

ارزیابی مقاومت سیستم های دوگانه قاب خمشی فولادی و مهاربند همگرا در برابر خرابی

پیشرونده

مریم موسوی زنونز¹، محمد رضا شیدائی²

1. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زلزله، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

m.musavi19@yahoo.com

2. دانشیار، گروه عمران، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

m.sheidaii@urmia.ac.ir

چکیده

در پدیده خرابی پیشرونده، خرابی موضعی در ناحیه نسبتاً کوچکی از سازه رخ می دهد و در شرایطی این خرابی موضعی، به بخش های دیگری از سازه گسترش یافته و در نهایت به خرابی کلی یا خرابی بخش بزرگی از سازه، منتهی می شود. سیستم دوگانه قاب خمشی فولادی و مهاربند همگرا از سیستم های متداول باربر جانبی است، در این تحقیق مقاومت این سیستم ها در برابر خرابی پیشرونده، به ازای حذف ناگهانی عنصر باربر قائم ستون به روش مسیر بار جایگزین استاتیکی غیر خطی مورد مطالعه قرار گرفته است. پارامترهای بررسی شده در این مطالعه شامل میزان لرزه خیزی، نوع خاک، نوع سیستم باربر جانبی، نوع بادبند و سهم قاب خمشی از نیروی جانبی در سیستم دوگانه می باشند. در نهایت توصیه های مناسب در رابطه با بهبود رفتار این سیستم های ساختمانی در برابر خرابی پیشرونده ارائه شده است.

کلمات کلیدی

خرابی پیشرونده، روش مسیر بار جایگزین، تحلیل استاتیکی غیرخطی، مهاربند همگرا

1. مقدمه

خرابی پیشرونده زمانی اتفاق می افتد که خرابی موضعی یک مولفه سازه ای منجر به فرو ریزش زنجیروار اعضای مجاور شود. خرابی پیش آمده در سازه در قیاس با خرابی موضعی اولیه بسیار نامتناسب و بیش از اندازه است [1]. به طور متداول سازه ها برای بارهای عادی نظیر بار مرده، زنده، باد و زلزله طراحی می شوند، با وجود این بارهای دیگری نیز وجود دارند که احتمال وقوع آن ها کم است، ولی در صورت وقوع می توانند منجر به خرابی های فاجعه باری شوند. بارهای مذکور، بارهای غیرعادی نامیده می شوند که شامل اضافه بار، انفجار، برخورد های تصادفی، خطاهای طراحی و ... می باشند.

Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single

Formatted: Left: 0.91", Right: 0.98", Top: 1.1", Bottom: 0.87", Width: 7.09", Height: 9.84"

Formatted

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt

Formatted

Formatted

Formatted: Font: 10 pt, Not Bold, Complex Script Font: B Zar, 10 pt, Not Bold

Formatted: Font: 10 pt, Not Bold, Complex Script Font: B Zar, 10 pt, Not Bold

Formatted

Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single

Formatted: Font: 10 pt, Complex Script Font: B Zar, 10 pt

Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single

Formatted

Formatted: Font: 10 pt, Complex Script Font: B Zar, 10 pt

Formatted

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted

مطالعات نشان می دهد که 20٪ کل خرابی ها در آمریکا و حدود 15٪ کل خرابی ها در کانادا، در سال های اخیر ناشی از پدیده خرابی پیشرونده بوده است [2]. وقوع خرابی پیشرونده در ساختمان رونان پوینت در سال 1968 در انگلیس و فروریزش ساختمان های تجارت جهانی در 11 سپتامبر 2001 در آمریکا از جمله رویداد های مهم تاریخی هستند که توجه محققین را به مساله خرابی پیشرونده معطوف کرده و به این ترتیب آیین نامه های ویژه ای نظیر **UFC** و **GSA** به منظور طراحی سازه های مقاوم در برابر خرابی پیشرونده تدوین شده اند [1،3]. اخیرا در ویرایش جدید مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران نیز لزوم طراحی ساختمان ها به صورت مقاوم در برابر خرابی پیشرونده مورد توجه قرار گرفته و ضوابط مختصری که بر گرفته از آیین نامه **UFC** هستند، در آن مطرح گردیده است [4].

روش های مختلفی برای تحلیل و طراحی ساختمان ها برای مقاومت در برابر خرابی پیشرونده پیشنهاد شده است که در این میان روش مسیر جایگزین از مطلوبیت بالایی برخوردار است [3]. در این روش به جای اعمال بار غیر عادی، عضوی از سازه حذف شده و توانایی سازه در تحمل بارهای طراحی متناظر با خرابی پیشرونده مورد بررسی قرار می گیرد. روش های تحلیل در روش مسیر بار جایگزین شامل روش استاتیکی خطی، استاتیکی غیر خطی و دینامیکی غیر خطی می باشند.

Marjanishvili [5] مزایا و معایب روش های مختلف تحلیل خرابی پیشرونده را مطالعه کرد. **Kim** و همکارانش [6] ظرفیت مقاومت قاب های خمشی فولادی را در برابر خرابی پیشرونده با استفاده از روش مسیر جایگزین و با توجه به آیین نامه های **GSA2003** و **DOD2005** مطالعه کردند. تحلیل های استاتیکی خطی و دینامیکی غیر خطی مقایسه شدند و مشاهده شد که تحلیل دینامیکی غیر خطی در مقایسه با تحلیل استاتیکی خطی، پاسخ های سازه ای بزرگتری ارائه داد و نتایج به طور برجسته ای با متغیرهایی مانند بار اعمالی، محل حذف ستون و تعداد طبقات تغییر کرد. **Khandelwal** و همکارانش [7] ظرفیت مقاومت قاب های مقاوم لرزه ای دارای مهاربند فولادی را در برابر خرابی پیشرونده با استفاده از مدل های دو بعدی مطالعه کردند، قاب های ویژه با مهاربند همگرا و قاب های دارای مهاربند واگرا مقایسه شدند. نتایج مدلسازی نشان داد که قاب با مهاربند واگرا در مقایسه با قاب ویژه دارای مهاربند همگرا دچار آسیب کمتری در برابر خرابی پیشرونده گردید.

در مطالعه حاضر، مقاومت ساختمان های فولادی با سیستم دوگانه قاب خمشی ویژه و مهاربند همگرای ویژه در برابر خرابی پیشرونده با استفاده از آیین نامه **UFC2009** و بر اساس روش مسیر بار جایگزین استاتیکی غیرخطی مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این سیستم، بارهای قائم توسط قاب خمشی و نیروهای جانبی تواما توسط قاب خمشی و مهاربند ها تحمل می شوند. نیروی جانبی بین قاب خمشی و مهاربند ها به نسبت صلبیت آن ها توزیع می گردد. قاب های خمشی در سیستم دوگانه، حداقل ملزم به

Formatted

Formatted

Formatted

تحمل 25 درصد نیروی جانبی وارد به سازه می باشند. در این تحقیق، با افزایش این مقدار به 50 و 75 درصد، مقاومت نمونه های موجود در برابر خرابی پیشرونده با انجام تحلیل استاتیکی غیرخطی محاسبه شده است. از دیگر پارامترهای طراحی مورد مطالعه می توان به میزان لرزه خیزی، نوع خاک، نوع سیستم باربر جانبی و نوع بادبند اشاره کرد.

2. معرفی مدل های تحلیلی

مدل های بررسی شده در این تحقیق، ساختمان های فولادی شش طبقه با کاربری مسکونی واقع در منطقه ای با لرزه خیزی بالا (رده لرزه ای D مطابق آیین نامه ASCE7-10) می باشند. تمامی ساختمان ها دارای پلان مربعی با ابعاد 24 در 24 متر بوده، ارتفاع طبقات 3/2 متر و طول هر یک از دهانه ها 6 متر می باشد (مطابق شکل های 1 و 2).

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single

Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single

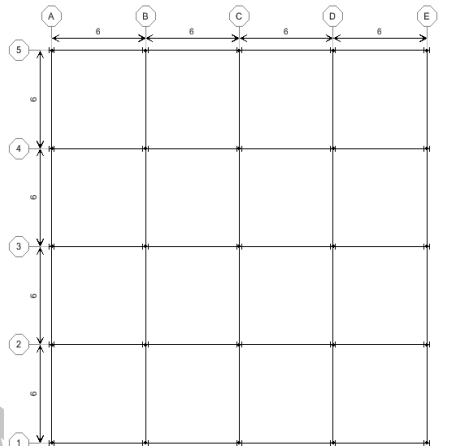
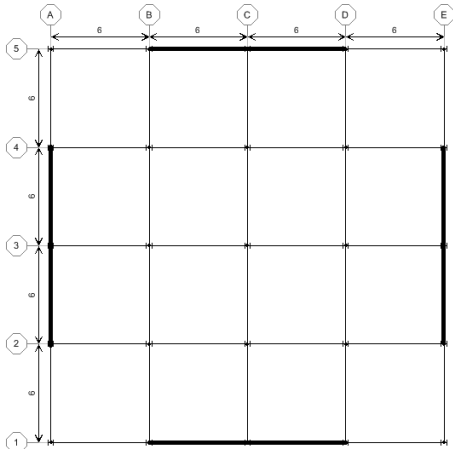
Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Archive of SID



شکل 1: پلان سازه الف) قاب خمشی ویژه، ب) سیستم دوگانه

Formatted: Complex Script Font: B Zar
Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt
Formatted: Space After: 0 pt
Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single

50%			ویژه و بادبند ضربداری	DSxH50	
75%				DSxH75	
25%				DSivH25	
50%	D	1	سیستم دوگانه با قاب خمشی	DSivH50	3
75%			ویژه و بادبند شورون	DSivH75	

جنس مصالح فولادی مورد استفاده در سازه ها برای بادبندها از نوع A500 با Grade C با تنش تسلیم 3220 kgf/cm^2 و برای تیرها و ستون ها از نوع A992 با تنش تسلیم 3450 kgf/cm^2 می باشد. برای المان های تیر و ستون از مقاطع I شکل و برای المان های بادبند از مقاطع Box توخالی با مقطع مربع (مطابق جدول 2) استفاده شده است. مقاطع مورد استفاده در سیستم دوگانه با بادبند شورون (سهم قاب خمشی از بار جانبی 25٪) در جدول 3 ارائه شده است.

برای بارگذاری نقلی و جانبی از آیین نامه 7-10 ASCE [8]، برای طراحی اعضای فولادی از AISC 360 و AISC 341 [10,9]، برای تعریف مفصل پلاستیک از ASCE41-06 [11] و برای تحلیل خرابی پیشرونده از دستورالعمل UFC2009 استفاده گردیده است.

جدول 2: مقاطع به کار رفته در مدل ها

بادبند	تیر	ستون
HSS 4×4×1/4	W 12×19	W 12×96
HSS 4×4×5/16	W 12×22	W 12×106
HSS 4×4×3/8	W 12×35	W 12×120
HSS 5×5×5/16	W 12×45	W 12×136
HSS 5×5×3/8	W 12×50	W 12×152
HSS 6×6×3/8		W 12×170
		W 12×190
		W 12×210

- Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt
- Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt
- Formatted
- Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt
- Formatted
- Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt
- Formatted
- Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt
- Formatted
- Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt
- Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt
- Formatted: Complex Script Font: B Zar
- Formatted
- Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single
- Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt
- Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt
- Formatted
- Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt
- Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single
- Formatted: Complex Script Font: B Zar
- Formatted
- Formatted
- Formatted
- Formatted
- Formatted
- Formatted: Complex Script Font: B Zar
- Formatted
- Formatted
- Formatted
- Formatted
- Formatted

جدول 3: مقاطع به کار رفته در مدل DSivH25

طبقه ششم	طبقه پنجم	طبقه چهارم	طبقه سوم	طبقه دوم	طبقه اول		
W 12×96	W 12×120			داخلی	ستون		
W 12×96	W 12×96			خارجی			
W 12×19	W 12×35			داخلی	تیر		
W 12×19	W 12×19			خارجی			
HSS 5×5×5/16			HSS 6×6×3/8		بادبند		

3. تحلیل خرابی پیشرونده

همان طور که قبلا اشاره شد برای تحلیل خرابی پیشرونده در سازه های مدل، از روش مسیر جایگزین استاتیکی غیرخطی ارائه شده در آیین نامه UFC2009 استفاده شده است. با توجه به این که پروسه های تحلیل غیرخطی در تعیین عملکرد سازه، دقیق تر از پروسه های خطی هستند، برای ارزیابی مقاومت سازه در برابر خرابی پیشرونده از تحلیل استاتیکی غیرخطی استفاده شد. با توجه به شکل 1 دو حالت مختلف برای حذف ستون در طبقه اول در نظر گرفته شده است:

1. حذف ستون گوشه (ستون A1)
2. حذف ستون دوم (ستون A2)

1.3. تحلیل استاتیکی غیرخطی

در این تحلیل از همان ابتدا ستون مورد نظر از مدل تحلیلی حذف می شود. سپس طبق آیین نامه UFC، دهانه های مرتبط با ستون حذف شده تحت بار نقلی افزایش یافته $(1.2DL + 0.5LL)$ و دهانه های غیر مرتبط با ستون حذف شده تحت بار $(1.2DL + 0.5LL)$ تحلیل می شوند. پارامتر Ω_N ضریب

- Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt
- Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single
- Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt
- Formatted: Complex Script Font: B Zar
- Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt
- Formatted: Complex Script Font: B Zar
- Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single
- Formatted
- Formatted
- Formatted
- Formatted: Complex Script Font: B Zar
- Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single
- Formatted
- Formatted
- Formatted: Complex Script Font: B Zar
- Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single
- Formatted
- Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt
- Formatted: Complex Script Font: B Zar
- Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single
- Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt
- Formatted: Complex Script Font: B Zar
- Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single
- Formatted
- Formatted
- Formatted
- Formatted
- Formatted
- Formatted

افزایش دینامیکی می باشد که با توجه به آیین نامه UFC برای این تحلیل در سازه های فولادی از رابطه زیر قابل محاسبه است [3]:

$$\Omega_N = 1.08 + 0.76 / (\Theta_{pra} / \Theta_v + 0.83)$$

بر اساس رابطه فوق و مشخصات مقاطع مورد استفاده، مقدار 1.17 برای ضریب افزایش دینامیکی در نظر گرفته شده است.

2.3. معیار پذیرش

UFC، معیار پذیرش خرابی پیشرونده در روش های غیرخطی راه حداکثر دوران مفصل پلاستیک معرفی می کند. این معیار برای تیرهای فولادی، سطح عملکرد آستانه فروریزش (CP) و برای ستون ها و اعضای مهاربندی، سطح عملکرد ایمنی جانبی (LS) می باشد.

4. ارزیابی مقاومت خرابی پیشرونده

در این قسمت، نتایج مربوط به تحلیل استاتیکی غیرخطی به صورت نمودارهای ضریب بار - جابجایی برای ارزیابی مقاومت خرابی پیشرونده ارائه می شوند. ضریب بار، نسبت بار وارده در هر گام از تحلیل استاتیکی غیرخطی به مقدار کل بار ثقلی سرویس خرابی پیشرونده است و منظور از جابجایی در این نمودارها، تغییر مکان قائم نقطه بالای ستون حذف شده می باشد. اگر نمودار ضریب بار - جابجایی به صورت صعودی تا ضریب بار 1 پیش رود، در صورت ارضای ضوابط پذیرش، سازه دارای مقاومت کافی در برابر خرابی پیشرونده خواهد بود و ضریب بار کوچک تر از 1 معادل پتانسیل بالا برای وقوع خرابی پیشرونده است. مدل های مورد بررسی در این تحقیق در دو ضریب بار ارزیابی می شوند:

1. مقاومت خرابی پیشرونده: ضریب بار حداکثر با ارضای معیارهای پذیرش تحت بار طراحی UFC
2. مقاومت خرابی پیشرونده نقطه فروریزش: ضریب بار حداکثر بدون توجه به معیارهای پذیرش که معادل حداکثر مقاومت سازه در برابر خرابی پیشرونده تحت بار فروریزش است.

پارامترهای مورد مطالعه در این تحقیق عبارتند از: میزان لرزه خیزی، نوع خاک، نوع سیستم باربر جانبی، نوع بادبند و سهم قاب خمشی از نیروی جانبی در سیستم دوگانه. با توجه به جدول 1 نتایج در سه بخش ارائه می شوند.

بخش اول: مقایسه مدل های DSxL با مدل SMFL

بخش دوم: مقایسه مدل های DSxH

بخش سوم: مقایسه مدل های DSivH

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted

Formatted

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted

Formatted

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

1.4. بخش اول: مقایسه مدل های DSxL با مدل SMFL

در شکل 4 الف، نمودارهای ضریب بار - جابجایی برای حذف ستون گوشه در سیستم دوگانه با بادبند ضربدری در سه حالت (سهم قاب خمشی از بار جانبی برابر 25، 50 و 75 درصد) رسم شده و با نمودار ضریب بار - جابجایی مربوط به قاب خمشی ویژه مقایسه شده اند. نتایج حاصل از این نمودارها در جدول 4 ارائه شده است. با توجه به جدول، با افزایش سهم قاب خمشی از بار جانبی در سیستم دوگانه، مقاومت خرابی پیشرونده سازه تحت بار طراحی UFC و بار فروریزش افزایش و جابجایی کاهش یافته است. به طوری که سازه طراحی شده با سهم 25 درصد دارای ضریب بار کوچک تر از یک و پتانسیل بالا برای خرابی پیشرونده است. در حالی که سازه های طراحی شده با سهم 50 و 75 درصد دارای مقاومت کافی برای مقابله با بار خرابی پیشرونده می باشند. مقاومت خرابی پیشرونده مربوط به سازه با قاب خمشی ویژه، مقاومتی نزدیک به مقاومت سیستم دوگانه در حالت سهم 50 درصد را نشان می دهد. با توجه به این که ضریب رفتار در سیستم دوگانه برابر 7 و برای قاب خمشی ویژه 8 می باشد، ضریب زلزله محاسبه شده برای قاب خمشی ویژه و ضریب زلزله مورد استفاده در طراحی قاب خمشی با سهم 50 درصد در سیستم دوگانه تقریباً برابر بوده و منجر به رفتار یکسان این سازه ها در برابر خرابی پیشرونده شده است.

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

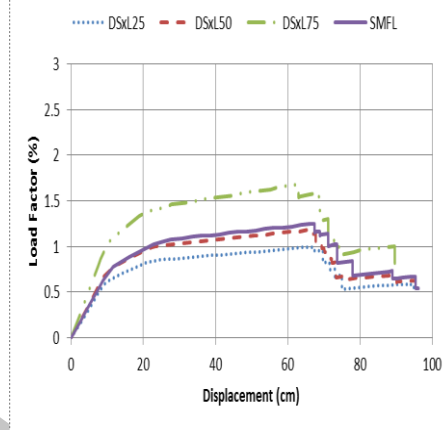
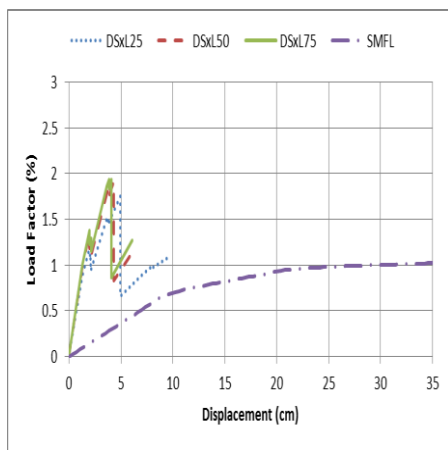
Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Archive



(ب) (الف)

شکل 4: نمودار ضریب بار - جایجایی در مدل های DSxL و SMFL برای الف) حذف ستون گوشه،
 ب) حذف ستون دوم

شکل 4 ب، نمودارهای ضریب بار - جایجایی را برای حذف ستون دوم در قاب خمشی ویژه و در سیستم دوگانه با بادبند ضربدری در سه حالت نشان می دهد. با توجه به این که ستون دوم در سیستم دوگانه، از یک

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt

Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt

Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single

نتایج حذف ستون دوم برای مدل DSxH در شکل 5 قابل مشاهده است. با توجه به جداول 4 و 5، با افزایش SDS و نامطلوب شدن وضعیت خاک، مقاومت تحت بار طراحی در مدل های DSxH25,50، افزایش یافته است. با افزایش سهم قاب خمشی از بار جانبی، در حذف ستون دوم، مقاومت سازه تحت بار فروریزش اندکی افزایش یافت اما مقاومت خرابی پیشرونده تحت بار طراحی کاهش یافته است به طوری که مدل DSxH75 دارای پتانسیل بالا برای خرابی پیشرونده می باشد. در واقع، با افزایش سهم قاب خمشی از بار جانبی، مقاطع بادبندها کوچک شده و مهاربند در ضریب بار کوچکتری از سطح عملکرد LS عبور می کند. عامل اصلی در افزایش مقاومت سازه در برابر خرابی پیشرونده، در این حالت، مجاورت ستون با بادبند ضربدری می باشد. این بادبند با افزایش سختی سازه و کاهش شکل پذیری، مقاومت سازه را افزایش می دهد. به همین علت، افزایش سهم قاب خمشی از بار جانبی و ضعیف شدن بادبندها ممکن است باعث افزایش پتانسیل سازه در برابر خرابی پیشرونده شود.

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

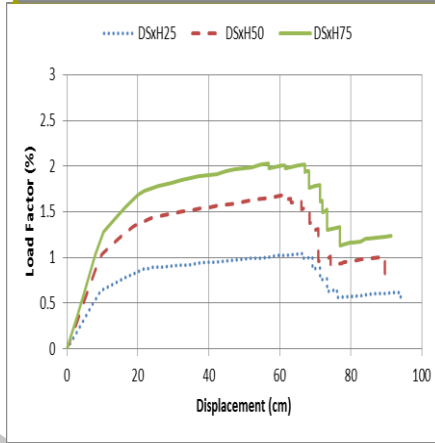
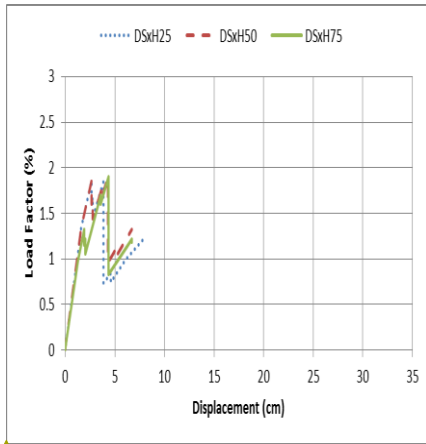
Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Archive of



(ب) (الف)

شکل 5: نمودار ضریب بار - جابجایی در مدل های DSxH برای الف) حذف ستون گوشه، ب) حذف ستون دوم

جدول 5: نتایج تحلیل استاتیکی غیرخطی برای مدل های DSxH

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt

Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt

Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt

Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt

Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt

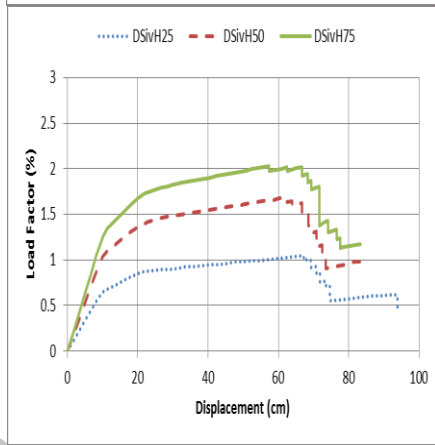
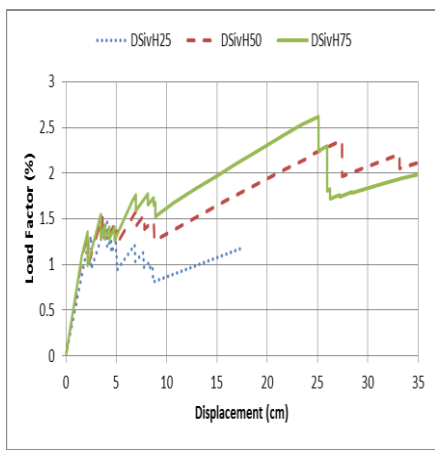
Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt

تحت بار فروریزش

تحت بار طراحی UFC



(ب)

(الف)

شکل 6: نمودار ضریب بار - جابجایی در مدل های DSivH برای الف) حذف ستون گوشه، ب) حذف ستون دوم

در شکل 6 ب پاسخ سازه را برای حذف ستون دوم در مدل DSivH مشاهده می کنید. با توجه به جداول 5 و 6، با تغییر بادبند به شورون، مقاومت نقطه فروریزش و میزان شکل پذیری نسبت به بادبند ضریبندری به شدت افزایش یافته است. همچنین با افزایش سهم قاب خمشی از بار جانبی، مقاومت و شکل پذیری سازه

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt

Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt

Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

تحت بار فروریزش، به طور چشمگیری افزایش و مقاومت تحت بار طراحی اندکی کاهش می یابد. کاهش مقاومت سازه در این مدل نسبت به مدل DSxH، جزئی بوده و سازه همچنان قادر به تحمل بار خرابی پیشرونده می باشد.

جدول 6: نتایج تحلیل استاتیکی غیرخطی برای مدل های DSivH

تحت بار فروریزش		UFC تحت بار طراحی				تحت بار فروریزش		نام مدل
حذف ستون دوم		حذف ستون گوشه		حذف ستون دوم		حذف ستون گوشه		
ضریب بار	جابجایی	ضریب بار	جابجایی	ضریب بار	جابجایی	ضریب بار	جابجایی	
2/5	1/317	67/2	1/043	1/9	1/114	66/4	1/041	DSivH25
27/4	2/364	61/9	1/687	1/6	1/098	60/2	1/679	DSivH50
25/1	2/619	57/3	2/030	1/6	1/097	55/6	2/020	DSivH75

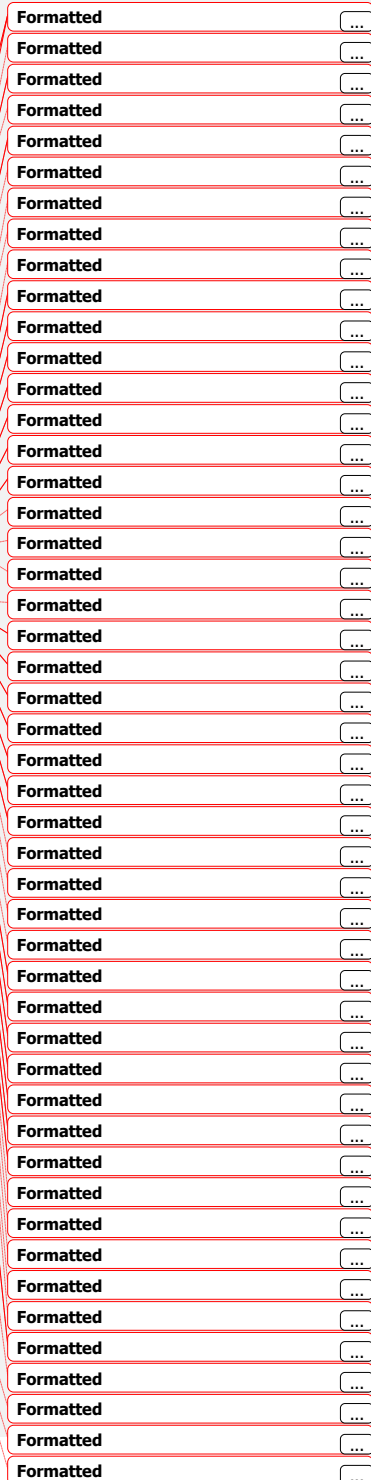
5. نتیجه گیری

در این مطالعه، ساختمان های 6 طبقه فولادی با ابعاد یکسان به روش مسیر بار جایگزین مطابق آیین نامه UFC2009 و با استفاده از تحلیل استاتیکی غیرخطی در برابر خرابی پیشرونده ارزیابی شدند. پارامترهای بررسی شده در این مطالعه شامل میزان لرزه خیزی، نوع خاک، نوع سیستم باربر جانبی، نوع بادبند و سهم قاب خمشی از نیروی جانبی در سیستم دوگانه می باشند.

با توجه به نتایج تحلیل مسیر جایگزین، در حالت حذف ستون گوشه می توان به نکات مهم ذیل اشاره کرد:

- با افزایش سهم قاب خمشی از بار جانبی در سیستم دوگانه، مقاومت سازه در برابر خرابی پیشرونده افزایش و شکل پذیری کاهش یافته است.
- در این حالت، عامل اصلی مقاومت در برابر خرابی پیشرونده، تیرها می باشند. به همین علت، در صورتی که ضریب زلزله مورد استفاده برای طراحی قاب خمشی در سیستم دوگانه، با ضریب زلزله قاب خمشی ویژه برابر باشد، مقاومت خرابی پیشرونده این سازه ها یکسان خواهد بود.
- مقاومت خرابی پیشرونده در سازه های طراحی شده با خطر لرزه خیزی بیش تر و خاک نامطلوب تر، مقدار بیش تری را نشان داد.
- با توجه به این که ستون در مجاورت بادبند قرار ندارد، پاسخ سازه به تغییر نوع بادبند وابسته نیست.

همچنین در حالت حذف ستون دوم نکات مهم زیر قابل تاکید خواهند بود:



- در سیستم دوگانه، با توجه به این که ستون در مجاورت بادبند قرار دارد، مقاومت سازه تحت بار فروریزش در مقایسه با قاب خمشی ویژه به شدت افزایش می یابد.
- شکل پذیری در سیستم دوگانه با بادبند ضربدری در مقایسه با قاب خمشی بسیار ناچیز است.
- تغییر در نوع خاک و میزان لرزه خیزی باعث افزایش مقاومت سازه تحت بار خرابی پیشرونده شد.
- در این حالت، عامل اصلی در افزایش مقاومت سازه در برابر خرابی پیشرونده، مجاورت ستون با بادبند می باشد.
- بادبند ضربدری با افزایش سختی سازه و کاهش شکل پذیری، مقاومت سازه را افزایش می دهد.
- با افزایش سهم قاب خمشی از بار جانبی، مقاومت سازه تحت بار فروریزش افزایش یافت اما مقاومت خرابی پیشرونده تحت بار طراحی ممکن است کاهش یابد. در واقع، با افزایش سهم قاب خمشی از بار جانبی، مقاطع بادبندها کوچک شده و مهاربند در ضریب بار کوچکتری، از سطح عملکرد LS عبور می کند.
- با تغییر نوع بادبند از ضربدری به شورون، شکل پذیری به شدت افزایش یافت.
- به این ترتیب، بادبندهای شورون به علت شکل پذیری و مقاومت مناسب، رفتار مناسب تری در برابر خرابی پیشرونده دارند. همچنین برای عملکرد مناسب تر ستون هایی که در مجاورت بادبند قرار ندارند، افزایش سهم قاب خمشی از بار جانبی تا حد 50 درصد توصیه می شود.

Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Complex Script Font: B Zar

Formatted: Space After: 0 pt, Line spacing: single

مراجع

[1] General Services Administration (GSA)-Progressive Collapse Analysis & Design Guidelines, June 2003.

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt

[2] Allen D.E., Schriever W.R., 1973; Progressive collapse, abnormal loads, and building codes. Structural Failures: Modes, Causes, Responsibilities, Proceedings, ASCE, New York, NY, pp. 21 – 48.

[3] Unified Facilities Criteria (UFC)-Design of Buildings to Resist Progressive Collapse, UFC 4-023-03 14 July 2009 Including Change 1 – 27 January 2010.

[4] مبحث ششم مقررات ملی ساختمان بارهای وارد بر ساختمان، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان 1392.

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: B Zar, 12 pt

[5] Marjanishvili S, Agnew E. Comparison of various procedures for progressive collapse analysis. Journal of Performance of Constructed Facilities 2006;20(4):365–74.

[6] Kim Jinkoo, Kim Taewan. Assessment of progressive collapse-resisting capacity of steel moment frames. Journal of Constructional Steel Research 2009;65(1):169–79.

[7] Khandelwal Kapil, El-Tawil Sherif, Sadek Fahim. Progressive collapse analysis of seismically designed steel braced frames. Journal of Constructional Steel Research 2009;65(3):699–708.

[8] American Society of Civil Engineers, ASCE 7-10, Minimum design loads for buildings and other structures, New York, 2010.

[9] American Institute of Steel Construction, ANSI/AISC 360-05: Specifications for structural steel buildings, Chicago, 2005.

[10] American Institute of Steel Construction, ANSI/AISC 341-05: Seismic provisions for structural steel buildings, Chicago, 2005.

[11] American Society of Civil Engineers, ASCE/SEI 41-06, Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, United States of America, 2006.

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font:
B Zar, 12 pt

Archive of SID