارشناسی ارشد مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لشت نشا، لشت نشا، ایران. رئیس ایستگاه. (نویسنده مسئول):

(Shahramkarimi1250@gmail.com)

۲. کارشناسی ارشد مدیریت مالی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد انزلی، انزلی، ایران. رئیس ایستگاه.

(hoseintaghizadeh182@gmail.com)

۳. کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه پیام نور واحد رشت، رشت، ایران. رئیس ایستگاه.

(ahmdahmdnya5@gmail.com)

## مقدمه

اطمینان از بهره برداری به عنوان یک اصل برای مهندسانی که مسئول طراحی سازه ها هستند همیشه مطرح بوده است. یکی از موضوعاتی که اخیراً در حیطه سازه های مهندسی عمران مورد توجه قرار گرفته است، خرابی پیش رونده می باشد که به صورت گسترش یک خرابی اولیه با انتقال از یک عضو به عضو دیگر و در نتیجه ی آن، خرابی و گسست کل سازه یا قسمت بزرگی از آن تعریف می شود. عوامل زیادی مانند آتش سوزی، برخورد وسایل نقلیه، خطاهای ناشی از ساخت و ساز و همچنین گاز ناشی از انفجار یا حملات تروریستی منابع اصلی ایجاد خرابی پیش رونده محسوب می شوند (سعد و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸).

تحلیل خرابی پیشرونده، برای پیش بینی عملکرد ساختمان بعد از حذف ناگهانی یک یا چند ستون انجام می گیرد (کافی و قدرتی امیری، ۲۰۱۴؛ بنگاش<sup>۲</sup>، ۲۰۰۶). فروپاشی ها و خرابی هایی که در سالیان اخیر در ساختمان ها رخ داده، موضوع خرابی پیشرونده را بسیار برجسته نموده است. از آنجایی که احتمال وقوع این خطرات کم بوده و با توجه به اینکه ساختمان ها، معمولاً برای بارهای عادی نظیر بارهای مرده، زنده، باد و زلزله طراحی می شوند، در طراحی سازه ها یا اکثراً بارهای غیرعادی اشاره شده در نظر گرفته نشده و یا اینکه با اندازه گیری های غیرمستقیم به آن ها پرداخته می شود. این درحالی است که در نظر نگرفتن بارهای غیرعادی مذکور می تواند منجر به آسیب های جبران ناپذیری گردد (باقری پوراصیل و همکاران، ۱۳۹۲).

یکی از روش های ارزیابی پتانسیل وقوع خرابی پیشرونده، روش مسیر بار جایگزین است که از طریق سناریوی حذف ستون و به طور مستقیم با برداشتن یک یا تعداد بیشتری از ستون ها صورت می پذیرد. ولی با این حال در این روش، آسیبی که می تواند از طریق آتش سوزی به اعضای مجاور ستون حذف شده وارد شود نادیده گرفته شده و همین موضوع می تواند به یک پیش بینی نادرست از خرابی پیشرونده منجر شود. آتش سوزی می تواند به تیرها و ستون های سازه آسیب وارد کرده و حتی باعث فروپاشی آنها گردد. از این رو در این تحقیق به منظور بررسی روش متداول مسیر بار جایگزین در پیش بینی پتانسیل خرابی پیشرونده ناشی از آتش سوزی، مدل المان محدود قاب های خمشی فولادی متداول با استفاده از نرم افزار ABAQUS شبیه سازی می گردد و به دو روش مسیر بار جایگزین و روش مستقیم اعمال بار ناشی از حرارت بالای آتش سوزی مورد ارزیابی قرار می گیرد.

## مبانی نظری و پیشینه پژوهش

ایمنی سازه همواره یکی از مهم ترین موضوعات مورد توجه ی مهندسان طراح پروژه های عمرانی بوده است. همان طور که در فصل قبل نیز اشاره شد، یکی از مکانیزم های خرابی سازه که توجه زیادی را در دهه های اخیر به خود اختصاص داده است، خرابی پیشرونده می باشد. در این نوع خرابی یک یا چند عضو سازه ای بدلیلی خراب می شوند و هر

<sup>1</sup> Saad et al.

<sup>2</sup> Bangash

بازتوزیع باری باعث خرابی دیگر المان‌های سازه‌ای می‌شود و ساختمان بطور پیشرونده منهدم می‌شود. بطور کلی ساختمانها برای شرایط بارگذاری با احتساب انفجارهای گاز، انفجارهای بمب، برخورد‌های وسایل نقلیه، تصادف‌های هواپیما، طوفان، گردباد و از این قبیل بارها طراحی نمی‌شوند. از این رو زمانی که ساختمان‌ها در معرض چنین بارهای غیر معمولی قرار می‌گیرند، ممکن است متحمل آسیب‌های بزرگی شوند. ساختمانها باید طوری طراحی شوند که بتوانند خرابی موضعی را با یکپارچه کردن اعضای سازه‌ای، بهبود بازپخش انرژی و توزیع مجدد بارها با ایجاد مسیرهای جایگزین انتقال بار محدود نموده و در مقابله با بارهای غیر معمول مقاومت کنند (منچل<sup>۱</sup>، ۲۰۰۹؛ لیو<sup>۲</sup>، ۲۰۰۳).

در مطالعه‌ی، مهربابی و همکاران (۱۳۹۱)، به ارزیابی پتانسیل خرابی پیش رونده در ساختمان‌های فولادی طرح شده بر اساس آیین نامه ایران پرداختند. در این مطالعه ۴۶ مدل سازه‌ی فولادی منطبق بر آیین نامه‌ی ایران طرح و پتانسیل خرابی پیش رونده در آن‌ها بررسی شد و نتایج حاصل از این مطالعه، از وجود پتانسیل خرابی در این سازه‌ها و لزوم وارد شدن این بحث در آیین نامه‌ی ایران را داشت.

در مطالعه‌ی، باقری پوراصیل و همکاران (۱۳۹۲)، به بررسی آسیب پذیری ساختمان‌های فولادی در برابر خرابی پیشرونده بر اساس آیین نامه GSA<sup>۳</sup> پرداختند. در این مطالعه اصول اساسی مربوط به حداقل رساندن پتانسیل وقوع خرابی پیشرونده در طراحی ساختمان‌های فولادی مطابق آیین نامه GSA مورد بررسی قرار گرفت. هدف اصلی این آیین نامه، ارزیابی پتانسیل وقوع خرابی پیشرونده و کاهش وقوع آن در سازه‌هایی است که در معرض بارهای غیرعادی بود و بدین منظور سه روش مختلف برای تحلیل خرابی پیشرونده در آن معرفی شد. علاوه بر این جزئیاتی نظیر ضوابط بارگذاری و معیارهای پذیرش آیین نامه GSA نیز در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. همچنین این تحقیق نتایج حاصل از تعدادی از مطالعاتی را که در آن‌ها، تحلیل و ارزیابی پتانسیل وقوع خرابی پیشرونده در سازه‌های فولادی، مطابق آیین نامه GSA صورت گرفته است را معرفی و مورد بررسی قرار داد.

در مطالعه‌ی، قدرتی امیری و کافی سیاه اسطلخی (۱۳۹۵)، به بررسی قابلیت خرابی پیش رونده در ساختمان‌های فولادی با سقف‌های مختلط پرداختند. در این پژوهش مدل المان محدود سه بُعدی یک ساختمان فولادی ۵ طبقه یک بار با در نظر گرفتن دال و بار دیگر بدون در نظر گرفتن دال با استفاده از نرم افزار ABAQUS شبیه سازی شد و پتانسیل وقوع خرابی پیش رونده در آن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از تحلیل‌ها نشان داد که در نظر نگرفتن دال به هنگام محاسبات می‌تواند منجر به ایجاد خطا در ارزیابی پتانسیل وقوع خرابی پیش رونده در سازه شود.

فو (۲۰۱۲) ساختمان‌های بلند فولادی مجهز به مهاربند‌های ضربدری را با استفاده از یک روش مدل‌سازی المان محدود سه بعدی در برابر خرابی پیشرونده تحلیل کرد. در این تحلیل‌ها، برای بررسی رفتار ساختمان تحت شرایط حذف متوالی ستون‌ها، از نرم افزار المان محدود ABAQUS استفاده شد. مدل سازه دارای ۲۰ طبقه بوده و از دال‌های کامپوزیت

<sup>1</sup> Menchel

<sup>2</sup> Lew

<sup>3</sup> General Services Administration

در مدلسازی آن استفاده گردید. جزئیات پاسخ ساختمان، مورد مطالعه قرار گرفت و اقدامات لازم برای کاهش خرابی پیشرونده در طراحی های آینده توصیه شد.

لان هوی گو و همکاران (۲۰۱۳) در یک مطالعه ی آزمایشگاهی یک قاب خمشی دارای سقف کامپوزیت یک طبقه و یک دهانه را در برابر خرابی پیش رونده مورد بررسی قرار دادند (شکل ۲-۱۰). قاب مورد بررسی دارای یک طبقه و چهار دهانه بودند که با مقیاس ۱/۳ در آزمایشگاه ساخته شد. طول هر یک از دهانه های قاب برابر ۲ متر و ارتفاع آن نیز ۱/۲۰ متر در نظر گرفته شده است. تیرهای فولادی به طور کامل به بال ستون ها جوش شده اند تا بدین ترتیب اتصالات بین تیر و ستون صلب (گیردار) شود. رفتار قاب و همچنین دال بتنی روی آن در حین آزمایش ارزیابی و سنجیده شد و پاسخ قاب در برابر حذف ستون بررسی شد.

### اهداف تحقیق

ساختمان ها برای بارگذاری نظیر آتش سوزی و از این قبیل بارها طراحی نمی شود. از این رو زمانی که در معرض چنین بارهای غیر معمولی قرار می گیرند، ممکن است متحمل آسیب های بزرگی شوند. به عبارتی آتش سوزی یکی از آسیب های بسیار متداول پس از وقوع زلزله می باشد که بدلیل توانایی تخریب بسیار بالا و انتشار سریع اهمیت زیادی پیدا کرده است. از این رو و با توجه به توضیحات ارائه شده مهم ترین اهداف این تحقیق عبارتند از:

- بررسی اثر اعمال حرارت ناشی از آتش سوزی در کنار استفاده از روش مسیر بار جایگزین در پیش بینی پتانسیل خرابی پیش رونده ناشی از آتش سوزی
- ارزیابی امکان وقوع خرابی پیشرونده در اثر بارگذاری های ناشی از آتش سوزی در قاب های خمشی فولادی طراحی شده مطابق آیین نامه های موجود
- بررسی محل ستون حذف شده در میزان خرابی پیش رونده ناشی از آتش سوزی در قاب های خمشی فولادی متعارف

### روند انجام مطالعه

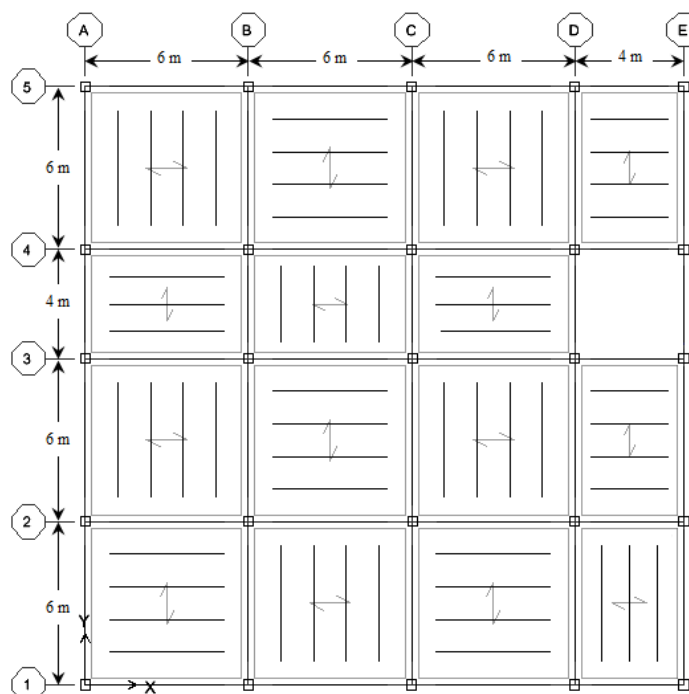
در مطالعه ی حاضر به بررسی عددی خرابی پیش رونده ی ناشی از آتش سوزی موضعی در قاب های خمشی فولادی با استفاده از روش اجزای محدود پرداخته شده است. بدین منظور در ابتدا سه ساختمان سه، پنج و هشت طبقه با سیستم قاب خمشی فولادی متوسط و ویژه با استفاده از نرم افزار Etabs تحت اثر بارهای مرده، زنده و همچنین نیروی زلزله مطابق با مبحث ششم مقررات ملی ساختمان و آیین نامه ۲۸۰۰ مدل سازی و طراحی می شوند. در گام بعدی و به منظور بررسی خرابی پیش رونده ی ناشی از آتش سوزی موضعی، قاب بیرونی از ساختمان های شبیه سازی شده به روش المان محدود و به کمک نرم افزار ABAQUS مجدداً شبیه سازی می شود و با استفاده از روش مسیر بار جایگزین، پتانسیل وقوع خرابی پیش رونده در آنها ارزیابی می شود. بدین ترتیب و با توجه به توضیحات اشاره شده، متغیرهای مورد

بررسی به ترتیب شامل تعداد طبقات (۳ و ۵ و ۸ طبقه)، نوع قاب خمشی (قاب متوسط و ویژه) می‌باشند که در دو حالت حذف و بدون حذف ستون ارزیابی می‌شوند. لازم به توضیح می‌باشد که در کنار حذف ستون، بار ناشی از حرارت آتش سوزی موضعی در تیر و ستون‌های مجاور محل حذف اعمال می‌گردد. همچنین مطالعات انجام شده در زمینه‌ی خرابی پیش رونده نشان می‌دهد که حذف ستون‌های گوشه در پایین‌ترین طبقات می‌تواند حالت بحرانی تری را برای ساختمان پدید آورد (فنگ فو، ۲۰۱۲؛ عسکریان و هاشمی، ۱۳۸۹؛ خیرالدین و فلاح زاده فینی، ۱۳۹۳)؛ از این رو همان‌طور که اشاره شد در مطالعه حاضر به منظور ارزیابی خرابی پیش رونده در قاب‌های خمشی مورد بررسی، حذف یک ستون گوشه در پایین‌ترین طبقه انجام شده است. در مجموع، تعداد ۱۲ حالت مطابق جدول (۴-۱) شبیه‌سازی و پتانسیل وقوع خرابی پیش رونده در آنها ارزیابی می‌شود. در این جدول هر یک از حالت‌ها با یک عبارت اختصاری نشان داده شده است، منظور از St3، St5 و St8 به ترتیب ساختمان‌های ۳، ۵ و ۸ طبقه، ID قاب خمشی متوسط، HD قاب خمشی ویژه، NR حالت بدون حذف و RC حذف ستون گوشه می‌باشد.

معرفی حالت‌های مورد بررسی در مطالعه‌ی حاضر

حالت	ساختمان	نوع قاب	محل حذف	عبارت اختصاری
۱	۳	متوسط	----	St3 ID NR
۲	۳	متوسط	یک ستون گوشه همراه با بار موضعی آتش	St3 ID RC
۳	۳	ویژه	----	St3 HD NR
۴	۳	ویژه	یک ستون گوشه همراه با بار موضعی آتش	St3 HD RC
۵	۵	متوسط	----	St5 ID NR
۶	۵	متوسط	یک ستون گوشه همراه با بار موضعی آتش	St5 ID RC
۷	۵	ویژه	----	St5 HD NR
۸	۵	ویژه	یک ستون گوشه همراه با بار موضعی آتش	St5 HD RC
۹	۸	متوسط	----	St8 ID NR
۱۰	۸	متوسط	یک ستون گوشه همراه با بار موضعی آتش	St8 ID RC
۱۱	۸	ویژه	----	St8 HD NR
۱۲	۸	ویژه	یک ستون گوشه همراه با بار موضعی آتش	St8 HD RC

ساختمان های فولادی ۳، ۵ و ۸ طبقه مورد نظر دارای پلان یکسانی در طبقات هستند و ارتفاع آنها برابر ۳ متر در نظر گرفته شده است. ابعاد دهانه ها و راه پله به ترتیب برابر ۶ و ۴ متر می باشد. سیستم باربر جانبی ساختمان در هر دو جهت X و Y قاب خمشی نظر گرفته شده است.



### پلان ساختمان های مورد بررسی

اتصال تیرها به ستون به صورت صلب و اتصال پای ستون به پی گیردار می باشد. کف سازه نیز از نوع تیرچه و بلوک فرض شده است و همه اجزای سازه از فولاد ساختمانی St37 با تنش نهایی ۳۷۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و تنش تسلیم ۲۴۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع انتخاب شده اند. بار مرده طبقات و بام به ترتیب ۵۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم بر مترمربع در نظر گرفته شده است. بار زنده برای سقف طبقات ۲۰۰ کیلوگرم بر مترمربع و برای سقف بام ۱۵۰ کیلوگرم بر مترمربع می باشد. بار مرده دیوارهای جانبی با احتساب نما برابر ۶۰۰ کیلوگرم بر مترمربع در نظر گرفته شده است.

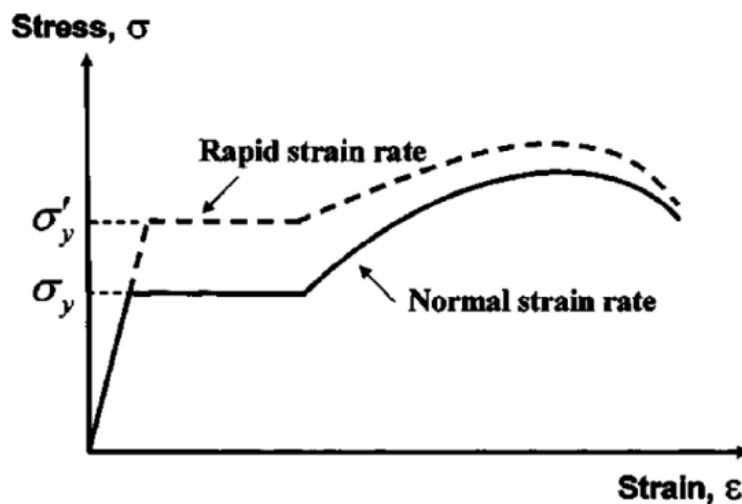
طراحی در چند مرحله صورت گرفته است تا از یک سو، انتخاب مقاطع نزدیک به حالت بهینه (از نظر مقدار تنش ها و تغییر مکان جانبی سازه) باشد و از سوی دیگر، طراحی اجزا ساده و یکنواخت باشد. بدین ترتیب می توان در بخش های آتی که به بررسی خرابی پیشرونده در سازه ها پرداخته می شود، میزان تاثیر هر یک از انواع اعضا را بر رفتار کلی سازه، به گونه ای مناسب و قابل درک، تجزیه و تحلیل نمود (قدرتی امیری و کافی سیاه اسطلخی، ۱۳۹۵).

برای بارگذاری از مبحث ششم مقررات ملی و در نهایت برای بحث خرابی پیش رونده از ویرایش دوم آیین نامه UFC استفاده شده است. ضمناً برای تیرها از مقاطع تیر ورق و برای ستون ها از مقاطع BOX استفاده شده است. ضریب تبدیل تنش تسلیم به تنش تسلیم مورد انتظار نیز برابر ۱/۱۰ در نظر گرفته شده است.

همانطور که قبلاً نیز اشاره شد در این تحقیق برای تعیین نیروهای زلزله از آیین نامه ۲۸۰۰ ایران و برای طراحی سازه از مبحث ده مقررات ملی استفاده شده است. نرم افزار مورد استفاده برای تحلیل و طراحی اولیه سازه ETABS 15.2.2 و برای تحلیل سازه در برابر خرابی پیش رونده نیز ABAQUS می باشد. همچنین به منظور شبیه سازی اجزای محدود قاب ۱ (قاب بیرونی سازه) انتخاب و به منظور ارزیابی پتانسیل خرابی پیش رونده مورد ارزیابی قرار گرفت. جدول مربوط به مقاطع ساختمان های مورد بررسی در پیوست یک ارائه شده است.

### شبیه سازی اجزاء محدود

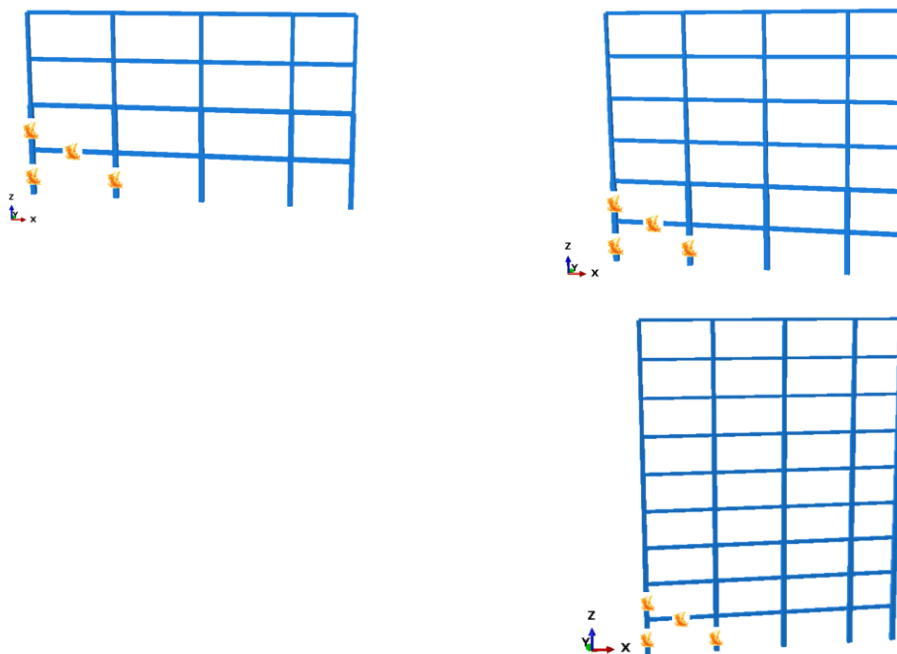
ایجاد هندسه مدل اولین گام برای انجام یک مدل و تحلیل آن به کمک نرم افزار اجزاء محدود ABAQUS می باشد. برای این منظور از ماژول Part استفاده گردید. مدل های المان محدود مورد بررسی در این مطالعه شامل تیر و ستون می باشند. این المان ها از نوع Deformable هستند. برای اختصاص مصالح از ماژول Property استفاده می گردد. در این قسمت مصالح مورد نظر تعریف و به قطعات ساخته شده در ماژول Part اختصاص می یابند. تعریف خصوصیات مصالح، تعیین مشخصات تمامی داده هایی است که به نوعی با مصالح مرتبط هستند. مصالح مورد استفاده در این مطالعه شامل فولاد از نوع st37 می باشد. با توجه به آیین نامه UFC4-023-03 به دلیل اینکه مقاومت تسلیم فولاد تقریباً ۲۵ درصد بیشتر از مقاومت مشخصه آن است، به صورت تجربی از یک ضریب افزایش مقاومت (1.5IF) برای منظور نمودن این مشخصه استفاده می شود (ریچارد و هانگ، ۲۰۰۴). همچنین مطابق این آیین نامه این ضریب برای تنش نهایی فولاد برابر ۱/۱۰ می باشد.



اثر بارگذاری سریع بر رفتار فولاد (ریچارد و هانگ، ۲۰۰۴)

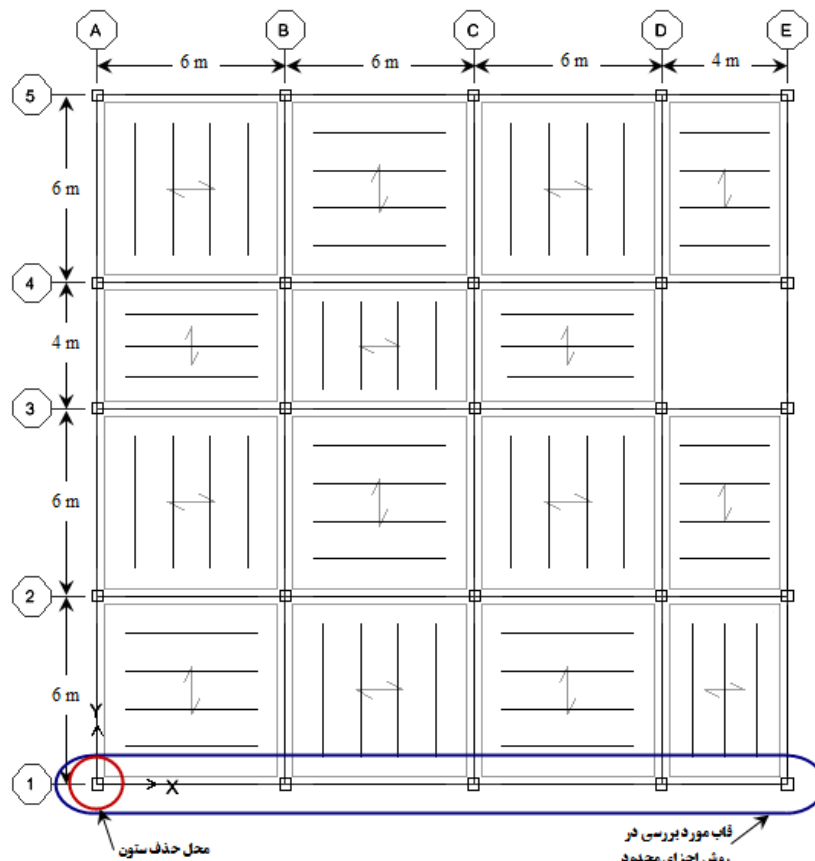
در مدل سازی المان های تیر و ستون از المان های Beam استفاده گردید. برای تحلیل مدل های مورد بررسی از تحلیل دینامیکی صریح ۱ استفاده شده است. برای تعریف اندرکنش بین اعضا از قید Tie استفاده گردید. این قید به کاربر امکان ترکیب کردن دو سطح را که مش بندی آنها با یکدیگر متفاوت است می دهد. تعریف بارگذاری و اعمال شرایط مرزی از طریق ماژول Load صورت می پذیرد.

بارهای اعمال شده به سازه شامل وزن اجزاء سازه (تیر، ستون)، بارهای مرده و زنده وارد بر کف سازه می باشند. وزن اجزاء سازه با در نظر گرفتن شتاب گرانش و بارهای مرده و زنده به مدل ها اعمال می گردد. ارزیابی پتانسیل خرابی پیشرونده با در نظر گرفتن الگوی روش مسیر بار جایگزین صورت می پذیرد. ایده کلی این روش بدین صورت است که سازه طوری طراحی شود که در صورت حذف و یا آسیب دیدگی مسیرهای عادی انتقال بار، مسیرهای جایگزین دیگری برای انتقال بار به زمین وجود داشته باشد. بدین ترتیب سازه برای حذف ستون ها طراحی می شود.



تصاویر سه بعدی قاب های ساختمانی شبیه سازی شده پس از مونتاژ قطعات





### محل قاب و ستون حذف شده در مطالعه‌ی حاضر

بارهای اعمالی به مدل‌های مورد بررسی به صورت ترتیب بارگذاری زیر اعمال شدند.

بار ثقلی افزایش داده شده برای کف‌های بالای ستون حذف شده.

این ترکیب بار می‌بایست به صورت بارثقلی تشدید شده به صورت زیر بر دهانه‌های مجاور المان‌های حذف شده در تمامی کف‌های بالای این المان‌ها تاثیر داده شوند.

$$G_{LD} = \Omega_{LD} [(0.9 \text{ or } 1.2) D + (0.5L \text{ or } 0.2S)] \quad (1)$$

در رابطه (1)،  $G_{LD}$  بار تشدید شده ی ثقلی برای تلاش‌های کنترل شونده،  $D$  بار مرده با در نظر گرفتن بار نماها و  $L$  بارزنده با در نظر گرفتن ضریب کاهش بار ASCE و  $S$  بار برف و  $\Omega_{LD}$  ضریب افزایش بار برای محاسبه تلاش‌های کنترل با تغییر شکل می‌باشد.

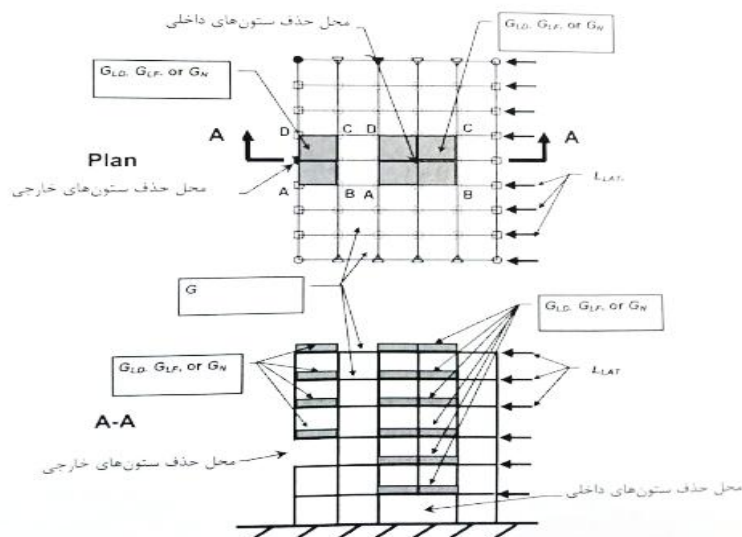
بار ثقلی افزایش داده شده برای کف‌های بالای ستون حذف نشده.

این ترکیب بار می‌بایست بر دهانه‌ای که با ترکیب بار  $G_{LD}$  بارگذاری نشده‌اند، تاثیر داده شود.

$$G = [(0.9 \text{ or } 1.2) D + (0.5L \text{ or } 0.2S)] \quad (2)$$

در این رابطه  $G$  بار ثقلی می‌باشد.

ارزیابی پتانسیل خرابی پیشرونده در مدل های سازه ای مورد نظر در طی دو حالت کلی صورت پذیرفته است. در حالت اول مدل های المان محدود سازه ها در حالت بدون حذف ستون تحلیل شدند و در حالت دوم، یک ستون گوشه در طبقه همکف حذف گردید.

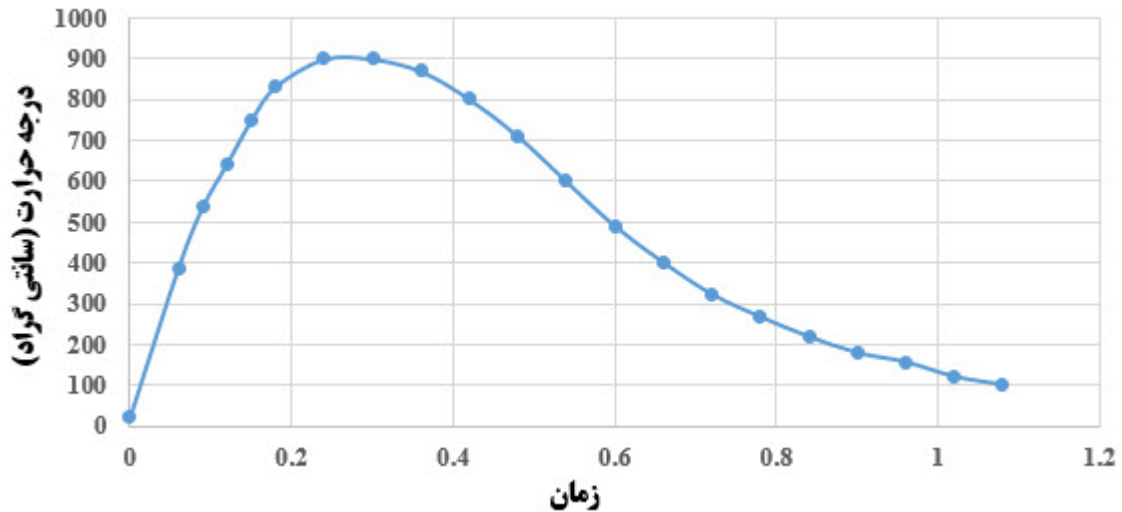


بارها و محل تاثیر آنها برای حذف ستون ها (آیین نامه UFC، ۲۰۱۰)

ترکیب بارگذاری مورد استفاده در تحلیل مورد استفاده برای تمامی حالت های مورد نظر، مطابق آیین نامه UFC در نظر گرفته شده است.

یکی از مسائلی که سازه هایی چون ساختمان های مسکونی، کارخانه ها و مجتمع های اداری و صنعتی را تحت تاثیر قرار می دهد، آتش سوزی است. این امر در مورد سازه های فولادی از اهمیت و حساسیت بیشتری برخوردار است، چرا که در اعضای فولادی به علت قابلیت هدایت گرمایی بالا و ضخامت کم، آتش سوزی باعث کاهش مقاومت و سختی می شود.

در مطالعه ی حاضر به منظور شبیه سازی اثر آتش در کنار حذف ستون از تاریخچه ی بارگذاری ارائه شده استفاده شد. همان طور که مشاهده می گردد این نمودار شرایط مرزی مربوط به تغییرات دما و حرارت اعمال شده ناشی از آتش موضعی به اعضای مجاور محل حذف ستون را بر حسب زمان نشان می دهد. بارگذاری حرارتی اشاره شده با توجه به مطالعه ی سانتیاگو و همکاران (۲۰۰۹) انجام شده است. مشخصات مصالح فولاد مصرفی در محدوده الاستیک و پلاستیک تحت تغییرات دمای اعمال شده ارائه شده است. لازم به توضیح می باشد که بارهای حرارتی ناشی از این آتش سوزی بر روی تیرها و ستون های اطراف محل حذف اعمال شده است.



شرایط مرزی مربوط به تغییرات دما و حرارت اعمال شده ناشی از آتش موضعی به اعضای مجاور محل حذف ستون

(سانتیاگو و همکاران، ۲۰۰۹)

مشخصات مصالح فولاد مصرفی در محدوده الاستیک تحت تغییرات دمای اعمال شده (سانتیاگو و همکاران، ۲۰۰۹)

مدول یانگ (پاسگال)	ضریب پواسون	درجه حرارت (C)
21000000000	0.3	0
21100000000	0.3	20
21000000000	0.3	100
18900000000	0.3	200
16800000000	0.3	300
14700000000	0.3	400
12600000000	0.3	500
6510000000	0.3	600
2730000000	0.3	700
1890000000	0.3	800
1417500000	0.3	900

مشخصات مصالح فولاد مصرفی در محدوده پلاستیک تحت تغییرات دمای اعمال شده (سانتیاگو وهمکاران، ۲۰۰۹)

درجه حرارت (C)	کرنش پلاستیک	تنش تسلیم (پاسگال)
0	0	388000000
20	0	388100000
20	0.038	485000000
20	0.148	485000000
100	0	388000000
100	0.038	485000000
100	0.148	485000000
200	0	388000000
200	0.038	485000000
200	0.148	485000000
300	0	388000000
300	0.038	485000000
300	0.148	485000000
400	0	388000000
500	0	302640000
600	0	182360000
700	0	89240000
800	0	42680000
900	0	23280000

پس از ارائه ی توضیحات لازم پیرامون نحوه ی بارگذاری در این بخش توضیحاتی پیرامون مش بندی مدل های اجزای محدود مورد بررسی پرداخته شده است. یکی از مهم ترین قسمت های نرم افزار ABAQUS تعریف یا همان نسبت دادن مش بر روی هندسه تعریف شده است. در تحلیل اجزاء محدود این مطالعه ابتدا مدل ها را با المان های درشت (تعداد کم المان ها) تحلیل کرده و یکی از کمیت های خروجی مثلا مقدار ماکزیمم نیروی محوری ستون در یک نقطه دلخواه از مدل یادداشت شد. سپس المان ها را ریزتر گردید و مسئله مجددا تحلیل شد. فرایند ریزتر کردن المان ها تاجایی ادامه یافت که اختلاف میان نتایج بسیار کم شد؛ بنابراین مش بندی یا شبکه بندی که به نمایندگی از مدل، مورد مطالعه قرار می گیرد، به اندازه کافی خوب می باشد به طوری که این اطمینان را به وجود می آورد که نیروهای اعمال شده به طوردقیق محاسبه شوند.

## نتایج

- خرابی موضعی ایجاد شده در سازه سبب شده است که ستون پیرامون محل حذف که به عنوان یک عضو مهم در جلوگیری از گسترش خرابی موضعی می‌تواند عمل کند، در مقایسه با سایر ستون‌ها متحمل نیروهای محوری بیشتری شده است.
- با افزایش تعداد طبقات نسبت نیروی محوری این ستون کاهش یافته است. بطوریکه به عنوان مثال نسبت نیروی محوری ستون قرار گرفته در مجاورت محل حذف در قاب خمشی ویژه سه طبقه حدوداً به میزان ۲۱ درصد از مقدار متناظرش در قاب ۸ طبقه بیشتر شده است، بنابراین می‌توان به این نتیجه دست یافت که با افزایش ارتفاع، اعضای سازه‌ای بیشتری در تحمل بارهای وارده مشارکت دارند و می‌توانند با عکس العمل زنجیر وار خود به باربری سازه در حالت نبود ستون حذف شده کمک کرده و بدین ترتیب احتمال وقوع خرابی پیش رونده در سازه کمتر خواهد شد.
- در مدل‌های اجزای محدود قاب‌های خمشی متوسط و ویژه ۳، ۵ و ۸ طبقه، بیشینه نسبت تغییرات نیروی محوری دقیقاً در ستونی که در مجاورت محل حذف قرار گرفته، ایجاد شده است. از سوی دیگر با توجه به تحقیقات انجام شده در زمینه خرابی پیش رونده و همچنین آئین‌نامه‌های مرتبط، کلیدی‌ترین اعضا در جلوگیری از گسترش خرابی موضعی ستون‌های مجاور به محل حذف می‌باشند که می‌بایست در طراحی این اعضا توجه ویژه‌ای به آنها نمود. در این راستا نتایج حاصل از تحلیل قاب‌های ساختمانی مورد بررسی در این مطالعه نیز این موضوع را تأیید می‌کند؛ بنابراین رفتار ستون اشاره شده می‌تواند نقش تأثیرگذاری در جلوگیری خرابی پیش‌رونده داشته باشد و هنگامی که نسبت تغییرات نیروی محوری در آن کمتر می‌شود، به معنی افزایش پایداری سازه در برابر خرابی پیش‌رونده می‌باشد.
- تغییرات نیروی محوری در ستون‌هایی که در فاصله‌ی دورتری نسبت به محل حذف قرار گرفته‌اند، در قاب‌های خمشی متوسط بسیار ناچیز می‌باشند و در مواردی در اثر خرابی موضعی ایجاد شده نیروهای آنها با توجه به بازتوزیع نیروهای ایجاد شده، حتی در قاب‌های سه طبقه کاهش یافته است. همچنین ستون‌هایی که در فاصله‌ی دورتری نسبت به ستون حذف شده قرار گرفته‌اند در قاب‌های خمشی ویژه با افزایش ارتفاع سهم بیشتری در باربری سازه و کاهش پتانسیل خرابی پیش‌رونده دارند.
- با افزایش ارتفاع، درصد تغییرات نیروی محوری قرار گرفته در مجاورت محل حذف در قاب‌های خمشی ویژه در مقایسه با قاب‌های خمشی متوسط کمتر شده است؛ بطوریکه این نسبت برای ساختمان سه طبقه برابر ۰/۷ درصد، برای ساختمان ۵ طبقه برابر ۷/۸ درصد و برای ساختمان ۸ طبقه برابر ۱۱/۳۰ درصد شده است؛ بنابراین در طراحی ساختمان‌های فولادی در برابر خرابی پیش‌رونده، استفاده از سیستم قاب خمشی ویژه با افزایش ارتفاع اثرگذاری بیشتری در مقایسه با سیستم‌های قاب خمشی متوسط دارند.

- نسبت تغییرات نیروی محوری در ستون هایی که در فاصله ی دورتری از محل حذف قرار گرفته اند در قاب های خمشی ویژه بیشتر از مقادیر متناظر در قاب های خمشی متوسط شده است؛ بدین معنا که قاب های ویژه با توجه رفتاری که از خود نشان می دهند سبب می شوند که انتقال نیرو از ستون مجاور محل حذف به ستون های دورتر راحت تر صورت پذیرد و بدین ترتیب اعضای بیشتری در تحمل باربری سهیم شوند و سبب می شوند که قاب های خمشی ویژه بتوانند عملکرد مناسب تری در بازتوزیع نیروهای ناشی بارگذاری های غیرعادی نظیر آتش سوزی در مقایسه با قاب های خمشی متوسط از خود نشان دهند.
- در انتها و با توجه بررسی تغییرات نیروی محوری در قاب های خمشی فولادی متوسط و ویژه مورد مطالعه، از مجموع مطالب چنین بر می آید که برای یک طراحی مناسب در مقابل بارهای غیر عادی نظیر آتش سوزی با مسائل متفاوتی نسبت به آنچه که در بار گذاری های متعارف با آن ها آشنا هستیم، روبه رو خواهیم شد. از اینرو باید توجه ویژه ای به اجزای خارجی مثل ستون های خارجی ساختمان شود. به خصوص در ارتباط با ساختمان های دولتی و تجاری که می توانند محل تجمع افراد زیادی باشند، در نظر گرفتن ملاحظات طراحی برای بارهای غیرعادی و حوادث شدید، از اهمیت بسزایی برخوردار می باشد.

### پیشنهادات

- به منظور توسعه تحقیق حاضر، پیشنهاداتی به منظور انجام مطالعه در آینده به صورت زیر ارائه می شود:
- ۱- بررسی خرابی پیشرونده ناشی از آتش سوزی موضعی در ساختمان های فولادی با سایر سیستم های باربری با روش استفاده شده در پژوهش حاضر
  - ۲- تحلیل خرابی پیش رونده ناشی از آتش سوزی در سازه های نامتقارن در پلان و ارتفاع
  - ۳- مطالعه ی عددی خرابی پیش رونده ی ناشی از آتش سوزی موضعی در ساختمان های بتن مسلح با استفاده از روش اجزای محدود
  - ۴- بررسی خرابی پیشرونده ناشی از آتش سوزی موضعی در ساختمان های فولادی بلند مرتبه

### منابع

۱. باقری پوراصیل میثم، شادمند مهدی، شجاع، ایمان، باقری پوراصیل، میلاد. ۱۳۹۲. بررسی آسیب پذیری ساختمان های فولادی در برابر خرابی پیشرونده بر اساس آیین نامه GSA. همایش ملی مهندسی عمران کاربردی و دستاوردهای نوین
۲. باقری پوراصیل، میثم، کافی سیاه اسطخعی، پویا، افسوس بی ریا، حامد، سعیدی فر، ناصر، ۱۳۹۲، اثرصلبیت دال های بتنی در جلوگیری ازخرابی پیش رونده سازه های فولادی، سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد و اولین کنفرانس ملی سازه های سبک فولادی (LSF).
۳. باقری پوراصیل، میثم، ۱۳۹۲. بررسی گسیختگی پیشرونده ناشی از بارگذاری انفجاری در قاب های خمشی فولادی. وزارت علوم، تحقیقات و فناوری - دانشگاه محقق اردبیلی - دانشکده فنی.

۴. خلیلی‌صفا، سعیده، فاجعه بارترین ریزش آسمانخراش‌ها در طول تاریخ، مجله کجارو.
۵. دیلمی اردشیر، اسلامی غزاله. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر تعداد طبقات و تعداد دهانه‌های قابهای ساختمانهای فولادی برای مقاومت در برابر خرابی پیش‌رونده. هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران.
۶. سعادت‌مند بحری، امیرحسین، پروری علی. ۱۳۹۵. ارزیابی سناریوی خرابی پیش‌رونده در سازه‌های فولادی دارای مهاربند زانویی، کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، معماری و توسعه شهری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
۷. عسگری مارنانی، جعفر، سلیمانی کوچانی، حسین. ۱۳۹۲. بررسی پتانسیل خرابی پیش‌رونده در قاب خمشی فولادی تحت اثر اتصالات مختلف. هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، زاهدان.
۸. عبدالله زاده، غلامرضا، کلانی ساروکلایی لایلا، وهاب زاده، فاطمه، ۱۳۹۴، اثر آتش در خرابی پیش‌رونده سازه فولادی با دیافراگم صلب. کنفرانس بین‌المللی دستاوردهای نوین پژوهشی در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی.
۹. عباسی مرادی، ایرج؛ مرتضی نقی پور و حسن حاجی، ۱۳۹۵، ارزیابی خرابی پیش‌رونده‌ی ساختمان‌های بلند فولادی در برابر اصابت هواپیما، اولین مسابقه کنفرانس بین‌المللی جامع علوم مهندسی در ایران، انزلی، دبیرخانه کنفرانس، دانشگاه گیلان - دانشگاه تبریز.
۱۰. عیدی، علیرضا، گلی زاده، سعید، ۱۳۹۶، خرابی پیش‌رونده در سازه‌های فولادی (بررسی علل ریزش ساختمان پلاسکو)، کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و شهرسازی ایران معاصر.
۱۱. فرهادی حجّت‌اله، هاشمی سید شاکر، فیوض علیرضا. ۱۳۹۵. ارزیابی عملکرد سازه فولادی با اتصال ستون-درختی در برابر خرابی پیش‌رونده به روش تحلیل استاتیکی غیرخطی، کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، معماری و توسعه شهری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
۱۲. قدرتی امیری غلامرضا، کافی سیاه اسطخچی پویا. ۱۳۹۵. بررسی قابلیت خرابی پیش‌رونده در ساختمان‌های فولادی با سقف‌های مختلط. مهندسی عمران شریف. ۸۷-۹۶.
۱۳. قدرتی امیری، غلامرضا؛ کافی سیاه اسطخچی، پویا، ۱۳۹۴، بررسی قابلیت خرابی پیش‌رونده در ساختمان‌های فولادی با سقفهای مختلط، مجله علمی و پژوهشی شریف، تهران زمستان.
۱۴. محمودی صاحبی، موسی؛ کوزانی، سید هژیر، تیموری، طه، ۱۳۹۳، ارزیابی پایداری قاب‌های خمشی فولادی در برابر خرابی‌های پیش‌رونده، هشتمین کنگره ملی مهندسی عمران، بابل، دانشگاه صنعتی نوشیروانی.
۱۵. مهرابی، فرشاد، خیرالدین، علی، گرامی، محسن. ۱۳۹۱. ارزیابی پتانسیل خرابی پیش‌رونده در ساختمان‌های فولادی طرح شده بر اساس آیین‌نامه ایران. مهندسی عمران شریف، ۴-۴۶.
۱۶. واثقی امیری، جواد، صابر نعیمی، نوید، ۱۳۹۱، "اثرات درجه نامعینی بر مقاومت سازه‌های فولادی قاب خمشی در برابر خرابی پیش‌رونده" سومین اجلاس ملی سازه و فولاد و اولین اجلاس سازه‌های سبک فولادی.
۱۷. وطنی، مهدی، خدارحمی، حسین، سروقد مقدم، عبدالرضا. ۱۳۹۳. رفتار قاب خمشی فولادی تقویت شده با کابل پس کشیده در برابر خرابی پیش‌رونده. پدافند غیرعامل، ۱-۲۱.
۱۸. هادیان فرد، محمدعلی، واثق مصطفی، طباطبایی، سیدمحمدصادق. ۱۳۹۴. بررسی و ارزیابی آیین‌نامه‌های موجود، برای مقابله با خرابی پیش‌رونده در پدافند غیرعامل. دانش‌نما، ۲۲۰، ۲۴۲-۲۴۴.

19. ABAQUS theory manual. Pawtucket, (2016), R.I: Hibbitt, Karlsson and Sorensen, Inc.; Version 6.11.
20. Ahmad Saad, Aly Said, and Ying Tian, (2008). Overview of progressive collapse analysis and retrofit techniques, American society of civil engineers, International committee, Los angeles section, Conference (IECC'5), August 27-29.
21. Astaneh-Asl, A., Jones, B., Zhao, Y., Hwa, R. (2001). Floor ceterary action to prevent progressive collapse of steel structures. Final Report.
22. Bangash, M.Y.H. and Bangash, T., (2006), "Analysis Explosion-Resistant Buildings. Design, Analysis, and Case Studies," Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York.
23. Bangladesh Building Collapse (2013), <http://news.nationalgeographic.com/news>, April 24.
24. Bagheripourasil, M., & Mohammadi, Y. (2015). Comparison between alternative load path method and a direct applying blast loading method in assessment of the progressive collapse. *Journal of Rehabilitation in Civil Engineering*, 3(2), 1-15.
25. Bagheripourasil, M. B., Mohammadi, Y., & Gholizad, A. (2017). A proposed procedure for progressive collapse analysis of common steel building structures to blast loading. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 1-9.
26. Corley, W.G., Mlakar, P.F., Sozen, M.A., and Thornton, C.H. (2013), "The Oklahoma City Bombing: Summary and Recommendations for Multihazard Mitigation", *Journal of Performance of Constructe*, Saimaa University of Applied Sciences The Faculty of Technology, Lappeenranta.
27. Clough, R. W. (1960), The finite element method in plane stress analysis- J. Sturcture Div., ASCE, Proc. 2nd Conf Electronic Computation, pp 345-378.
28. Cuoco, Daniel, 1992, "Investigation of L'Ambiance Plaza Building Collapse," *Journal of Performance of Constructed Facilities*, American Society of Civil Engineers, November, 1992.
29. Courant, R. Variational methods for the solution of problems of equilibrium and vibration. *Bull. Am. Math. Soc.* Vol 49, ppl-43,1943.
30. Chang Fang, Michael C.H. Yam, J.J. Roger Cheng, Yanyang Zhang, 2015, Compressive strenght and behaviour of gusset plate connections with single-sided splice members, *Journal of constructional steel research*, Volume 106, Page 166-183
31. Hrenikoff, A. Solution of problems in elasticity by the framework method. *J. Appl Mech. Trans. ASME*, Vol 8, ppl69-174,1941.
32. Fu, F. (2009). Progressive collapse analysis of high-rise building with 3-D finite element modelling method. *J Constr Steel Res*;65:1269-78.
33. Fu, F. (2012). Response of a multi-storey steel composite building with concentric bracing under consecutive column removal scenarios. *Journal of Constructional Steel Research* 70. 115–126.
34. Fu Feng, (2009), Dynamic response and robustness of tall buildings under blast loading, *Journal of Constructional Steel Research* 80 (2013) 299–307, 2009.
35. Federal Emergency Management Agency. 2002. World Trade Center building performance study. FEMA, Federal Insurance and Mitigation Administration. Report 403.
36. Guo, Lanhui, Gao, Shan, Fu, Feng, Wang, Yuyin, (2013), Experimental study and numerical analysis of progressive collapse resistance of composite frames, *Journal of Constructional Steel Research* 89,236–251.
37. Galal, K., & El-Sawy, T. (2010). Effect of retrofit strategies on mitigating progressive collapse of steel frame structures. *Journal of Constructional Steel Research*, 66(4), 520-531.



38. Liu, M. (2011). Progressive collapse design of seismic steel frames using structural optimization. *Journal of Constructional Steel Research*, Vol. 67, pp. 322–332.
39. Lu, Xinzheng Kaiqi Lin, Yi Li, Hong Guan, Peiqi Ren, Yulong Zhou, (2016). Experimental investigation of RC beam-slab substructures against progressive collapse subject to an edge-column-removal scenario, *Engineering Structures*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.engstruct.2016.07.039>.
40. Lew, H., 2003, "Best practices Guidelines For Mitigation of Building For progressive collapse"
41. Longinow, A. and K.R. Mniszewski, Protecting buildings against vehicle bomb attacks. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 0669. 0(0): p.85-80
42. Kaafi, Pouya Ghodrati Amiri, Gholamreza, (2014), Investigation of the Progressive Collapse Potential in Steel Buildings with Composite Floor System, *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Civil and Environmental Engineering Vol:1, No:8*.
43. Karns, J. E., & Houghton, D. L. (2003). Macro and micro nonlinear analysis methods to assess progressive collapse potential in highrise steel frame buildings as a function of beam-to-column connection behavior. In *Proceedings of the 74th Shock & Vibration Symposium*.
44. Menchel Kfir, 2009, Progressive collapse: comparison of main standards, formulation and validation of new computational procedures, PHD thesis ,
45. Mlakar, D.O. Dusenberry, J.R. Harris, G.A. Haynes, L.T. Phan, and M.A. Sozen, 2003,"The Pentagon Building Performance Report", American society of Civil Engineering, Reston, Virginia.
46. Powell, G., (2005), "Progressive Collapse: Case Studies Using Nonlinear Analysis," *Forensic Engineering Symposium*, RAM International, Carlsbad, California.
47. Pachoumis, E.G. Galoussis, G.N. Kalfas, A.D. Christitsas, 2009, Reduced beam section moment connections subjected to cyclic loading: Experimental analysis and FEM simulation, *Engineering Structures*, Volume 31, Pages 216-223
48. Song, B., Sezen, H. 2013. Experimental and analytical progressive collapse assessment of a steel frame building. *Engineering Structures*. 664–672.
49. Starossek, U. 2007. Typology of progressive collapse. *Engineering Structures* Vol. 29, No. 9, pp. 2302-2307, Sept .
50. Turner, M. J. Stiffness and deflection analysis of complex structures. CLOUGH, R. W. J. *Aero. Sci.* Vol 23, No Clough, R. W. The finite element method in plane stress analysis- J. Sturcture Div., ASCE, Proc. 2nd Conf Electronic Computation, pp 345-378, 1960.
51. Unified Facilities Criteria (UFC)-DoD. (2005). Design of buildings to resist progressive collapse. Department of Defense.
52. Weaver, W., "Finite Element for structural Analysis," (1983), Prentice Hall.
53. Zolghadr Jahromi, H.; Izzuddin, B.A.; Nethercot, D.A.; Donahue, S.; Hadjioannou, M.; Williamson, E.B.; Engelhardt, M.; Stevens, D.; Marchand, K.; Waggoner, M. Robustness Assessment of Building Structures under Explosion. *Buildings*, (2012), 2, 497-518.
54. Zdenek, and F. Bazant, 2007, "Mechanics of Progressive Collapse: Learning from World Trade Center and Building Demolitions", *Journal of Engineering Mechanics*

## Numerical study of progressive collapse due to localized fire using finite element method

Shahram Karimi Koozegaran \*1  
Hossein Taghizadeh 2  
Ahmad Ahmadnia Halimejani 3

Date of Receipt: 2021/05/03 Date of Issue: 2021/04/23

### Abstract

In the present study, a numerical study of the progressive Collapse of local fire in steel frames has been investigated using finite element method. For this purpose, at first three buildings, five and eight floors with a system intermediate Steel moment frame And especially Steel moment frame designed by Etabs software under the effects of dead, live, and earthquake loads, in accordance with the Sixth National Building Regulations and Regulations 2800. In the next step, in order to investigate the progressive collapse caused by local fire, the outer frame of the simulated structures was finite element method and again simulated with ABAQUS software and using the alternate load path method, the potential for the failure of these systems was evaluated. Accordingly, according to the mentioned explanations, the variables studied consist of the number of classes (3, 5 and 8 floors), the type of frames (intermediate and special frame), which was evaluated in two cases without deleting the column. The most important results show that, with increasing height, the percentage of axial force variations located near the place of removal in the special flexural frame has decreased compared to the average bending frame As for the building of three floors, it is 0.7 percent, on the 5th floor building is 7.8 percent and 11.30 percent for the 8th floor building. Therefore, in the design of steel buildings against progressive collapse, the use of a special moment frame system with higher heights has a more effective effect compared to average flexure frame systems

### Keywords

Steel moment Frame, Progressive collapse, Local Fires, Finite Element Method

1. Master of Civil Engineering, Islamic Azad University, Lasht Nasha Branch, Lasht Nasha, Iran. Station boss. (Responsible author: Shahramkarimi1250@gmail.com)
2. Master of Financial Management, Islamic Azad University, Anzali Branch, Anzali, Iran. Station boss. (hoseintaghizadeh182@gmail.com)
3. Master of Geography and Urban Planning, Payame Noor University, Rasht Branch, Rasht, Iran. Station boss. (ahmdahmdnya5@gmail.com)